

Diversité et valeur nutritionnelle des Lépidoptères comestibles de l'Ouest de la République Démocratique du Congo



Françoise MADAMO MALASI

COMMUNAUTÉ FRANÇAISE DE BELGIQUE
UNIVERSITÉ DE LIÈGE – GEMBLoux AGRO-BIO TECH

**Diversité et valeur nutritionnelle des Lépidoptères
comestibles de l'Ouest de la République
Démocratique du Congo**

Françoise MADAMO MALASI

Dissertation originale présentée en vue de l'obtention du grade de doctorat en
sciences agronomiques et ingénierie biologique

Promoteur : Professeur Frédéric FRANCIS
Co-promoteur : Docteur Rudy CAPARROS MEGIDO
Année civile : 2024

Je dédie cette thèse à mon cher papa Boniface Zoa Kisiwu et à ma petite sœur Sylvie Zoa Mibwani qui ont été privés de ce bonheur.

Abstract

The caterpillars are a preferred traditional food and one of the most consumed protein sources by the population of western Democratic Republic of the Congo (DRC). In this very poor region, the population faces daily challenges such as food availability and meat shortage. Caterpillars help to supplement this protein deficiency for nutritional balance. However, this resource is gradually disappearing, severely affecting the food consumption of the population. As a result, the population of western DRC suffers from widespread deficiencies, including iron and zinc which lead to anemia, as well as protein deficiency, resulting in kwashiorkor, marasmus, or a mixed form of these diseases (*i.e.* the severe clinical forms of wasting). Acute malnutrition, a severe form of food insecurity, has remained at high levels for decades in the region. Producing caterpillars through semi-domestication could offer a sustainable resource to improve the population's nutritional intake. Nevertheless, it is essential first to assess the local species of edible caterpillars in the region, evaluating their nutritional, ecological, and biological characteristics. This thesis is situated within that framework.

The first step of this work involved conducting an inventory of edible caterpillars and scientifically identifying them. A survey was administered to 424 caterpillar collectors from two territories, Idiofa and Masi-Manimba, located in the west of the DRC. Through this process, nearly 100 taxa were identified by the populations, with 63 species confirmed scientifically. One of the notable highlights of this research is the identification and confirmation of *Imbrasia ertli* in the research area, a discreet caterpillar whose consumption had not been clearly documented in the DRC until now. Identified caterpillars mainly belong to the Saturniidae family, followed by Notodontidae and Sphingidae, with the genus *Imbrasia* being the most represented in the region. Overall, 46% of the caterpillars are found in forests, 19% in savannas, and 35% in multiple habitats. Sixty-four percent of them have good taste properties, with 17 species being the most well-known and consumed. Their harvest is abundant during the rainy season in the region. However, collectors noted a significant decrease in caterpillar availability, with only 22% considered relatively abundant, among which *Cirina forda*, *Imbrasia truncata* et *Pseudantheraea discrepans*.

The second part of the research focused on the ethnobotanical study of the host plants of the most consumed edible caterpillars in western DRC. The objective was to list the host plants of popular caterpillars and assess the pressures exerted on them. The objective was to list the host plants of the most consumed caterpillars and to

assess the pressures exerted on them. A survey questionnaire was administered to 180 informants from two territories in western DRC: Idiofa and Masi-Manimba. The Saturniidae generally share the same food and several species of plants serve as food for more than one species of caterpillar and are, moreover, species with multiple uses. Seventeen species of popular caterpillars consume the leaves of 51 plant species, primarily from the Fabaceae family. This research identified seven main categories of uses for these host plants have been recognized for which charcoal, construction materials, in addition to slash-and-burn agriculture, are estimated as those that destroy the host plants through their felling. The species, notably *Erythrophleum africanum*, *Petersianthus macrocarpus*, *Ricinodendron heudelotii*, *Milicia excelsa* et *Milletia laurentii*, have a very high cultural importance and are intensively exploited in the west of the DRC. This represents a danger for specialist caterpillars, particularly *C. forda*, a species of essential food and economic interest in the country and for the most consumed Saturniidae in the region.

The third part evaluated the nutritional composition of 12 of the most well-known and consumed species. It shows significant protein content (ranging from 38 - 58g/100g of dry matter), with the caterpillars of *I. ertli*, *I. epimethea*, *Gonimbrasia petiveri*, *I. truncata*, and *Cirina forda* being quantitatively the most protein-rich of all. Moreover, based on their essential amino acid (EAA) profile from the literature, the caterpillars, primarily of *I. epimethea*, followed by *I. truncata*, *B. alcinoe*, and *C. forda*, are estimated to be high-quality protein sources. No data on the EAA profile of *I. ertli* and *G. petiveri* was found. In parallel, all caterpillars from the West of the DRC are potentially good sources of lipids (6-40% DM) due to their high content of essential fatty acids (alpha-linolenic and linoleic acids). The most notable among them are *Cymothoe caenis*, *I. truncata*, *Pseundantheraea discrepans*, *Elaphrodes lactea*, *Haplozana nigrolineata*, *I. ertli*, and *I. obscura*. They are all good sources of minerals (except for calcium), particularly iron and zinc. Caterpillars can therefore be considered as "potential alternative sources" of nutrients that could help eradicate child and maternal malnutrition in the said region.

Finally, the bioecological aspects of *I. epimethea* caterpillars, chosen as a model for popular species, were studied. The objective was to initiate a farming program for these caterpillars to ensure a sufficient supply for the populations. To determine the species' host plants, a survey was conducted among 424 caterpillar collectors from the same research area. In order to study the influence of changes in the caterpillars' diet on their growth and to determine their developmental cycle, a breeding experiment was conducted. This study showed that *I. epimethea* caterpillars do not

adapt well to being transferred from *P. macrocarpus* to *Funtumia africana*. It further confirms their polyphagous behaviour while indicating that, overall, *P. macrocarpus* has proven to be their most suitable host. *I. epimethea* is a social species whose development cycle, from hatching to emergence, lasts about 115.33 ± 3.06 days, with the larval stage lasting approximately one month but featuring a long period of nymphal diapause. Additionally, other observations have supplemented the biological knowledge of the caterpillars. These observations fully pertained to *I. ertli* and partially to *B. alcinoe* and *G. petiveri*. Furthermore, bioecological information gathered from surveys provided data on *C. forda*. It appears that, with the exception of *C. forda*, the other three species are multivoltine, with at least two generations per year, making them potential candidates for semi-domestication, with *G. petiveri* being the most favorable due to its relatively shorter life cycle compared to the others.

The results of this thesis provide an important foundation of information to enhance the production of edible caterpillars through semi-domestication, aiming to sustain them and make them available for the populations of western DRC.

Résumé

Les chenilles sont un aliment traditionnel préféré et elles constituent des aliments protéiques les plus consommés par la population de l'ouest de la République Démocratique du Congo (RDC). En effet, la disponibilité alimentaire est une préoccupation quotidienne et la crise de la viande, un plus grand défi pour la population de cette région très pauvre. Les chenilles suppléent à cette carence protéique pour un équilibre nutritionnel. Cependant, cette ressource disparaît progressivement, affectant gravement la consommation alimentaire de la population. Dans ce contexte, la population de l'Ouest de la RDC fait face à plusieurs formes courantes de carences dont les carences en fer et en zinc, conduisant à l'anémie ; puis les carences en protéines, aboutissant au kwashiorkor, marasme ou à la forme mixte de ces maladies (*e.i.* les formes cliniques sévères d'émaciation). La prévalence de la malnutrition aiguë, une forme grave de l'insécurité alimentaire, demeure donc élevée et stable depuis des décennies dans la région. Produire les chenilles par la semi-domestication pourrait pérenniser cette ressource afin d'améliorer la situation nutritionnelle de la population. Néanmoins, il est préalablement nécessaire de procéder par un état de lieu des chenilles comestibles dans la région, leur caractérisation nutritionnelle, écologique et biologique. C'est donc dans ce cadre que s'inscrit cette thèse.

La première étape de ce travail a consisté à réaliser un inventaire des chenilles comestibles et à les identifier scientifiquement. Un questionnaire d'enquête a été soumis à 424 collecteurs des chenilles de deux territoires, Idiofa et Masi-Manimba, situés à l'Ouest de la RDC. Une liste de près de 100 taxons a été énumérée par les populations dont 63 espèces ont été confirmées scientifiquement. L'une des particularités remarquables de cette recherche est l'identification et la confirmation des chenilles d'*I. ertli* dans la zone de recherche, une chenille discrète et dont la consommation n'était pas jusque-là clairement reconnue en RDC. Les chenilles sont dominées par les espèces de Saturniidae, suivies de Notodontidae et Sphingidae. Le genre *Imbrasia* est le plus représenté dans la région. Globalement, 46% des chenilles sont détectées dans les forêts, 19% dans les savanes et 35% se retrouvent dans des multiples habitats. Plus de 64% d'entre elles ont une bonne propriété gustative, parmi lesquelles, les 17 espèces populaires, les plus connues et les plus consommées. Leur récolte est abondante pendant la saison des pluies dans la région. De toutes les chenilles, 22% seulement sont relativement disponibles, parmi lesquelles *Cirina forda*, *Imbrasia truncata* et *Pseudantheraea discrepans*.

Le deuxième volet de la recherche a porté sur l'étude ethnobotanique des plantes hôtes des chenilles les plus consommées de l'Ouest de la RDC. L'objectif était de lister les plantes-hôtes des chenilles les plus consommées et d'évaluer les pressions exercées sur elles. Un questionnaire d'enquête a été soumis à 180 informateurs de deux territoires de la région : Idiofa et Masi-Manimba. Dix-sept espèces de chenilles consomment les feuilles de 51 espèces de plantes, principalement les Fabaceae. Les Saturniidae se partagent généralement la même nourriture et plusieurs espèces de plantes servent de nourriture à plus d'une espèce de chenille et sont, de plus, des essences à usages multiples. Sept principales catégories d'usages des plantes hôtes des chenilles comestibles de la région ont été reconnues pour lesquelles le charbon, les matériaux de construction, en plus de l'agriculture itinérante sur brulis, sont estimés comme ceux qui détruisent les plantes hôtes à travers leur abattage. Les espèces, notamment *Erythrophleum africanum*, *Petersianthus macrocarpus*, *Ricinodendron heudelotii*, *Milicia excelsa* et *Millettia laurentii*, ont une importance culturelle très élevée et sont intensivement exploitées à l'Ouest de la RDC. Ce qui représente un danger pour les chenilles spécialistes, particulièrement *C. forda*, une espèce d'un intérêt alimentaire et économique incontournable dans le pays et pour les Saturniidae les plus consommées de la région.

La troisième partie a évalué la composition nutritionnelle de 12 espèces parmi les plus connues et consommées. Elle renseigne des teneurs significatives en protéines (36-58 g/100g en matière sèche) et les chenilles d'*Imbrasia ertli*, *I. epimethea*, *Gonimbrasia petiveri*, *I. truncata* et *Cirina forda*, respectivement, sont quantitativement les plus protéiques de toutes. De plus, grâce à leur profil en acides aminés indispensables (AAI) issus de la littérature, les chenilles principalement d'*I. epimethea*, suivies d'*I. truncata* et *C. forda* sont estimées sources de protéines de bonne qualité. Aucune donnée disponible sur le profil d'AAI d'*I. ertli* et *G. petiveri* n'a été trouvée. En parallèle, toutes les chenilles étudiées de l'Ouest de la RDC sont potentiellement des sources de lipides (6-40% MS) de bonne qualité par leurs teneurs élevées en acides gras essentiels (acides alpha-linolénique et linoléique). Les plus remarquables étant *Cymothoe caenis*, *I. truncata*, *Pseudanthraea discrepans*, *Elaphrodes lactea*, *Haplozana nigrolineata*, *I. ertli*, *I. obscura*, respectivement. Elles sont toutes, bonnes sources de minéraux (à l'exception du calcium), exceptionnellement le fer et le zinc. Les chenilles peuvent donc être considérées comme des « sources alternatives potentielles » des nutriments pouvant contribuer à éradiquer la malnutrition infantile et maternelle dans ladite région.

Enfin, les aspects bioécologiques des chenilles d'*I. epimethea*, comme modèle des espèces populaires, ont été étudiés. L'objectif était d'étudier la biologie et l'écologie de l'espèce afin d'initier un élevage de ces chenilles pour un approvisionnement suffisant des populations. Pour déterminer les plantes-hôtes de l'espèce, une enquête a été menée auprès de 424 collecteurs des chenilles de la même zone de recherche. En vue d'étudier l'influence du changement du régime alimentaire des chenilles sur leur croissance et déterminer leur cycle de développement, une expérience d'élevage a été effectuée. Cette étude a montré que les chenilles d'*I. epimethea* n'acceptent pas leurs transferts de *P. macrocarpus* vers *Funtumia africana*. Elle confirme par ailleurs la polyphagie de ces chenilles tout en indiquant que, globalement, *P. macrocarpus* s'est révélé son hôte le plus approprié. *I. epimethea* est une espèce sociale dont le cycle de développement, de l'éclosion à l'émergence, dure environ $115,33 \pm 3,06$ jours, le stade larvaire étant d'environ un mois mais avec une longue période de diapause nymphale. Par ailleurs, d'autres observations ont complété les connaissances biologiques des chenilles. Elles ont concerné complètement *I. ertli* et partiellement *B. alcinoe* et *G. petiveri*. De plus, des informations bioécologiques, issues des enquêtes, ont fourni les données sur *C. forda*. Il ressort qu'à l'exception de *C. forda*, les trois autres espèces sont multivoltines, avec au moins deux générations par an et sont des candidates potentielles à la semi-domestication, *G. petiveri* étant la plus favorable pour son cycle relativement plus court que les autres.

Les résultats de cette thèse constituent une base importante d'informations pour augmenter la production des chenilles comestibles à travers la semi-domestication afin de les pérenniser et les rendre disponibles pour les populations de l'Ouest de la RDC.

Remerciements

« Je chanterai à l'Éternel, car il a fait éclater sa gloire ; il a précipité dans la mer le cheval et son cavalier » Exode 15, 1

Cette thèse est un travail de longue haleine qui est marqué par de nombreuses et dures épreuves inoubliables mais surtout par des marques de soutien et de sympathie formidables sans lesquels l'abandon eût été inévitable. Je tiens à remercier ici toutes les personnes qui m'ont aidé tout au long de ce coriace parcours.

En premier lieu, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance au **Professeur Frédéric Francis**, mon promoteur, pour avoir cru en moi, au-delà de tout, en m'offrant, sans aucune hésitation, l'opportunité de travailler dans son équipe. Je le remercie chaleureusement pour son encadrement, son œil critique, ses précieux conseils, pour son exceptionnel élan de cœur, sa confiance, sa sensibilité, son niveau élevé de compréhension, son soutien constant et sa considération au long de cette expérience. Merci d'avoir prêté l'oreille attentive alors que je traversais des moments très douloureux, spécifiquement avec la longue hospitalisation de mon papa, suivie de son décès. Il a été plus qu'un promoteur ! De plus, son dévouement à ses multiples services, toujours infatigable et paisible, a fortement marqué mon passage chez lui.

Je remercie profondément le **Docteur Rudy Caparros Megido**, mon Co-promoteur pour son sens d'excellence. Son expertise, son encadrement, sa rigueur scientifique et ses précieux conseils ; ses recommandations et avis judicieux ; ses nombreuses corrections et suggestions, permettant ainsi la réalisation de cette thèse. Avec beaucoup de patience, il m'a transmis la passion pour l'entomologie et a guidé mes pas à travers les manuscrits rédigés et publiés. Merci pour toute la confiance placée en mon humble personne. Il a été plus qu'un guide. Reçois l'expression de ma profonde gratitude.

J'adresse des remerciements aux Professeurs Christophe Blecker, Michel Frédéric, Georges Lognay, François Malaisse, Bienvenu Kambashi et Pierre-Olivier Maquart d'avoir accepté de faire partie du comité d'accompagnement et/ou du jury de cette thèse. Merci pour leurs remarques constructives et pour toutes les orientations, pour m'avoir transmis une partie de leurs connaissances et de leur savoir-faire. Merci aux professeurs **Georges Lognay** et **Bienvenu Kambashi** pour leurs contributions précieuses pour la qualité de ce document.

Merci aux Professeurs Christophe Blecker, Philippe Maesen, Aurore Richel d'avoir permis aimablement la réalisation des analyses chimiques des chenilles dans leurs laboratoires respectifs. Que tous leurs collaborateurs, spécifiquement Marjorie, toujours disponible et pleine de courtoisie, trouvent ici ma très grande reconnaissance. Le soutien de la Professeure Purcaro Giorgia dans l'identification précises des acides gras a été remarquable ; qu'elle soit vivement remerciée. De même que le Professeur Yves Beckers pour ses orientations. Je remercie le Professeur Jacques Mignon, « mon cher frère », et Jeannine Bortels, pour leur amitié. Merci également au Professeur Paul Malumba, la fierté congolaise à Gembloux, pour sa fraternité.

Merci à chaque membre de l'unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive avec qui nous avons formé une vraie famille scientifique. Merci pour l'amitié, la fraternité partagée, le respect mutuel. Un tout grand merci pour m'avoir solidement soutenu lors du décès de mon papa, des gestes posés qui resteront à jamais gravés dans mon cœur. Je pense spécialement à Cathérine Willaume qui m'a reçue et surtout Sandra Torsin (ma jumelle) pour tous les partages, tous les services bénéficiés mais aussi Didier pour la joie partagée. Également, Lallie Glacet, toujours très attentionnée, Maude pour ta sensibilité particulière, Emilie, Ottavia, Mathilde, Grégoire, Arnaud, Hugo, Clément, Frédéric Dresen. J'exprime ma gratitude à Joachim Carpentier et Nicolas Deville pour leur aide précieuse dans les analyses des lipides et acides gras. Je tiens à exprimer ma gratitude aux collègues du bureau : Ibtissem BenFekih pour sa confiance et familiarité, Kenza pour son sourire et son respect, Christiane pour sa présence.

J'exprime toute ma gratitude à ma famille religieuse, les sœurs de la charité de Namur, spécifiquement celles qui nous ont apporté leur soutien. A la Mère générale Liliane Toussaint qui, en son temps, sans aucune hésitation et avec beaucoup de confiance m'a offert cette opportunité. Son soutien, son enthousiasme à l'égard de mes travaux, son attention digne d'une mère toujours aimable, étaient une force dans ce combat. Qu'elle soit fière de cet ouvrage. Très grand merci à la Mère Jacques Marie, pour son intérêt, sa volonté et son souci de mener au bout cette mission, au-delà de toutes les difficultés financières de la congrégation. Une thèse sans bourse est un défi remarquable et ne favorise pas l'environnement du travail. Je dis merci aux conseils généraux sortant et entrant, à la Mère générale Maria Domenica et à chacune. Un très grand merci au conseil régional et à la sœur Rosette Mbukila, régionale, pour le soutien. Merci particulier à la sœur Damienne Agathe Nkweso, ma sœur de toujours, avec qui nous menons ensemble ce combat depuis quelques années. Merci pour ton soutien et ta présence. C'est aussi grâce au soutien discret et très remarquable de yh'Angélica que les choses ont marché. Merci d'être une grande sœur pour moi.

Merci à ma communauté et la sœur Julienne Kise, ma supérieure ; merci pour le soutien.

Je suis très reconnaissante au Professeur émérite François Malaisse « mon Ndoy » que j'ai rencontré providentiellement au travers du Dr Jérôme Degreef du jardin botanique de Meise à qui j'exprime toute ma profonde reconnaissance. La simple lecture de mon mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA), faisant allusion aux chenilles, a « boosté » sa passion pour les chenilles de la République Démocratique du Congo. Il s'est bâti avec toute énergie pour mon admission à l'ULiège et en Gembloux Agro-Bio Tech et s'est engagé à m'accompagner dans les démarches administratives et à me présenter au Professeur Frédéric, mon promoteur. Il a continué à m'encadrer en toute discrétion et dans le respect de mes promoteurs et encadreurs. Il a été plus qu'un ami. Sois remercié pour ce beau cadeau que tu m'as offert et sois en fier. Que le Professeur Jan Bogaert soit remercié aussi pour son rôle de facilitateur dans mon histoire d'admission au sein de l'Université.

J'exprime toute ma gratitude au Professeur Donatien Tampwo pour son engagement et ses nombreux sacrifices afin de m'obtenir cette opportunité. Sois vivement remercié Monsieur l'abbé pour ta confiance et pour tous les risques dans l'initiative des démarches d'inscription. C'est grâce à lui que tous les autres contacts ont été possible. Comme un frère, il a fait ce qui était à son pouvoir, au prix parfois de certaines critiques. Avec lui, je remercie Monsieur l'abbé Chrysostome Tampwo, « Collègue » qui, le premier tenait à mon élévation scientifique. Merci Collègue pour ton respect, ta considération et ton soutien. Soyez tous fiers de cette thèse. Je tiens à remercier Monsieur l'abbé Marc Mwatha pour son soutien indéfectible, le Père Magloire Sifa pour sa fraternité et tous les consacrés qui ont pu m'encourager.

J'exprime ma reconnaissance à Monsieur Paul Latham, « mon frère », grand amoureux des chenilles de la RDC, pour son intérêt porté à cette thèse et pour tout son soutien financier qui a permis la collecte des données. Sa contribution dans l'identification des chenilles, de commun accord avec son collaborateur, le Professeur François Malaisse, a été énorme. Je tiens à remercier la Mission scientifique de l'Université de Liège pour ses frais de mobilité qui ont permis un dernier séjour de travaux de terrain en RDC et la collecte complémentaire des données.

Je remercie les différents directeurs généraux de l'Institut Supérieur Pédagogique de Bandundu, les Professeurs Zara-Zara, Mutombo et Pangu pour avoir accepté mon

absence de l'institution pendant ces années et pour leur encouragement. Un tout grand merci au Chef des travaux Alphonsine Bipele, pour toutes ses marques de sympathie.

Je remercie sincèrement toute la communauté de la Maison Nord Sud pour la joie partagée. En premier lieu, merci à Thierry, Alix et Mme Michèle Francotte pour toute leur considération. Merci à tous les collègues et compagnons de lutte : Eliane pour son hospitalité fréquente, Tonton JC Kaka et noko Alain Ndonga pour la fraternité partagée et tout leur soutien, Virginie Korangi, Bienvenu et Noah pour la famille que nous avons formé et pour tout le soutien, Gloria Numbi, Marcelin Cokola, Marcelin Aganze, Rodrigue, Patient, Ulrick, Papy Nsevolo, Junior Corneille Fingu, Armel Gougbedji, Abdou Zouré, Idriss Hamidou, Nadège Cirezi et mon cher petit prince Jan, Modestine Kompani, Lisette, Grâce, et toute la communauté congolaise. Merci à tous ceux que nous avons rencontré durant notre séjour, spécialement à ceux qui m'ont entouré et contribué à la grande épreuve du décès de mon papa. Un tout grand merci à Joseph Kambire, Ange Yao, Ange Rosaire, Bintou, Aminata, Fanta pour toutes les marques de respect et de considération.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude aux nombreuses personnes qui ont participé à la collecte des données de cette thèse. Corneille Mputu et Nathan Mubieme pour leur très grande disponibilité et tous les sacrifices depuis toujours ; le couple Docteur Chanel pour le suivi de l'expérience in situ, Rodel, fournisseur des chenilles, Dr Faustin Mwari (Nkembo Nkembo), le couple Degol Mifundu et sa famille, C.T. Dieudonné Mangunza, Budelo, Borsi Fikisi, le couple Tasi Fikisi et leur famille pour m'avoir, en plus, logé chez eux pendant de nombreuses semaines, la famille Blaise Mandenzi pour tous les services bénéficiés.

J'adresse mes remerciements à toute ma famille et particulièrement à mon papa, d'heureuse mémoire, qui a manqué de justesse ce bonheur. Merci pour l'éducation raffinée. Je remercie ma sœur Sylvie, d'heureuse mémoire, pour son affection. Elle serait la plus honorée. Un tout grand merci à ma chère maman (« mon assistante ») qui, malgré son poids d'âge, a grandement contribué à la collecte des données de cette thèse. Merci à ma sœur cadette Georgine pour sa contribution aussi dans la collecte des données. Merci aussi à mes frères et sœurs Jean Jacques, Colette, Laurent et Marguerite ; tous mes neveux et nièces, particulièrement Yolande, Norah et Sylvio, pour leurs encouragements et leur compréhension.

Un tout grand merci à ma famille spirituelle, le groupe Cana (Renouveau charismatique de Gembloux) pour les moments forts de prière d'ensemble et pour tous

les soutiens bénéficiés. Très grand merci à toi ma très chère sœur Monique pour ton dévouement, ta sensibilité particulière et pour m'avoir adopté dans ta famille. Merci à la maman Elise dont la piété m'émerveille et m'interpelle toujours. J'exprime toute ma reconnaissance à la famille de maman Mimi, Willy et les autres pour m'avoir offert une famille. Merci à Tantine Généviève et papa pour leur gentillesse ; les couples de tantine Anne Nzoloko et celui de tantine Emilie. Merci à Guélord Bulangongo pour sa présence.

Table des matières

| | |
|--|----|
| Abstract..... | 5 |
| Résumé | 8 |
| Remerciements | 11 |
| Table des matières | 16 |
| Liste des figures..... | 20 |
| Liste des tableaux | 22 |
| Liste des abréviations | 23 |
| Première partie:..... | 24 |
| Analyse bibliographique..... | 24 |
| Chapitre 1 | 25 |
| Revue de la littérature sur les Lépidoptères..... | 25 |
| 1.1.Présentation des Lépidoptères | 27 |
| 1.2.Rôles des Lépidoptères dans les écosystèmes | 28 |
| 1.2.1. <i>Rôle en tant que bioindicateurs d'un écosystème</i> | 28 |
| 1.2.2. <i>Fonction écologique des Lépidoptères</i> | 30 |
| 1.3.Lépidoptères dans l'alimentation humaines | 35 |
| 1.4.Contribution de la consommation des chenilles à la sécurité alimentaire | 36 |
| 1.4.1. <i>Situation alimentaire et nutritionnelle en RDC</i> | 36 |
| 1.4.2. <i>Consommation des chenilles en RDC</i> | 37 |
| 1.5.Approvisionnement en chenilles | 39 |
| 1.6.Autres insectes consommés en RDC..... | 41 |
| 1.7.Situation socio-économique de la République Démocratique du Congo | 42 |
| Chapitre 2 | 44 |
| Objectifs, questions et stratégies de recherche | 44 |
| 2.1. Objectifs et questions de recherche | 46 |
| 2.2. Stratégie de recherche..... | 47 |
| Deuxième partie : Expérimentation | 49 |
| Chapitre 3 | 50 |
| Diversité de chenilles comestibles de l'Ouest de la RDC | 50 |
| 3.1. Introduction du chapitre..... | 52 |
| 3.2.Caterpillars consumed in Masi-Manimba territory (Kwilu), Democratic Republic of the Congo..... | 53 |
| <i>Abstract</i> | 53 |

| | |
|--|-----|
| 3.2.1. <i>Introduction</i> | 54 |
| 3.2.2. <i>Materials and methods</i> | 57 |
| 3.2.3. <i>Results and discussion</i> | 58 |
| 3.2.4. <i>Conclusions</i> | 68 |
| 3.3. Les chenilles comestibles d'Idiofa | 69 |
| 3.3.1. Matériels et méthodes | 69 |
| 3.3.2. Résultats et discussions | 70 |
| 3.3.3. Conclusion | 72 |
| Chapitre 4 | 84 |
| Étude ethnobotanique des plantes hôtes des chenilles comestibles les plus consommées | 84 |
| 4.1. Introduction | 86 |
| 4.2. Matériels et méthodes | 87 |
| 4.2.1. <i>Zone couverte par l'étude</i> | 87 |
| 4.2.2. <i>Définition des enquêtes ethnobotaniques</i> | 88 |
| 4.2.3. <i>Récolte et identification des plantes hôtes alimentaires</i> | 89 |
| 4.2.4. <i>Analyse statistique</i> | 89 |
| 4.3. Résultats | 90 |
| 4.3.1. <i>Diversité des chenilles les plus connues et leurs plantes hôtes</i> | 90 |
| 4.3.2. <i>Catégories d'usages des plantes hôtes</i> | 94 |
| 4.3.3. <i>Mode de nutrition des chenilles les plus connues</i> | 97 |
| 4.4. Discussion | 99 |
| 4.4.1. <i>Fréquence de citation des chenilles les plus connues</i> | 99 |
| 4.4.2. <i>Diversité des chenilles comestibles de l'Ouest de la RDC</i> | 99 |
| 4.4.3. <i>Catégories d'usages</i> | 101 |
| 4.4.4. <i>Mode de nutrition des chenilles comestibles</i> | 103 |
| 4.5. Conclusion | 104 |
| Chapitre 5 | 110 |
| Composition et apports nutritionnels potentiels des chenilles comestibles | 110 |
| 5.1. Introduction | 112 |
| 5.2. Matériels et méthodes | 113 |

| | | |
|--|---|-----|
| 5.2.1. | <i>Collecte et préparation des échantillons</i> | 113 |
| 5.2.2. | <i>Dosage des macronutriments</i> | 113 |
| 5.2.3. | <i>Analyse des minéraux</i> | 114 |
| 5.2.4. | <i>Evaluation de la qualité protéique des chenilles</i> | 114 |
| 5.2.5. | <i>Analyse statistique</i> | 116 |
| 5.3. | Résultats | 117 |
| 5.3.1. | <i>Espèces de chenilles collectées</i> | 117 |
| 5.3.2. | <i>Composition proximale</i> | 118 |
| 5.3.3. | <i>Les acides aminés</i> | 120 |
| 5.3.4. | <i>Qualité protéique des chenilles</i> | 122 |
| 5.3.5. | <i>Les acides gras</i> | 124 |
| 5.3.6. | <i>Composition minérale</i> | 124 |
| 5.4. | Discussion | 126 |
| 5.4.1. | <i>Espèces de chenilles collectées</i> | 127 |
| 5.4.2. | <i>Protéines</i> | 127 |
| 5.4.3. | <i>La qualité protéique des chenilles</i> | 129 |
| 5.4.4. | <i>Lipides</i> | 130 |
| 5.4.5. | <i>Les acides gras des chenilles</i> | 131 |
| 5.4.6. | <i>Les glucides totaux et les valeurs énergétique</i> | 133 |
| 5.4.7. | <i>Composition en minéraux des chenilles</i> | 134 |
| 5.5. | Conclusions | 136 |
| Chapitre 6 | | 139 |
| Etude d' <i>Imbrasia epimethea</i> , chenille modèle pour la production de masse | | 139 |
| 6.1. Bioecology of <i>Imbrasia epimethea</i> (Drury, 1773) caterpillars | | 142 |
| 6.1.1. | <i>Introduction</i> | 143 |
| 6.1.2. | <i>Materials and methods</i> | 144 |
| 6.1.3. | <i>Results</i> | 148 |
| 6.1.4. | <i>Discussion</i> | 157 |
| 6.1.5. | <i>Conclusions</i> | 163 |
| 6.2. Autres informations biologiques | | 163 |

| | | |
|--|-------------------------------------|-----|
| 6.2.1. | <i>Cirina forda</i> | 164 |
| 6.2.2. | <i>Imbrasia ertli</i> | 167 |
| 6.2.3. | <i>Bunaea alcinoe</i> | 170 |
| 6.2.4. | <i>Gonimbrasia petiveri</i> | 171 |
| Troisième partie :..... | | 175 |
| Discussion, perspectives et conclusions générales..... | | 175 |
| 7.1. | Discussion générale..... | 176 |
| 7.1.1. | <i>Connaître</i> | 177 |
| 7.1.2. | <i>Conserver et valoriser</i> | 180 |
| 7.2. | Perspectives..... | 182 |
| 7.3. | Conclusions générales..... | 187 |
| Références..... | | 188 |
| ANNEXES..... | | 229 |

Liste des figures

| | |
|--|-----|
| Figure 1. Morphologie générale d'un papillon et d'une chenille..... | 27 |
| Figure 2. Caractéristiques des Lépidoptères comme bioindicateurs..... | 29 |
| Figure 3. Autres insectes les plus consommés en RDC..... | 41 |
| Figure 4. Schéma synoptique de la stratégie de recherche..... | 48 |
| Figure 5. Administrative map of Kwilu province..... | 56 |
| Figure 6. Availability of popular caterpillars consumed..... | 63 |
| Figure 7. Preference of the most popular caterpillars..... | 65 |
| Figure 8. Principal component analysis of species by habitat..... | 66 |
| Figure 9. S1. Images of some edible caterpillars(a)..... | 79 |
| Figure 10. S2. Images of some edible caterpillar(b)..... | 80 |
| Figure 11. S3. Images of some edible caterpillars(c)..... | 81 |
| Figure 12. S4. Images of some edible caterpillars(d)..... | 82 |
| Figure 13. S5. Images of some edible caterpillars(e)..... | 83 |
| Figure 14. S6. Images of some edible caterpillars(f)..... | 83 |
| Figure 15. Carte administrative de la province du Kwilu..... | 88 |
| Figure 16. Correspondance des principales chenilles comestibles et leurs plantes hôtes associées selon leur citation..... | 92 |
| Figure 17. Habitats des chenilles..... | 93 |
| Figure 18. Types morphologiques des plantes hôtes des chenilles..... | 94 |
| Figure 19. Proportions des catégories d'usages des plantes hôtes des chenilles..... | 94 |
| Figure 20. Distribution des espèces d'hôtes par catégorie d'utilisation..... | 96 |
| Figure 21. Correspondance des modes d'usage des principales plantes hôtes des chenilles..... | 98 |
| Figure 22. Composition en macroéléments essentiels des chenilles de Saturniidae..... | 125 |
| Figure 23. Composition en microéléments essentiels des chenilles de Saturniidae..... | 126 |
| Figure 24. Administrative map of Kwilu province..... | 146 |
| Figure 25. Experimental set-up for semi-rearing <i>I. epimethea</i> caterpillars..... | 147 |
| Figure 26. Mean percentages of surviving <i>I. epimethea</i> larvae..... | 149 |
| Figure 27. Simple linear regression of <i>I. epimethea</i> growth..... | 150 |
| Figure 28. Growth parameters of <i>I. epimethea</i> | 151 |
| Figure 29. Evolution of <i>I. epimethea</i> length growth..... | 152 |
| Figure 30. Moulting..... | 153 |
| Figure 31. Color change of chrysalids..... | 154 |
| Figure 32. Comparison of average pupal size..... | 155 |
| Figure 33. Proportions of <i>I. epimethea</i> host plant citations..... | 156 |
| Figure 34. Les œufs et les larves d'environ de <i>C. forda</i> | 164 |
| Figure 35. Illustration de différents stades larvaires, de chrysalides et de papillon d' <i>I. erti</i> | 168 |
| Figure 36. Illustration de la nymphose et émergence de <i>B. alcinoe</i> | 170 |

Figure 37. *Quelques éléments du cycle biologique de G. petiveri*.....171
Figure 38. *Investigations complémentaires de la thèse*182
Figure 39. *Pentachletra macrophylla en croissance depuis six ans*.....183
Figure 40. *Essai d'une pépinière des plantes hôtes des chenilles*184

Liste des tableaux

| | |
|---|-----|
| Tableau 1. <i>Number of caterpillars identified by age, sex and ethnic group</i> | 61 |
| Tableau 2. <i>Period of appearance of caterpillars consumed in the Masi-Manimba territory</i> | 67 |
| Tableau 3. <i>S1. Caterpillars consumed in the Masi-Manimba territory</i> | 73 |
| Tableau 4. <i>S2. Chenilles consommées dans le territoire d'Idiofa</i> | 75 |
| Tableau 5. <i>Diversité et fréquence de citation des chenilles « préférées »</i> | 91 |
| Tableau 6. <i>S3. Les chenilles les plus consommées de l'Ouest de la RDC associées à leurs plantes hôtes</i> | 105 |
| Tableau 7. <i>S4. Usages multiples des plantes hôtes des chenilles</i> | 108 |
| Tableau 8. <i>Coefficients iléaux standardisés (%) moyens des AAI de quelques insectes</i> | 115 |
| Tableau 9. <i>Liste de chenilles collectées pour les analyses nutritionnelles.</i> | 117 |
| Tableau 10. <i>Composition proximale de quelques chenilles comestibles</i> | 119 |
| Tableau 11. <i>La composition en acides aminés</i> | 121 |
| Tableau 12. <i>Score d'acides aminés indispensables digestibles de quelques chenilles comestibles</i> | 122 |
| Tableau 13. <i>Valeurs SAAID estimées pour quelques chenilles comestibles</i> | 123 |
| Tableau 14. <i>S4. Profils d'acides gras pour quelques chenilles</i> | 137 |
| Tableau 15. <i>S5. Composition en minéraux des chenilles</i> | 138 |
| Tableau 16. <i>Host plants of Imbrasia epimethea.</i> | 172 |

Liste des abréviations

| | |
|-----------|--|
| AA | : Acide aminé |
| AAI | : Acide aminé indispensable |
| AAID | : Acide aminé indispensable digestible |
| ACP | : Analyse en composante principale |
| ADN | : Acide désoxy ribonucléique |
| AGMIs | : Monoinsaturés |
| AGPIs | : Acides gras polyinsaturés |
| AGs | : acides gras saturés |
| ANOVA | : Analyse de variance |
| APG IV | : Angiosperme phylogeny group |
| APG IV | : Angiosperm Phylogeny Group |
| AW | : Savane avec hiver sec |
| CIS | : Coefficients iléaux standardisés |
| DHA | : Docohexaénoïque |
| EPA | : Eicosapentaénoïque |
| GPS | : Global Positioning System |
| HPLC | : Chromatographie liquide haute performance |
| IAA | : Insécurité alimentaire aigue |
| MNA | : Mal nutrition aigue |
| MS | : Matière sèche |
| NY | : New York |
| ODD | : Objectifs de développement durable |
| PIB | : Produit intérieur brut |
| RDC (DRC) | : République Démocratique du Congo |
| SAAI | : Score d'acide aminé indispensable |
| SAAID | : Score d'acides aminés indispensables digestibles |
| SET | : Savoir écologique traditionnel |
| UE | : Union européenne |
| USA | : United State of America |

Première partie

Analyse bibliographique

Chapitre 1

Revue de la littérature sur les Lépidoptères

1.1. Présentation des Lépidoptères

« Lépidoptères » qui, littéralement signifie « ailes écailleuses », sont un ordre d'insectes holométaboles, ayant une métamorphose complète, et appartenant à l'embranchement des Arthropodes. Ils sont présents sur tous les continents sauf l'Antarctique, occupant une variété d'habitats et dont la diversité, estimée à environ 200.000 espèces, est particulièrement élevée (80%) dans les régions tropicales (Borges, 2022 ; Ghazanfar *et al.*, 2016). A l'état adulte (papillon), ces insectes se caractérisent par trois paires des pattes, deux paires d'ailes écailleuses colorées, un appareil buccal de type suceur et une trompe qui se replie durant le vol (Figure 1). Ils rehaussent ainsi la valeur esthétique des environnements par leurs couleurs d'ailes exquises (Borges, 2022 ; Ghazanfar *et al.*, 2016). Ils pondent des œufs qui donnent naissance à des chenilles qui sont généralement, velues à glabres, ou couvertes de verrues ou d'épines. Les chenilles ont une tête bien développée qui porte six ocelles de chaque côté, des pièces buccales broyeuses, trois paires de pattes thoraciques et cinq paires de fausses pattes abdominales (Figure 1). Elles se transforment ensuite en chrysalides d'où il en émerge enfin l'imago ou papillon (Borges, 2022).

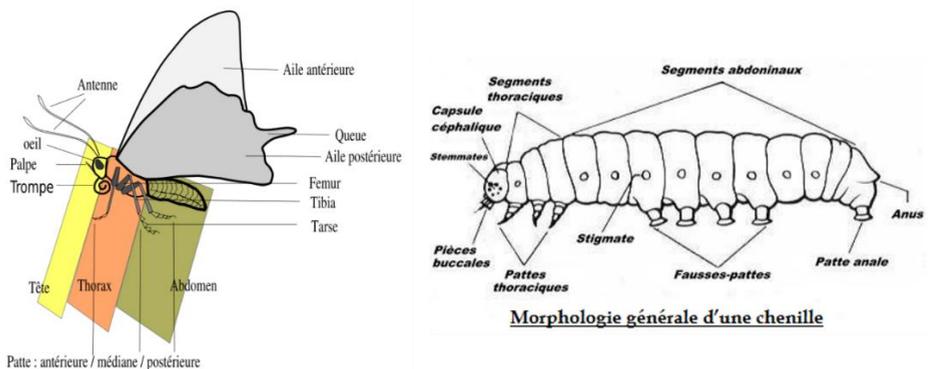


Figure 1. Morphologie générale d'un papillon et d'une chenille (Bio-enligne.com, 2018)

Les Lépidoptères regroupent les rhopalocères et les hétérocères. Les rhopalocères, ou papillons de jour, se distinguent par les couleurs vives de leurs ailes accolées dos à dos au repos et des antennes filiformes terminées en massues, d'où leur nom, issu du grec *rhopalon* (massue) et *keras* (corne). Les hétérocères (du grec *hétéros* = autre), ou papillons de nuit, sont des lépidoptères dont les ailes aux couleurs ternes sont disposées généralement sur un plan à peu près horizontal, l'antérieure recouvrant la postérieure et les antennes sont variées. Alors que tous les rhopalocères ont une

activité diurne, les hétérocères ont le plus souvent une activité nocturne, certaines espèces étant néanmoins actives de jour (Bonneil, 2005 ; Sannier, 2017). On estime que, globalement, les papillons de nuit représentent environ 90 à 95 % des espèces de lépidoptères tandis que les papillons de jour ne constituent que 5 à 10 % (Hahn *et al.*, 2016). Les données des études indiquent qu'en forêt tropicale principalement, l'abondance des lépidoptères est très importante par rapport aux autres écosystèmes (Madamo *et al.*, 2023).

1.2. Rôles des Lépidoptères dans les écosystèmes

Les Lépidoptères jouent un rôle multifonctionnel dans l'écosystème et, dans une moindre mesure, dans l'alimentation humaine mais avec des particularités dans certaines régions du monde où les larves des Lépidoptères, appelées chenilles, représentent une ressource alimentaire très appréciée (Summerville *et al.*, 2004). Leur contribution peut être examinée sous trois angles principaux : leur rôle en tant que bioindicateurs, leur fonction écologique et leur potentiel alimentaire pour l'Homme (Ghazanfar *et al.*, 2016).

1.2.1. Rôle en tant que bioindicateurs d'un écosystème

Les Lépidoptères sont des bioindicateurs les plus sensibles déterminant la qualité ou la santé de l'environnement (Kozlov *et al.*, 2022). Cette reconnaissance repose sur leurs rôles écologiques variés, leur sensibilité aux changements environnementaux, notamment à la pollution, au changement climatique et à la fragmentation des habitats et leur capacité à refléter l'état des habitats naturels (Dar et Jamal, 2021 ; Kozlov *et al.*, 2022). Ils possèdent de nombreuses caractéristiques favorisant leur rôle de bioindicateurs (Figure 2) (Enkhtur *et al.*, 2017 ; OAB, 2016).

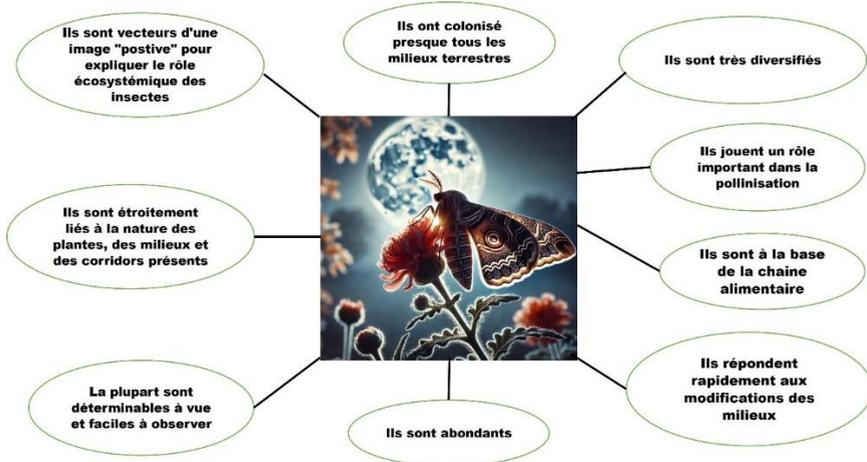


Figure 2. Caractéristiques des Lépidoptères comme bioindicateurs (OAB, 2016)

Les Lépidoptères sont donc largement utilisés comme espèces indicatrices pour surveiller les changements environnementaux et pour en évaluer l'importance à travers les changements de leur densité et diversité. En effet, des auteurs indiquent, par exemple que, si un papillon est en voie de disparition dans un habitat, les plantes, les insectes et les vertébrés qui vivent dans cet habitat sont également en danger (Tekulsky, 2015). Ce qui montre qu'une baisse des populations de Lépidoptères est souvent corrélée à une perte globale de biodiversité. Dans le contexte de l'Ouest de la RDC, il a été observé une diminution de la récolte des chenilles qui est une conséquence de l'exploitation incontrôlée des plantes hôtes détruisant ainsi les habitats des chenilles (Lunga, 2017 ; Madamo *et al.*, 2024). Les systèmes agroforestiers et les bandes enherbées favorisent la biodiversité des Lépidoptères, montrant leur valeur pour la gestion durable des agroécosystèmes (Ranganathan *et al.*, 2008).

En agroécologie, les Lépidoptères sont souvent utilisés comme bioindicateurs de la qualité des habitats agricoles, en raison de leur sensibilité aux changements dans la structure du paysage, à l'intensification agricole et à l'utilisation de pesticides (Enkhtur *et al.*, 2017). Il a été démontré que la diversité et l'abondance des Lépidoptères diminuent fortement dans les paysages dominés par des monocultures intensives (Habel *et al.*, 2019) ou en cas de forte pression de pâturage (Enkhtur *et al.*, 2017).

1.2.2. Fonction écologique des Lépidoptères

Les Lépidoptères interviennent dans plusieurs processus écosystémiques clés, essentiels pour le fonctionnement, la résilience des systèmes agroécologiques et le maintien de la biodiversité. Ils maintiennent l'écosystème en agissant comme pollinisateurs, proies (André *et al.*, 2016 ; Macgregor *et al.*, 2016) mais aussi dans la lutte biologique contre les ravageurs. Ils induisent une variation génétique chez les plantes (régulent la production végétale à travers l'alimentation des chenilles) et améliorent la beauté de l'environnement et réduisent le niveau de dioxyde de carbone dans l'air (Macgregor *et al.*, 2016).

Rôle dans la pollinisation des plantes

Il est connu qu'environ 85 % des espèces de plantes angiospermes dépendent de la pollinisation animale, les insectes effectuant une grande partie de ce service à travers la pollinisation entomophile (Potts *et al.*, 2016). Parmi ces insectes, les Lépidoptères participent à la reproduction des plantes bien que leur contribution soit souvent sous-estimée par rapport à celle des abeilles. Ils constituent un groupe de visiteurs de fleurs très répandu et riche en espèces (Hahn *et al.*, 2016).

Contrairement à d'autres pollinisateurs comme les abeilles, les Lépidoptères sont principalement actifs à des moments et dans des contextes différents. Ils pollinisent jour et nuit et atteignent, grâce à la longueur de leur proboscis (trompe enroulée) des fleurs dont la ressource en nectar est inaccessible aux autres butineurs (ANAB, 2018 ; Ghazanfar *et al.*, 2016), ce qui les rend essentiels pour certaines espèces végétales. Cette interaction entre les plantes et les Lépidoptères (relation mutualiste) est une coévolution, où les caractéristiques des fleurs sont adaptées pour attirer les papillons, et les comportements des papillons sont adaptés pour répondre aux besoins des plantes (Hahn *et al.*, 2016).

Les Lépidoptères, en tant que pollinisateurs, apportent de nombreux avantages indirects à la société en termes de contribution à la sécurité alimentaire (production de fruits et graines), aux moyens de subsistance des agriculteurs et des apiculteurs, aux valeurs sociales et culturelles, ainsi qu'au maintien de la biodiversité et de la stabilité des écosystèmes (Alison *et al.*, 2022).

Interactions entre Lépidoptères et plantes

La plante hôte n'est pas seulement un abri pour les chenilles, mais aussi elle constitue la seule source alimentaire dont dispose les larves de l'éclosion à la nymphose. Il est important de signaler qu'il peut exister des compétitions interspécifiques entre deux espèces de chenilles qui partagent une plante hôte commune (Tighiouart, 2021 ; Yen *et al.*, 2018). Tel est le cas de *Cirina forda* (Westwood, 1881) qui partagent *E. africanum* (Benth.) avec *Imbrasia ertli* (Rebel, 1904). Cependant, la consommation des feuilles entraîne la réduction de la capacité photosynthétique de la plante, induisant ainsi le retard de croissance et du développement de la plante (Lebon, 2014). En ce sens, l'herbivorie est une composante importante des écosystèmes terrestres et elle est au centre des interactions et du fonctionnement des communautés et des écosystèmes (Lebon, 2014).

Par ailleurs, pour garantir la reproduction et son succès, les chenilles ont besoin de grandes quantités de feuilles (qui soient de bonne qualité). Elles ont ainsi développé une variété de stratégies nutritionnelles en relation avec leurs régimes alimentaires. Il s'agit de la spécialisation des herbivores vis-à-vis de leur plante-hôte, allant d'une spécialisation stricte à un généralisme plus large (Lamarre et Baraloto, 2012). Les chenilles sont communément classées en monophages, oligophages et polyphages. Les chenilles monophages se nourrissent d'une seule espèce de plante ou des plantes d'un même genre. L'espèce *Cymothoe caenis* (Drury, 1773), par exemple, se nourrit des feuilles des espèces végétales du genre *Caloncoba* sur toute l'étendue de la RDC (Konda Ku Mbuta et Ambühl, 2022 ; Latham *et al.*, 2024). De même, les oligophages sont des spécialistes mais qui consomment les plantes des genres différents appartenant à une même famille botanique. Par exemple, *C. forda* a pour plantes-hôtes *E. africanum* et *Burkea africana* Crochet. (Fabaceae) dans la zone de recherche. Enfin les polyphages sont des espèces généralistes qui peuvent s'alimenter d'une très large gamme de familles de plantes, c'est le mode d'alimentation le plus primitif chez les insectes, puisque sans spécialisation (Lamarre et Baraloto, 2012). Le cas les plus extrêmes est celui de chenilles des Saturniidae (*e.g. Bunaea alcinoe* (Stoll, 1780), *Gonimbrasia petiveri* (Guérin-Méneville, 1845), *Imbrasia epimethea* (Drury, 1773)) qui se nourrissent de plantes d'au moins cinq familles et plus de deux ordres (Barone, 1998 ; Gullan et Canston, 2005 ; Schoonhoven *et al.*, 1998 ; Wang *et al.*, 2017).

Il est intéressant d'indiquer que la spécialisation offre des avantages évolutifs évidents tels que l'efficacité physiologique, la recherche optimale de nourriture et la discrimination efficace des hôtes (Janz et Nylin, 2008). En outre, les chenilles

spécialistes s'alimentent de plantes qui sont abondantes et disponibles toute l'année, justifiant ainsi leur prédominance dans les tropiques (Dyer *et al.*, 2007 ; Forister *et al.*, 2015). Le caractère généraliste de certaines espèces peut être davantage lié à la disponibilité des ressources, étant donné leur fécondité élevée, du temps de recherche limité d'un site de ponte, la courte durée de vie des adultes (Dyer *et al.*, 2007 ; Janz et Nylin, 2008).

Par ailleurs, les chenilles sont confrontées à de nombreux défis en ce qui concerne le choix de leur alimentation car les feuilles disposent d'une multitude de défenses chimiques et physiques (Rosenthal et Berenbaum, 1991) via des métabolites secondaires, susceptibles d'affecter le développement des chenilles (De Coley *et al.*, 2006). Elles présentent des adaptations comportementales et métaboliques. Il y a donc une course évolutive antagoniste. Les plantes ne sont consommées que par les herbivores qui s'adaptent à leurs substances chimiques, soit en tolérant, en les détoxifiant ou même en les séquestrant (Behner, 2009 ; Stahl *et al.*, 2018 ; Hussain *et al.*, 2019). C'est le cas, par exemple, des chenilles de *C. forda* dont la composition chimique révèle la présence, entre autres, des tanins et saponines qui sont aussi présents dans les feuilles de leur hôte *E. africanum* (Hassan *et al.*, 2007 ; Maroyi, 2019). Il est important de signaler que dans la nature, les plantes-hôtes des chenilles sont initialement choisies par les femelles adultes comme site de ponte et de performance des larves. Cette sélection est guidée principalement par les métabolites secondaires contenus dans les feuilles et les facteurs écologiques. Toutefois, l'on sait, de nombreuses expériences réalisées, qu'elles peuvent bien se développer sur d'autres plantes en dehors de celles de leur ponte, prouvant par là leur degré considérable de plasticité, spécifiquement pour les généralistes (Bernays et Chapman, 1994 ; Meija *et al.*, 2020 ; Thierry *et al.*, 2013 ; Wang *et al.*, 2017).

Il est intéressant d'évoquer le fait que diverses espèces partagent les mêmes plantes hôtes. Par exemple, les espèces *B. alcinoe*, *G. petiveri*, *I. epimethea*, toutes des généralistes extrêmes, ont pour hôtes communs *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben et *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel. Ces espèces végétales appartiennent respectivement à deux familles différentes, Lecythidaceae, Euphorbiaceae, respectivement ; et deux ordres différents, Ericales et Malpighiales. Ce qui confirme l'idée que les espèces apparentées de papillons utilisent souvent diverses plantes identiques mêmes si celles-ci sont éloignées sur le plan taxonomique (Jaenike, 1990). En effet, de nombreuses études ont démontré la relation étroite entre le régime alimentaire des insectes et leur composition chimique (Giampieri *et al.*, 2022 ; Nino *et al.*, 2021 ; Van Huis *et al.*, 2014). C'est en plus, une preuve de leur

degré considérable de plasticité dans la préférence alimentaire des chenilles favorable à la spécialisation de l'hôte (Aligweke et Idaguko, 2021 ; Janzen, 1981 ; Uzoekwe et Hamilton-Amachree, 2016 ; Yakubu *et al.*, 2018).

Les études antérieures sur les insectes herbivores ont démontré que l'azote et l'eau, étant les plus importants composants nutritionnels des feuilles, influent sur la croissance et le choix du régime alimentaire (Osier et Lindroth 2001, Holton *et al.* 2003). Ainsi, les insectes herbivores des forêts tropicales humides ont une préférence très marquée des jeunes feuilles en expansion pour leur valeur nutritionnelle très élevée et parce qu'elles sont moins résistantes que les feuilles matures (Coley and Aide 1991 ; Marquis et Braker 1994, Coley et Barone 1996). Cette herbivorie sur les jeunes feuilles est influencée par le taux d'expansion des jeunes feuilles, les nutriments et les métabolites secondaires (Coley et Kursar, 1996). Les auteurs soulignent que le taux de prédation et de parasitisme peut être élevé sous les tropiques et les chenilles ont évolué vers une variété de stratégies défensives incluant une croissance rapide, l'accumulation de produits toxiques, la construction d'abris, les épines et les poils, la coloration cryptique et des comportements défensifs ou de fuite (Gentry et Dyer 2002 ; Stireman et al. 2005).

Il est aussi intéressant de noter que, par leur contenu en métabolites secondaires, la grande majorité de plantes-hôtes présentent des vertus thérapeutiques intéressantes et sont utilisées en pharmacopée traditionnelle africaine (Okangola *et al.*, 2016 ; Latham *et al.*, 2021 ; Mongeke *et al.*, 2018 ; Ngbolua *et al.*, 2019 ; Ngunde te Ngunde *et al.*, 2021 ; Tuwisana *et al.*, 2019). Par conséquent, la présence de ces composés dans les chenilles a été aussi signalée dans certains travaux.

En ce qui concerne les habitats des chenilles, la grande majorité d'espèces hôtes sont forestières contre une minorité d'espèces savanicoles (Bocquet *et al.*, 2020 ; Looli *et al.*, 2021 ; Mabossy-Mobouna *et al.*, 2022 ; Madamo *et al.*, 2023 ; Yabuda *et al.*, 2019). Cependant, les pertes de forêts sont de plus en plus importantes dans le pays et en province (RDC, 2023). De manière générale, la végétation de la province du Kwilu est principalement de type savanicole (sur sols sablonneux) avec des zones de savanes entrecoupées de galeries et de lambeaux forestiers résultant d'une forte pression anthropique (notamment cultures sur brûlis, exploitation forestière incontrôlée, bois de chauffe et carbonisation, feux de brousse). Les données disponibles, reportées par l'étude du projet DIAF-JICA réalisée en 2016, indiquent la progression progressive de la déforestation, des taux annuels allant de 0,23% sur la période 1990-2010 à 0,46% entre 2010 et 2014 (JICA, 2018).

Rôle des chenilles dans la chaîne alimentaire en général

Les lépidoptères constituent un maillon important de la chaîne alimentaire à différents niveaux. Ils interviennent à la fois comme consommateurs primaires et comme source de nourriture pour de nombreux prédateurs (Ghazanfar *et al.*, 2016).

De nombreux insectes se nourrissent de lépidoptères sous forme de parasitoïdes ou par consommation directe. Les parasitoïdes, comme les guêpes et les mouches tachinaires pondent leurs œufs dans les œufs, les chenilles ou les chrysalides des lépidoptères, ce qui entraîne leur mort à mesure que les larves du prédateur se développent (Woodhall *et al.*, 2024). De nombreux insectes prédateurs généralistes, comme les carabes, les coccinelles et les punaises, se nourrissent des œufs et des chenilles. Des prédateurs spécialisés, comme les fourmis et les guêpes, chassent activement les chenilles sur les plantes (Hajek et Eilenberg, 2018). D'autres insectes s'attaquent aux papillons comme les mantes religieuses, les libellules, les demoiselles, tandis que les mouches scorpions mâles offre en guise de cadeau nuptial à la femelle le papillons attrapé (Woodhall *et al.*, 2024). Ainsi, les insectes prédateurs des lépidoptères jouent un rôle clé dans le contrôle biologique de ces derniers, que ce soit dans des écosystèmes naturels ou dans des contextes agricoles. D'autres arthropodes, telles les araignées chassent aussi les papillons (Hajek et Eilenberg, 2018 ; Woodhall *et al.*, 2024).

Les Lépidoptères servent aussi de proies vitales à de nombreux vertébrés prédateurs, notamment les oiseaux, les reptiles, les amphibiens et les rongeurs. Les hommes, spécialement ceux d'Afrique, sont aussi des grands consommateurs des chenilles.

Il est important d'indiquer que les lépidoptères jouent un rôle clé dans le cycle des nutriments à travers plusieurs mécanismes, notamment en influençant les plantes, les sols et d'autres organismes. Par exemple, les excréments des chenilles enrichissent le sol en matière organique. Certaines espèces de papillons contribuent à réduire la pollution de l'air. Les plantes hôtes des papillons monarques et des chenilles absorbent le dioxyde de carbone et réduisent la quantité de pollution de l'air. Les chenilles s'alimentant de la plante hôte favorisent et repoussent plus grandes et mieux, ce qui leur permet d'absorber plus de dioxyde de carbone (Ghazanfar *et al.*, 2016). Les chenilles de certaines espèces de lépidoptères sont capables de décomposer des matières organiques, contribuant ainsi au recyclage des nutriments dans les écosystèmes

1.3. Lépidoptères dans l'alimentation humaine

Les Lépidoptères, spécifiquement les chenilles jouent un rôle important dans l'alimentation humaine dans plusieurs régions du monde, notamment en Afrique, en Asie et en Amérique latine. La « campéophagie » c'est à dire la consommation de chenilles, est le néologisme défini par Malaisse *et al.* (2016) pour cibler ce mode particulier d'alimentation. La campéophagie est particulièrement répandue en Afrique subsaharienne (ASS) où environ 31% des espèces d'insectes comestibles sont des chenilles. Les chenilles sont riches en protéines, ayant tous les acides aminés indispensables, en lipides poly-insaturés riches en oméga-3, en minéraux (fer, zinc, magnésium) et en vitamines (B12, riboflavine) (Van Huis *et al.*, 2014).

On estime qu'il existe plus de 150 espèces de chenilles mais actuellement 127 espèces sont reconnues comme chenilles comestibles. Plus de 50% des chenilles comestibles appartiennent aux Saturniidae, une famille abondante des régions forestières d'Afrique centrale pendant la saison humide (Jongema, 2017 ; Latham *et al.*, 2024). Les Saturniidae les plus consommés appartiennent à la sous-famille Saturniinae (Mabossy-Mobouna *et al.*, 2016).

Les chenilles de Saturniidae sont riches en nutriments et les espèces populaires en Afrique subsaharienne sont *B. alcinoe*, *C. forda*, *Cirina butyrospermi* (Vuillot, 1911), *Gonimbrasia belina* (Westwood, 1849), *I. epimethea*, *Gynanisa maja* (Klung, 1836), respectivement. L'importance de leur consommation varie selon les régions. Par exemple, *G. belina* est largement consommée en Afrique australe et orientale, notamment en Zambie, au Zimbabwe, au Malawi, en Namibie, en Angola, au Mozambique, au Botswana et en Afrique du Sud. *C. butyrospermi* est consommée en Afrique de l'ouest (Nigeria, Burkina Faso, Mali, Togo, Ghana). Tandis que *B. alcinoe* et *C. forda* sont très consommées partout en ASS (Latham *et al.*, 2024). Généralement, toutes les Saturniidae sont une source importante de revenus pour la population africaine, mais les plus commercialisées sont *C. forda* et *G. belina* (Kusia *et al.*, 2023). Il est important de signaler qu'en dehors des Saturniidae, les chenilles d'*Anaphe panda* (Boisduval, 1847) ont aussi une grande importance alimentaire dans toute l'AAS.

1.4. Contribution de la consommation des chenilles à la sécurité alimentaire

1.4.1. Situation alimentaire et nutritionnelle en RDC

La situation alimentaire en RDC est caractérisée par une faible diversité alimentaire, en termes de quantité et de qualité nutritive des aliments et une insuffisance de la fréquence des repas (IPC, 2024a et b ; RDC, 2023 ; Wiemers *et al.*, 2024). A ce propos, de nombreux auteurs confirment que, la nourriture congolaise est principalement composée de féculents et de céréales, de légumes, dont les légumineuses qui apportent les protéines. Le régime alimentaire contient rarement des produits animaux (RDC, 2023 ; Bonkena *et al.*, 2018 ; Muteba, 2014). Les légumineuses et la viande sous forme d'abats (« vivres frais ») de moindre prix constituent les principales sources de protéines, principalement en milieu urbain (Muteba, 2014). Le « fufu », une pâte de manioc, est l'aliment de base le plus couramment consommé, tandis que les bananes plantains et le riz sont souvent réservés aux ménages plus aisés, en raison de leur coût. Les feuilles de manioc dominent également les légumes, représentant plus de 50 % de la consommation totale à Kinshasa et plus de 75 % en milieu rural (Bonkena *et al.*, 2018 ; Muteba, 2014). Cette monotonie alimentaire témoigne de l'insécurité alimentaire persistante (RDC, 2023).

Dans les zones rurales, les ressources alimentaires proviennent principalement de la production locale ou de la récolte en milieux naturels. En revanche, à Kinshasa et dans d'autres villes, les marchés et magasins offrent une variété d'aliments, qu'ils soient traditionnels ou modernes, ce qui reflète l'évolution des pratiques alimentaires dans les milieux urbains (IPC, 2024a et b). Ce contraste entre le monde rural et le monde urbain souligne les défis en matière de sécurité alimentaire et de nutrition auxquels la population congolaise est confrontée.

Les mauvaises pratiques prédominent dans les zones rurales de la RDC, notamment à l'Ouest de la RDC, où l'agriculture, principale source d'approvisionnement, est sous-développée. Dans cette région, le régime alimentaire est majoritairement végétarien, basé sur le manioc et ses feuilles, les autres légumes feuilles, les fougères, etc. La consommation de viande, de poisson, d'œufs et de fruits est occasionnelle, tandis que les produits laitiers sont rares (Bonneau, 2020 ; MS/RDC, 2022 ; RDC, 2023 ; WPP

et CSA RDC, 2020). Ce contexte place l'Ouest de la RDC parmi les régions les plus défavorisées en ressources protéiques, avec un taux de pauvreté atteignant environ 75 % en 2020. Une grande partie de la population vit en dessous du seuil de pauvreté de 1,90 \$ par jour (IPC, 2024b ; RDC, 2023), ce qui contribue à des conditions alimentaires difficiles. En général, les repas dans cette région sont souvent dépourvus de viande et de poisson, ces aliments étant inaccessibles pour de nombreux ménages congolais (Muteba, 2014). Dans ce contexte, les chenilles constituent des sources alimentaires alternatives des protéines.

1.4.2. Consommation des chenilles en RDC

La RDC est considérée comme l'un des points les plus importants de l'entomophagie et de la campéophagie en Afrique et dans le monde. Diverses études indiquent que 85% de la population en RDC consomment des insectes régulièrement, par habitude et pour leur goût (Bocquet *et al.*, 2020 ; Nsevolo *et al.*, 2023b). De plus, de nombreux auteurs signalent que les insectes faisaient depuis longtemps partie du régime alimentaire de nombreux groupes ethniques (Bakondongama *et al.*, 2016 ; Bocquet *et al.*, 2020 ; Halloran *et al.*, 2018 ; Nsevolo *et al.*, 2023b). Les chenilles (Lépidoptères) se distinguent comme le premier groupe d'insectes consommés, avec 88 espèces, soit environ 59,5% des insectes consommés sur les 148 espèces répertoriées dans le pays et 60% de toutes les chenilles africaines. De plus, elles représentent, pour de nombreux congolais, 40 % de la consommation totale de protéines animales (Bocquet *et al.*, 2020 ; Latham, 2021 ; Lisingo *et al.*, 2012 ; Malaisse *et al.*, 2003 ; Nsevolo *et al.*, 2023b ; Muyay, 1981).

Toutefois, il existe des restrictions traditionnelles par rapport à la consommation de certaines espèces. Par exemple, la chenille d'*Imbrasia obscura* (Butler, 1878) est considérée comme aliment tabou pour certains clans de l'ethnie Yansi (province du Kwilu, RDC) suite à une chute d'arbre conduisant à un décès lors de la récolte de cette chenille (Muyay, 1981). De même, la chenille *Anaphe panda* (Boisduval, 1847), avec ses poils presque brun clair, n'est pas très appréciée par de nombreux Yansi pour qui, elle serait réservée aux albinos dont les cheveux leur ressemblent. Par contre, les grosses chenilles vertes, comme celles du genre *Lobobunaea*, sont réservées au repas des bébés. L'importance de l'entomophagie dépend ainsi fortement du groupe ethnique, du lieu, de l'expérience antérieure, quelque peu de l'âge et du sexe (Nsevolo *et al.*, 2023b).

Il est intéressant de signaler que les espèces de chenilles consommées et leur nombre varient en fonction des provinces ou des zones phytogéographiques (Latham *et al.*, 2024 ; Nsevolo *et al.*, 2023b). Par exemple, la consommation des chenilles d'*Aegocera rectilinea* (Boisduval, 1836) est limitée à la partie ouest du pays (Madamo *et al.*, 2023 ; Numbi *et al.*, 2021). Par ailleurs, l'importance alimentaire de certaines espèces peut varier au sein d'une même province, comme c'est le cas d'*I. ertli* (Rebel, 1904) qui n'est consommée que dans le territoire de Masi-Manimba (Madamo *et al.*, 2023). Par contre, d'autres espèces, comme *Cirina forda* (Westwood, 1881), *I. epimethea* (Drury, 1773) et *Imbrasia truncata* (Aurivillius, 1904), respectivement ont une importance alimentaire et économique nationale. Leur consommation dans les différentes provinces est très documentée (Bomolo *et al.*, 2017 ; Konda Ku Mbuta et Ambühl, 2019 ; Latham *et al.*, 2024 ; Madamo *et al.*, 2023 ; Nsevolo *et al.*, 2023b ; Numbi *et al.*, 2023). Elles sont généralement disponibles dans presque tous les marchés urbains, spécifiquement dans la ville capitale de Kinshasa de la RDC (Nsevolo *et al.*, 2023b ; Numbi *et al.*, 2023).

Cette bonne disponibilité des chenilles fumées à Kinshasa a permis son adoption par les habitants de cette grande ville. En effet, suite à l'influence du brassage culturel dans les pratiques culinaires et alimentaires, les chenilles constituent actuellement « une nourriture de fête » (Bonkena *et al.*, 2018 ; Nsevolo *et al.*, 2016). Bien que la consommation soit irrégulière et insuffisante, il a été indiqué qu'environ 80% de la population de Kinshasa consomme les chenilles (Nsevolo *et al.*, 2016). Pourtant, autrefois, les chenilles (et autres insectes) constituaient les aliments pour les pauvres des milieux ruraux et spécifiquement ceux des provinces d'approvisionnement (*e.i.* Equateur, Kwango, Kwilu) (Nsevolo *et al.*, 2023b).

Dans la province du Kwilu, la consommation des chenilles fait partie du patrimoine culturel, elles sont un aliment traditionnel préféré et constituent des aliments protéiques les plus consommés par la population (Malaisse, 1997 ; Mbemba, 2013), particulièrement dans les zones de récolte. Consciente de la rareté de la viande, les ancêtres de l'ethnie Yansi, considèrent que les chenilles « sont nutritives comme le gibier » (Muyay, 1981). Depuis longtemps, la province du Kwilu est considérée comme l'un des territoires où la diversité des espèces de chenilles comestibles serait la plus élevée (Leleups et Daems, 1969). Cependant, elle est comptée parmi les provinces relativement peu étudiées dans le pays et dont l'exploration a été recommandée (Nsevolo *et al.*, 2023b).

1.5. Approvisionnement en chenilles

Le mode d'approvisionnement en chenilles dans les milieux urbains en RDC est l'achat aux marchés où le prix varie selon l'unité de vente utilisée. Les unités de vente des chenilles et leurs prix, au rythme principalement des marchés de la ville de Kinshasa, sont : le verre bambou d'environ 100 g à 1, 25 \$, le gobelet « sakombi » d'environ 200 g à 2,5 \$, le gobelet « ebundeli, demi ou kopo » de près de 500 g à 6 \$, le pot plastique cylindrique jaune « ekolo » d'environ 1 kg à 12,5 \$, un seau plastique de 5 litres à 64 \$ et le sac de 20 kg à près de 268 \$ (Mapunzu, 2004 ; Nsevolo *et al.*, 2016, Madamo, données non publiées). Les chenilles sont vendues généralement séchées. On peut en trouver vivantes ou bouillies en période de récolte dans une région du pays.

Dans les milieux ruraux, on prélève directement les chenilles dans la nature. Il n'y a pas d'élevage. La durée et l'abondance de la récolte varient en fonction des espèces, zones phytogéographiques, de la gestion de l'écosystème et de l'année. Par exemple, *C. forda* est massivement récoltée dans le territoire de Masi-Manimba, tandis qu'*I. truncata* ou *P. discrepans*, dans le territoire d'Idiofa. La récolte est généralement faite par les femmes et les enfants et ils sont souvent exposés aux dangers (*e.g.* chute d'arbre, bêtes féroces, serpents). Les chenilles récoltées sont destinées à l'autoconsommation familiale et à la vente, constituant la principale source de revenus pour de nombreux ménages (Mabossy-Mobouna *et al.*, 2021).

Toutes les chenilles comestibles sont prélevées avec des techniques qui varient selon leur stade de développement. Le ramassage au sol et le secouage de l'arbre concernent les chenilles du dernier stade qui se laissent tomber pour se nymphoser. De ce fait, les heures de ramassage s'adaptent aux périodes horaires de la chute de nombreuses chenilles et varient en fonction d'espèces. On distingue des chenilles qui tombent massivement au sol entre 4h-6h du matin (*e.g.* *C. forda*, *I. epimethea* et *I. obscura*), d'autres, entre 9h-10h (*e.g.* *I. truncata*). Une troisième catégorie concerne celles qui tombent entre 13h-14h (*e.g.* *Bunaeopsis aurantiaca* (Rothschild, 1895)) et enfin le groupe de celles dont la chute importante s'effectue entre 16h-17h (*e.g.* *Elaphrodes lactea* (Gaede, 1932), *Pseudanthera discrepans* (Butler, 1878)) (Looli *et al.*, 2021 ; Muyay, 1981). Par contre, l'ébranchage ou l'abattage d'arbres hôtes, les techniques utilisées pour les plus jeunes chenilles adhérentes encore aux feuilles (stades précédant le dernier). Ces dernières techniques sont destructives de la biodiversité et contribuent

à la disparition progressive des chenilles. Les chrysalides sont quelquefois aussi récoltées (Looli *et al.* ; 2021 ; Tamesse *et al.*, 2018 ; Van Huis, 2003).

Cependant, la récolte des chenilles est liée à leur saisonnalité qui varie selon les zones géographiques. Dans la province du Kwilu, elles sont récoltées en saison des pluies (octobre-janvier) dans le territoire de Masi-Manimba et en saison sèche (juin-septembre) dans le territoire d'Idiofa, en raison de sa proximité avec la forêt équatoriale (Madamo *et al.*, 2023/2024).

Eu égard à ce qui précède, il faut noter qu'aucun système de production en masse des chenilles n'est mis au point dans l'ensemble du pays. L'entomoculture (*e.i.* élevage d'insectes destiné à la consommation humaine et animale) est encore en sa phase d'expérimentation. Par contre, des auteurs évoquent la pratique traditionnelle de semi-domestication réalisée dans certaines provinces dont le Kongo Central et le Kwilu. La pratique consiste aux transferts des œufs ou des plus jeunes larves des chenilles, principalement *I. epimethea*, sur leurs arbres hôtes dans un environnement protégé (Konda Ku Mbuta and Ambühl, 2022 ; Latham, 2021 ; Muyay, 1981).

En effet, la semi-domestication est un processus intermédiaire entre la vie entièrement sauvage et la domestication complète d'une espèce. Elle est considérée comme une méthode de production naturelle améliorée car elle consiste à manipuler l'habitat naturel des insectes pour augmenter leur disponibilité et leur productivité (Van Huis *et al.*, 2014). La semi-domestication implique par conséquent la plantation de plantes hôtes, un contrôle partiel par l'homme de la production, en termes de sélection d'espèces appropriées et contre les prédateurs (FAO, 2021 ; Van Huis *et al.*, 2014). Il est important de mentionner que la production naturelle améliorée permet la disponibilité et la prédictibilité des insectes comestibles. Les activités relatives à la production naturelle améliorée contribuent potentiellement à la fois à la conservation des habitats des insectes comestibles et à la sécurité alimentaire. Cependant, la semi-domestication présente des limites de contrôle des maladies et des prédateurs des insectes. Elle nécessite une connaissance approfondie des écosystèmes et des espèces ciblées. Toutefois, des auteurs estiment que la domestication des chenilles et des plantes hôtes dans les systèmes agroforestiers devrait être encouragée sous les tropiques. La mise en place de nombreuses fermes à petite échelle permet de réduire l'impact des maladies virales des chenilles (Nyoni et Mwale, 2020 ; Van Huis *et al.*, 2014).

A ce propos, les résultats de la cheniculture (*e.i.* élevage des chenilles comestibles en tant qu'agriculture), initiée par l'Armée du Salut dans la province du Kongo Central, sont très encourageants. De nombreux essais d'élevage ont porté sur près de 20 espèces des chenilles comestibles (Konda Ku Mbuta and Ambühl, 2022).

1.6. Autres insectes consommés en RDC

En RDC, les insectes d'autres ordres, comme Orthoptères, coléoptères, hyménoptères, isoptères, sont aussi consommés (Figure 3).

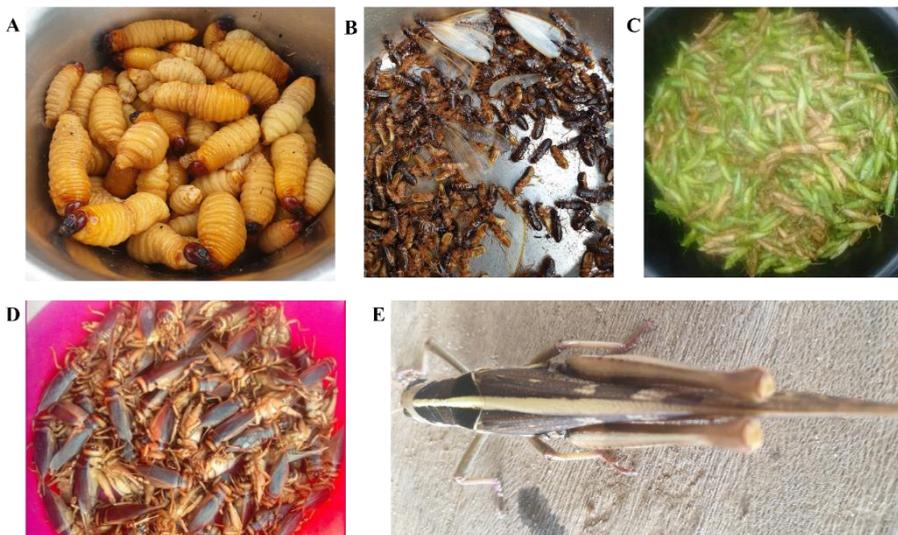


Figure 3. Autres insectes les plus consommés en RDC : A. *Rhynchophorus phoenicis* B. *Macrotermes bellicosus* C. *Rusolia differens* D. *Brachytrupes membranaceus* E. *Acanthacris ruficornis*

Le coléoptère populaire le plus populaire est *Rhynchophorus phoenicis* (Fabricius, 1801), le charançon de palmier, dont les larves sont appelées en lingala « Mposé », en kikongo « Nsololo ». Une espèce très appréciée et vendues dans les grands marchés, spécialement ceux de la ville de Kinshasa (Nsevolo *et al.*, 2023b). D'autres aussi sont consommés, comme *Augosoma centaurus* (Fabricius, 1775), dont le nom en Lingala est « Makokolo » en lingala.

De nombreux orthoptères consommés en RDC restent encore non identifiés, 15 espèces sont reconnues et consommées au stade adulte (Ombeni et Munyuli, 2017).

Le grillon le plus populaire et apprécié est *Brachytrupes membranaceus* (orthoptère), « Makelele » en Kikongo et Lingala. Cette espèce est aussi source des revenus pour la population congolaise. Parmi les sauterelles, *Rusolia differens* (Serville, 1838) est très prisée pour sa saveur et son arôme, par de nombreux congolais, surtout ceux de l'est du pays où les chenilles sont produites en grande quantité en novembre et décembre de chaque année et où elle est très commercialisée (Ishara *et al.*, 2023). *Acanthacris ruficornis* (Fabricius 1787) et *Locusta migratoria* (L., 1758) sont des exemples des criquets consommés dans plusieurs régions de la RDC (Nsevolo *et al.*, 2023b).

Les Hyménoptères comestibles de la RDC sont principalement représentés par les abeilles du genre *Apis*. La plus remarquable est *Apis mellifera* (L. 1758), « Nzoyi » en lingala, dont le miel, les œufs et les larves sont très consommés. Les Isoptères ou les termites *Macrotermes* sp. sont un mets délicat et très apprécié. A Kisangani, 24 espèces de termites ont été répertoriées et toutes les formes, soldats, adultes ailés ouvrières et la reine sont consommées. *Macrotermes bellicosus* (Smeathman, 1781) et *Macrotermes subhyalinus* (Rambur, 1842) sont des exemples de ce groupe (Ishara *et al.*, 2023 ; Nsevolo *et al.*, 2023b).

1.7. Situation socio-économique de la République Démocratique du Congo

En 2023, près de 74,6 % de la population de la République Démocratique du Congo (RDC) vivait avec moins de 2,1 dollars par jour, alors que le coût moyen d'une alimentation saine en Afrique centrale s'élevait à 3,55 dollars par jour (IPC, 2024b ; Chipanda et Yeboua, 2024). Paradoxalement, malgré sa richesse en ressources naturelles, avec plus de 1.100 minéraux et métaux précieux, 80 millions d'hectares de terres arables, et la deuxième plus grande forêt tropicale du monde, la RDC reste l'un des pays les plus pauvres, avec un PIB par habitant de 906,6 dollars en 2023, le classant 49^e en Afrique (Chipanda et Yeboua, 2024).

L'économie du pays repose essentiellement sur l'exploitation minière, qui représentait 47 % du PIB en 2020, tandis que l'agriculture, pratiquée par près de 70 % de la population rurale, ne contribue qu'à 20 % du PIB. Seulement 10 % des terres arables sont exploitées, ce qui rend l'agriculture insuffisamment productive pour garantir la sécurité alimentaire de l'ensemble de la population (Chipanda et Yeboua,

2024 ; Torrellio, 2022). Par exemple, seulement 1,5 million d'hectares de terres sont utilisés pour les cultures commerciales, ce qui limite la disponibilité des aliments.

Cette agriculture de subsistance, souvent non rentable, entraîne une dépendance croissante vis-à-vis des ressources forestières, notamment les produits forestiers non ligneux, aggravant la déforestation. Entre 2001 et 2019, la RDC a perdu 14,6 millions d'hectares de forêts, devenant ainsi le troisième pays le plus touché par la déforestation après le Brésil et l'Indonésie (RDC, 2023).

L'analyse bibliographique qui précède définit le cadre général dans lequel la présente recherche a été conçue et planifiée.

Chapitre 2

**Objectifs, questions et stratégies de
recherche**

Chapitre 2

2.1. Objectifs et questions de recherche

Ce travail repose sur l'étude des Lépidoptères (chenilles) comestibles de l'Ouest de la RDC dans ses différents aspects. Dans cette province pauvre, la disponibilité alimentaire est une préoccupation quotidienne et la crise de la viande est un plus grand défi pour la population. Les chenilles qui suppléent à cette carence protéique sont en forte réduction, disparaissant progressivement. A cet égard, les recherches menées dans la présente thèse ont pour objectif global de contribuer à la pérennisation des chenilles comestibles à travers leur étude afin d'améliorer la sécurité alimentaire des populations.

Cette thèse cherche à répondre aux questions suivantes :

- (1) Quelle est la diversité spécifique des chenilles comestibles de l'Ouest de la RDC ?
- (2) Ces chenilles, sont-elles encore disponibles aujourd'hui ?
- (3) Quelle est la diversité spécifique de leurs plantes nourricières ? Quels sont leurs différents usages dans la région ?
- (4) Quelle est la composition nutritionnelle de ces chenilles (surtout les plus populaires) ?
- (5) Que faire pour rendre disponible et même pérenniser les chenilles qui se raréfient de plus en plus et qui disparaissent même localement ?

Eu égard à ce questionnement, les hypothèses définies pour soutenir cette thèse sont les suivantes :

- (i) La position phytogéographique de l'Ouest de la RDC dans la zone de transition régionale d'endémisme Guinéo-Zambézienne justifie sa diversité entomologique et en ressources végétales.
- (ii) Les arbres hôtes des chenilles font l'objet d'une exploitation variée.
- (iii) Les chenilles disparaissent progressivement et deviennent rares (problème de durabilité ou de pérennité).
- (iv) Les chenilles représentent une source alimentaire particulièrement intéressante en nutriments.

- (v) La semi-domestication des chenilles comestibles est une solution pour un approvisionnement intéressant de la population dans la région et dans le pays.

Cette recherche s'inscrit dans le cadre de la valorisation et l'utilisation durable de la biodiversité, au Congo. Elle rentre dans le contexte de la lutte contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté qui sévissent dans les pays en développement. Elle s'inscrit enfin dans le cadre du développement durable par le fait que sa finalité réside dans un objectif de pérennisation des chenilles.

2.2. Stratégie de recherche

La recherche est structurée en 4 chapitres :

- Le premier chapitre présente les résultats de différentes enquêtes sur la diversité de chenilles comestibles dans la région de l'Ouest de la RDC. Il contient une version adaptée d'un article original publié : "Caterpillars consumed in Masi-Manimba territory (Kwilu), Democratic Republic of the Congo". Madamo Malasi, F., Malaisse, F., Latham, P., Francis, F. and Megido, R.C., 2023. *Journal of Insects as Food and Feed* 9(1):3-13 <https://doi.org/10.3920/JIFF2022.0032>
- Le second chapitre, présente les résultats d'une étude ethnobotanique des plantes hôtes des chenilles comestibles les plus consommées de la région.
- Le troisième chapitre donne la composition et apports nutritionnels potentiels des chenilles comestibles consommées à l'Ouest de la RDC.
- Le quatrième chapitre décrit l'écologie de quelques espèces potentielles susceptibles de conduire à un élevage plus intensif. Il est adapté d'un article publié: « Bioecology of *Imbrasia epimethea* (Drury, 1773) caterpillars consumed in Kwilu province, Democratic Republic of the Congo ». Madamo Malasi, F., Francis, F. and Caparros Megido, R., 2024. *Bioecology of Imbrasia epimethea* (Drury, 1773) caterpillars consumed in Kwilu province, Democratic Republic of the Congo. *Journal of Insects as Food and Feed* 10(11):1-16 <https://doi.org/10.1163/23524588-20230113>

Les quatre phases de la recherche s'articulent dans l'optique d'une meilleure valorisation de source nutritives locales afin de compléter l'alimentation des populations locales de la région de l'Ouest de la RDC. La stratégie mise en place est résumée à la Figure 4.

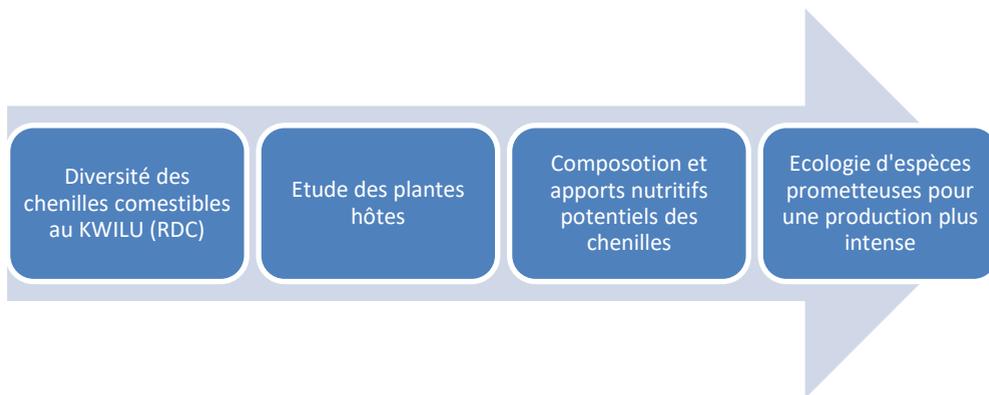


Figure 4. Schéma synoptique de la stratégie de recherche

Deuxième partie

Expérimentation

Chapitre 3

**Diversité de chenilles comestibles de
l'Ouest de la RDC**

3.1. Introduction du chapitre

La République Démocratique du Congo est reconnue comme l'un des pays de la méga diversité mondiale en ressources naturelles, possédant une richesse biologique exceptionnelle et un taux élevé d'endémisme, en raison de la multitude d'habitats naturels et de la variabilité climatique qui la caractérisent (Brouwer, 2017 ; Péliissier *et al.*, 2018). Cependant, de nombreux chercheurs soulignent que cette biodiversité est largement méconnue et sous-estimée dans le contexte congolais (CSB CEBioS, 2023 ; Mbemba *et al.*, 2023). À cet égard, les données sur la diversité des chenilles comestibles sont souvent fragmentaires et incomplètes, limitant ainsi notre compréhension de leur rôle et de leur importance dans l'alimentation locale (CSB CEBioS, 2023 ; Péliissier *et al.*, 2018).

La situation concernant le manque de données taxonomiques est particulièrement préoccupante dans la partie ouest de la RDC, qui est à la fois un important réservoir de chenilles comestibles et une région où la diversité des espèces de chenilles est estimée parmi les plus élevées (Nsevolo *et al.*, 2023b). De plus, plusieurs études considèrent l'Ouest de la RDC comme l'un des foyers les plus significatifs de la campéophagie en RDC (Leleups et Daems, 1969 ; Mbemba, 2013 ; Muyay, 1981). Malheureusement, la population de cette région dépend largement des ressources naturelles, ce qui entraîne une surexploitation et une dégradation des habitats, ainsi qu'une érosion de la biodiversité (CSB CEBioS, 2023 ; RDC, 2014). Cette connaissance insuffisante de la biodiversité campéophagique entrave une gestion efficace et limite la valorisation des ressources disponibles. Comme le souligne CSB CEBioS (2023), « on ne peut bien gérer que ce que l'on connaît bien ».

Dans le but de répondre aux questions de recherche (1) et (2), le présent chapitre vise à établir une liste des chenilles comestibles de deux territoires de l'Ouest de la RDC, tout en identifiant celles qui sont les plus appréciées et disponibles.

3.2. Caterpillars consumed in Masi-Manimba territory (Kwilu), Democratic Republic of the Congo

Cette partie s'inspire de l'article: «Caterpillars consumed in Masi-Manimba territory (Kwilu), Democratic Republic of the Congo” Madamo Malasi, F., Malaisse, F., Latham, P., Francis, F. and Megido, R.C., 2023. Journal of Insects as Food and Feed 9(1):3-13 <https://doi.org/10.3920/JIFF2022.0032>

Abstract

Caterpillars are a favourite traditional food that potentially represents the largest proportion of total animal protein consumed by people in Masi-Manimba, Kwilu Province, Democratic Republic of Congo. However, caterpillars are becoming increasingly scarce, with no inventory data existing for this region. This study aims to contribute to the valorisation of edible caterpillars in Masi-Manimba through their inventory and identification. A questionnaire was completed by 212 people representing the four main ethnic groups in the territory and seven peripheral sectors. The caterpillars were collected in 2020 and 2021 in the township. Eighty-two species were listed by the four main ethnic groups but only 63 species were scientifically confirmed at least to the family level. The main family was Saturniidae, followed by Notodontidae and Sphingidae. The genus *Imbrasia* is the most represented in the territory. Overall, 46% of caterpillars are found in forests, 19% in savannah, and 35% across multiple habitats. Surveyed people considered 64% of caterpillars to be very tasty. Large numbers were harvested during the rainy season (November and January). Respondents observed that there has been a major decline in caterpillars, with just 22% of species being readily available. Due to this major decline in caterpillars, it is urgent to study their biology and relationship with food plants, to farm them successfully.

Keywords: Masi-Manimba, Democratic Republic of Congo, entomophagy, caterpillars eaten

3.2.1. Introduction

The number of Lepidoptera species consumed by humans in the world is more than 400, belonging to 35 families, of which 28% are Saturniidae. Caterpillar consumption is particularly widespread in sub-Saharan Africa, where 31% of edible insect species are caterpillars (Jongema, 2017). More than 370 studies have been published on this subject in Africa (Malaisse and Latham, 2014). To date 146 species of Lepidoptera have been inventoried in Africa, of which 55% belong to Saturniidae (Jongema, 2017). Moreover Latham *et al.* (unpublished data) gives plenty of information for 133 species. Finally, Malaisse (unpublished data) has listed 158 different taxa of Lepidoptera for Africa. The species of this family are abundant in the forest regions of Central Africa during the wet season (Balinga *et al.*, 2004; Mabossy-Mobouna *et al.*, 2021; Malaisse, 1997; Van Huis, 2003).

These edible caterpillars are mainly collected in the wild (92%) using different techniques adapted to specific ecosystems, ranging from simple collection on detection to the cutting of trunks and branches of trees, or even climbing, lopping and felling of host trees (Tamesse *et al.*, 2018; Van Huis, 2003; Vantomme *et al.*, 2004). Caterpillars, like other insects, can also be partially reared (*i.e.* entomoculture) in different systems, such as improved natural production, which is sometimes used in the Democratic Republic of Congo (DRC). In this system, caterpillars of certain species (such as *Cirina forda* and *Imbrasia epimethea*; the full names of the genera and species are given in Supplementary Table S1) are collected from the natural habitat when young and are reared to maturity on village trees (Muyay, 1981). Other types of insect farming systems include family minifarming, which is often practiced in a vivarium, allowing limited production and factory farming, allowing mass production (Vandermeersch, 2018; Van Huis *et al.*, 2014).

Some studies showed that 85% of the human population in DRC (80% of Congolese living in the capital Kinshasa) eat edible caterpillars regularly, out of habit and for their state. In particular, caterpillars account for up to 40% of total animal protein consumption (Balinga *et al.*, 2004; Latham, 2003; Nsevolo *et al.*, 2016). The main provinces supplying caterpillars are Equateur, Kwango, and Kwilu (Balinga *et al.*, 2004). The latter two provinces are considered territories that support the highest diversity of caterpillar species, with more than 30 species being consumed (Leleup and Daems, 1969).

Bocquet *et al.* (2020) and Hulstaert (1966) indicated that the population of Equateur Province consume 22 species of caterpillars, of which only eight species have been scientifically identified that belong to the family Saturniidae (e.g. *C. forda*, *I. epimethea*, *Imbrasia obscura*, *Gonimbrasia anthinoides*) and the Notodontidae (e.g. *Anaphe panda*). People of Kwango Province consume caterpillars belonging to various families, including Hesperidae, Noctuidae, Notodontidae, Nymphalidae, Sphingidae, and especially Saturniidae (Adriaens, 1951). The most important species are *C. forda*, *I. epimethea*, *I. obscura*, and *Coeliades libeion* (Adriaens, 1951; Leleup and Daems, 1969). However, Lunga (2017) reported that over 85% of caterpillars recorded in this province have disappeared, especially those found in forest habitats.

Thirty-three species of caterpillars consumed by the Yansi ethnic group in Kwilu Province have been described, most belong to the families Saturniidae, Notodontidae, and Sphingidae (Muyay, 1981). Caterpillars of the genera *Achaea*, *Bunaea*, *Elaphrodes*, *Epidonta*, and *Imbrasia* include species such as *Achaea catocaloides*, *Elaphrodes lactea*, and *I. epimethea*, which are among the most widely consumed by the Yansi ethnic group.

Very little data on edible caterpillars is available for Kwilu Province, one of the poorest regions in the country in terms of protein resources, and no inventory data have been recorded for the Masi-Manimba territory (Figure 5). This territory is one of the most populated territories in Kwilu, with 1,758,847 inhabitants at a density of nearly 100 inhabitants/km² across 14,327 km² (Administration du Territoire, 2020).

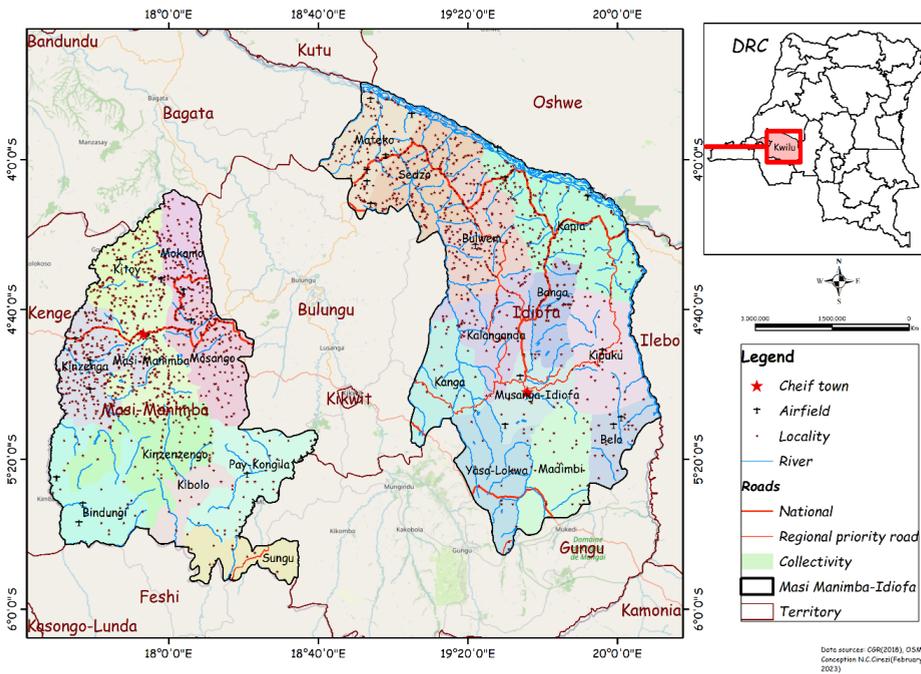


Figure 5. Administrative map of Kwilu province (western Democratic Republic of Congo) showing the study site: The territories of Idiofa and Masi-Manimba, located in the centre of the province

It is located in the humid tropical climate zone ‘type AW (i.e. savannah climate with dry winter or winter dry season), characterised by two contrasting rainy seasons and relatively cool nights. The average annual rainfall is 1,500 to 1,700 mm, the relative atmospheric humidity remains high throughout the year, and its elevation varies from 600 m in the south to 300 m in the north (CAID, 2021; Fehr, 1990). The local populations fall into nine ethnolinguistic groups (ethnic groups), namely: Mbala (45%), Ngongo (35%), Suku (10%), Yansi (4%), Hungana (2%), Tsamba (1.5%), and the other groups including Lua and Téké (0.5%) (Anonymous, 2005; CAID, 2021).

In this territory, as elsewhere in the country, food resources are becoming increasingly scarce and food imports are becoming more expensive. According to the Congo’s central bank, imports are valued at nearly 1.5 billion US dollars (USD) per year, or a quarter of the national food budget (Anonymous, 2019; Essolomwa, 2017). Therefore, it is urgent to identify the number and extent of caterpillar species present before this local resource disappears completely, focusing on identifying species suitable for sustainable management to alleviate the current food shortage.

This study aims to contribute to the valorisation of edible caterpillars from Masi-Manimba, through an inventory and identification. A list of caterpillars consumed by the population will be developed, including their ecology, phenology, availability, appreciation. The level of entomological knowledge of the population will also be established. Our results are expected to contribute towards identifying ideal species for cultivation to generate a sustainable protein resource for the population and stop the depletion of species in the natural environment.

3.2.2. Materials and methods

3.2.2.1. Collection of samples

The caterpillars were collected and photographed in the outskirts of the city of Masi-Manimba, in a radius of 50-150 km from January 16 to March 20, 2020 (short dry season) and December 16, 2020, to April 12, 2021 (rainy season and short dry season). For each sample of caterpillars collected, five caterpillars of 6.0-9.0 cm body length and 1.5-2.0 cm diameter and 10 caterpillars of 3.0-5.9 cm length and 0.5-1.4 cm diameter were placed in ethanol (70%) for subsequent identification. Also, 500 g of each species was stored after drying under cover at a maximum temperature of 40 °C for biochemical analysis. Geographical coordinates (latitude, longitude, and altitude) were obtained for each sample using a global positioning system (GPS) MAP 66S (Garmin; Olathe, Kansas, USA) and those of the Masi-Manimba Territory are: 4°46'0'' South (-4.76667), 17°55'0'' East (17.9167), 498 m (chief town of the territory).

3.2.2.2. Morphological identification of caterpillars

The collected samples were identified using binocular loupe (Zeiss; Stemi 305, Paris, France). The determination keys established by Mabossy-Mobouna *et al.* (2016a/2022a), Malaisse and Parent (1980) and Pinhey (1956) were used with photographs from the available literature, including Bocquet *et al.* (2020), Kusia *et al.* (2021), Lautenschläger *et al.* (2017b) and online databases (De Prins and De Prins, 2011-2021).

3.2.2.3. Ethno-entomological surveys

A questionnaire (**Annex 1**) was given to 212 people representing the four main ethnic groups in the area (i.e. Mbala, Ngongo, Suku, and Yansi; n=53) and seven peripheral sectors (i.e. Bindungi, Kinzenzengo, Kitoy, Masi-Manimba, and Mosango; n=30; Kinzenga, Mokamo; n=31). Two villages per sector were recognised by the territorial authority as having an abundance and diversity of edible caterpillar species were selected for the survey. Contact was made with village chiefs to target the caterpillar farmers. Interviews focused on the vernacular names of caterpillars that were consumed, as well as information on their habitats, phenology, availability, taste value (appreciation), and potential causes of decline. The age, gender and education level of respondents were also recorded.

3.2.2.4. Statistical analysis

All statistical analyses were performed using SPSS 25 Windows software (Armonk, NY, USA). Significance was set at 5%. Quantitative data was presented by calculating the means and standard deviations. Categorical variables were calculated from the percentages of each modality. Comparisons of the number of caterpillars cited by respondents were made using Student's *t*-test for independent samples, to assess the influence of age, gender, and ethnic group of respondents on the number of edible caterpillars identified. The Fisher test was performed by analysing the variance of the four ethnic groups. When the *P*-value of the Fisher test was less than 5%, Bonferroni posthoc multiple comparisons were performed to identify the ethnic groups that differed significantly. For the comparison of percentages, the Pearson chi-square test was used. Principal component analysis was used to determine the different relationships between caterpillar species and their habitats.

3.2.3. Results and discussion

3.2.3.1. Demographic characteristics of the study population

Men represented 54% (114) and women 46% (98) of the whole sample. All respondents were divided into two age groups: people under 40 years old (55 people; 26%) and over 40 years old (157 people; 74%). In terms of education level, 15 were illiterate, 57 had primary education, 124 had secondary education, and 16 had higher education.

3.2.3.2. Inventory of caterpillars

A list of 82 species of edible caterpillars known locally by the population of the four main ethnic groups of Masi-Manimba were listed. Of these, 63 species could be scientifically identified, of which nine were identified to the taxonomic family level, 13 to the genus level, and 41 to the species level (Supplementary Table 3. S1). Sixty-three taxa were scientifically identified similar to the 65 caterpillar species identified by Nowak (2014) as being consumed in the DRC. This value represented 56.2% of the total number (146) of caterpillar species consumed in Africa, which were identified by Jongema (2017). The high representation of caterpillars in this territory is probably related to the climate and host plants that allow development. The high identification rate might be associated with the high rate of consumption of these caterpillars (Twine *et al.*, 2003; Van Huis *et al.*, 2014).

Regarding the diversity of caterpillars eaten by a single tribe, two examples may be given. Roulon-Doko (1998) points out that the Gbaya-Bodoé consume 59 different species; whilst in second position Malaisse (2010) gives 40 different species for the Bemba population of Katanga (DRC).

3.2.3.3. Richness and diversity of edible caterpillars

The identified taxa belonged to 11 families (Supplementary Table 3. S1), of which Saturniidae (25 species, 40%), Notodontidae (12 species, 19%), and Sphingidae (12 species, 19%) dominated. Among these families, Saturniidae (Supplementary Figures 11.S3-13.S5) and Notodontidae (Supplementary Figures 9.S1-10.S2) are considered important, in terms of diversity, in several provinces of the DRC, including Central Kongo, Equateur, Kwango, Kwilu, Mai-Ndombe; North-Ubangi, South-Kivu, and Tshopo (Adriaens, 1951; Bocquet *et al.*, 2020; Konda ku Mbuta and Ambühl, 2019; Latham, 2008; Leleup et Daems 1969; Lisingo *et al.*, 2010; Looli *et al.*, 2021; Malaisse 1997; Malaisse and Lognay, 2003; Okangola, 2007; Payne *et al.*, 2016; Yabunda *et al.*, 2019). This high diversity is explained by the fact that these caterpillars are widely harvested at the time of their appearance, and so are easy to identify. In comparison, Sphingidae were collected in very small quantities, and were rarely identified, due to their lower representation. The consumption of Sphingidae (Supplementary Figure 11.S3), generally by children, is more anecdotal, and tends to

arise in areas where food resources are less available, as is the case in the Masi-Manimba territory (Muyay, 1981).

The most represented genera, due to their polyphagy, were *Imbrasia*, *Epidonta*, *Gonimbrasia*, and *Lobobunaea*, with the genus *Imbrasia* dominating. There was low specific diversity per genus, supporting existing studies (Bocquet *et al.*, 2020; Looli *et al.*, 2021; Malaisse, 1997).

3.2.3.4. Local knowledge on caterpillars

Vernacular names of caterpillars

The populations of the Masi-Manimba territory often identify caterpillars in their dialects in reference to the name of the food plant, as observed by Latham (2005) and Malaisse (2010) for the whole of Africa. For example, the species *Cymothoe caenis* has different vernacular names, namely Mibamba in Mbala and Suku, Mibamb in Ngongo, and Mibaam in Yansi. All these different names mean the caterpillar of the plant '*Oncoba welwitshii* Oliv.' Caterpillars are sometimes identified in reference to certain morphological characteristics (e.g. *Aletis* sp. these names as follows 'Angayi' in Mbala or 'Bangayi' in Ngongo, which means the shape of a cat) or in reference to alleged physiological effects on the consumer (e.g. some *Imbrasia* sp. is called Miwur in Yansi, which induces a feeling of satiety).

Even though the vernacular names of caterpillars vary from one ethnic group to another, they are often similar for the main ethnic groups of the Masi-Manimba territory, such as 'Mindanda' in Mbala and Suku, 'Mindan' in Ngongo, and 'Mindaan' in Yansi for the caterpillar *Alenophalera brunneomixta* (Mabille, 1898) (formerly named *Epidonta brunneomixta*) (Supplementary Table 3. S1). Finally, in all ethnic groups, some species of caterpillars belonging to the same family have the same vernacular name; for example, the Mbala call all species of Sphingidae 'Gidishi'.

Frequency of citation of caterpillars

Most caterpillar species consumed by the respondents (86%) were cited by them at frequencies >50% (Supplementary Table 3. S1). Out of these species, 11 were cited with a frequency of >80% by respondents (i.e. *C. forda*, *C. caenis*, *I. epimethea*, *I. obscura*, *E. lactea*, *A. catocaloides*, *A. panda*, *A. brunneomixta*, *Bunaea alcinoe*, *Gonimbrasia petiveri*, *Haplozana nigrolineata*). These species had easily identifiable

morphology and were the most popular throughout the DRC, as well as the main caterpillar consuming countries of Africa. They have been listed in more than 36 countries, and more than 370 scientific publications (Kelemu *et al.*, 2015; Lautenschläger *et al.*, 2017b; Malaisse and Latham, 2014). Among the caterpillars less frequently consumed, the presence of certain representatives of the Notodontidae family are worth mentioning (‘Mimbim’ in Ngongo and ‘Mipepepe’ in Mbala), including Pieridae (*Catopsilia florella*), Psychidae (*Eumeta* sp.), and Lymantriidae (‘Mipepi’ in Mbala and ‘Mibangubangu’ in Ngongo). Their low representation is explained by their larval development, which takes place in very localised and specific biotopes, as well as lower harvesting abundance, and being primarily consumed by children (Malaisse, 1997; Mignon, 2002; Roulon-Doko, 1998).

Tableau 1. Number of caterpillars identified by age, sex and ethnic group¹

| Variables | Mean ± Standard deviation | Statistical analysis | P |
|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|
| Age group | | t(210)=1.421 | 0.157 |
| Under 40 years | 42 ± 6 | | |
| Greater than or equal to 40 years | 41 ± 7 | | |
| Sex | | t(210)=2.367 | 0.019 |
| Male | 41 ± 6 | | |
| Female | 43 ± 6 | | |
| Ethnic groupe | | F _{3,208} =9.325 | 0.001 |
| Mbala | 43 ± 6a | | |
| Ngongo | 43 ± 6a | | |
| Suku | 43 ± 5a | | |
| Yansi | 38 ± 6b | | |

¹The letter ‘a’ in the rows indicates a non-significant difference between the three groups. The letter ‘b’ indicates the significant difference for the number of caterpillars cited by the Yansi ethnic group.

Among the interviewees in the Masi-Manimba territory, women and the Mbala, Ngongo and Suku ethnic groups identified more caterpillars that are consumed (Table 1). This greater knowledge of women might be explained by the fact that caterpillar harvesting is culturally a female activity in Kwilu Province (Muyay, 1981). The Yansi group identified fewer caterpillars compared to the other ethnic groups, which was also observed by Muyay (33 species). This difference is explained by the ethnic areas of exploitation. The Yansi group prefer to exploit forests, whereas the other three

ethnic groups exploit both forests and savannahs, the vegetation of which accommodates a higher diversity of caterpillars (Administration du Territoire, 2020; MAPED, 2009).

Availability of caterpillars

Most respondents considered that the caterpillar harvest is currently very fragile throughout the territory. Only 22% of caterpillar species are considered relatively available, whereas 59% are considered rare and 19% almost extinct. Out of the potential causes for the decline in caterpillar abundance, respondents identified the practice of slash and-burn agriculture, exacerbated by poverty, felling of trees during harvesting or logging, bush fires, failure to comply with prohibitions or restrictions (*e.g.* harvesting young caterpillars is prohibited, only the last larval stage is allowed to be harvested and no one may cut the caterpillar host plant down), and global warming.

The abandonment of fallow land in the practice of slash and-burn agriculture, as a result of declining land availability and increasing human population size, is degrading the environment and causing deforestation (Bahuchet and Betsch, 2012; Demaze and Manusset, 2008; FAO, 2016; Lunga, 2017). In particular, the disappearance of host trees is associated with a long-term gradual decline in caterpillars, especially those that only inhabit specific host plants (Ashton and Hall, 2011; Asseng, 2008; Lunga, 2017; N'Gasse, 2003; Vantomme *et al.*, 2004). Indirectly, deforestation may alter local micro-climates in the short run, and contribute to climate changes in the long run, both of which could disrupt the insect lifecycles (Vantomme *et al.*, 2004). The FAO (2016) also suggest that climate change is impacting caterpillars, due to variation in temperature and precipitation. However, estimating this impact is difficult. Leleup and Daems (1969) and Lunga (2017) also identified burning the savannah at inappropriate times, thus destroying eggs and chrysalises, as contributors to caterpillar decline, as is the case of *Platylishes moritili*. Ancestral practices that protected natural resources are now abandoned, in place of modern practices, pressure of population and Christianity, which very early on questioned traditional values (Kyale and Maindo, 2017).

Yet caterpillars, like all insects, are part of the food chain of several birds and other small animals which are hunted for bushmeat. Thus, their reduced availability also affects the stocks of their predators. The resulting loss of biodiversity directly affects

food supplies and livelihoods for local people as well as the fructification potential of plant species by reducing their pollination (Vantomme *et al.*, 2004).

All respondents agreed that the decline in caterpillar production is greater in the northern sectors (i.e. Kitoy, Mokamo, Masi-Manimba, and Mosango), which have a higher percentage of rare and extinct species compared to the southern sectors (i.e. Kinzenzengo, Kinzenga, and Bindungi) (Figure 6). Respondents considered Kinzenzengo to have the highest caterpillar diversity, due to the population's respect for prohibitions and rich forest galleries (forests along the rivers), despite the decline in abundance. For example, *A. panda* and *E. lactea* caterpillars could still be harvested in this territory, but have disappeared completely elsewhere (MAPED, 2009). Although there is a lack of detailed analysis on the decline in caterpillar production, several studies have confirmed that there has been a reduction in caterpillar populations in Central Africa, and specifically in some provinces of the DRC. Eighteen species of caterpillars are now considered extinct, and three endangered, in Kwango Province (Leleup and Daems, 1969; Lisingo, 2010; Lunga, 2017; Van Huis *et al.*, 2014). Faced with this threat, the FAO is encouraging the rearing of insects, including caterpillars, to ensure their sustainability. However, this initiative requires in-depth knowledge of their biology and ecology (Van Huis *et al.*, 2014).

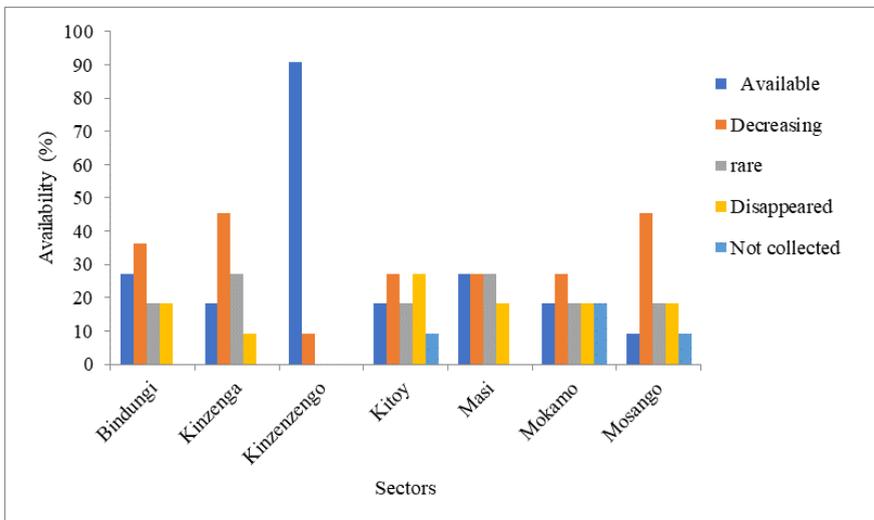


Figure 6. Availability of popular caterpillars consumed by sector in Masi-Manimba territory

Two caterpillar species, *C. forda* and *H. nigrolineata*, are particularly collected in the Bindungi, Kinzenga, and Kinzenzengo areas (Figure 6). This is because the environment in these areas is dominated by savannah (both woodland and shrubland), which is the preferred habitat of these species (CAID, 2016).

Preference of caterpillars for consumption

All respondents identified themselves as regular consumers of one or more caterpillar species. Respondents indicated that 91% of identified caterpillars were preferred, of which over 64% were highly valued, including *I. epimethea*, *C. forda*, *E. lactea*, *A. catocaloides*, *I. truncata* (Figure 7) and also *Imbrasia ertli*. These species were the most popular caterpillars in the region. Caterpillars constituted a delicate and refined dish for the population, providing gustatory pleasure, supporting the findings of Malaisse *et al.* (2016). The consumption of caterpillars is part of the cultural heritage of the region, being traditional foods (Leleup and Daems, 1969; Malaisse, 1997).

The taste advantages of preferred caterpillars (Figure 7) are attributed to the fats that they contain and the advantage of having a thinner cuticle and less crunchiness in the mouth (Ande and Fazoranti, 1998; Malaisse, 1997; Mignon, 2002). Respondents also noted the low value of *C. caenis* because of its bitter taste, supporting Balinga *et al.* (2004) and Muyay (1981) (Figure 7). This species is consumed because other sources of protein are not available at the beginning of every season, in addition to it having alleged therapeutic value (Muyay, 1981).

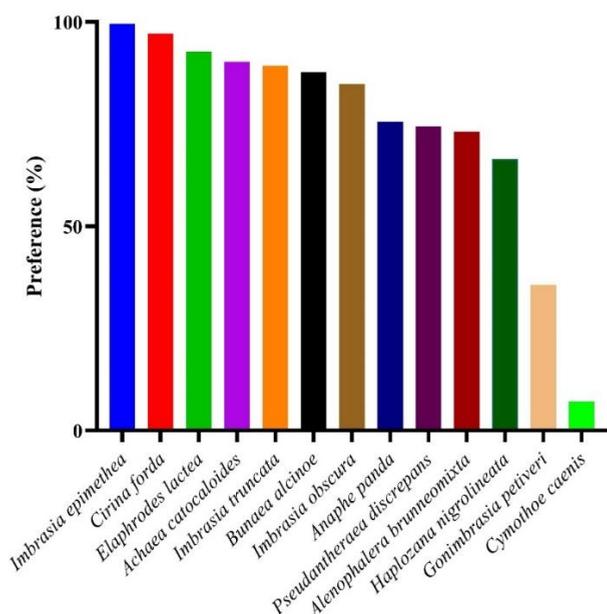


Figure 7. Preference of the most popular caterpillars in the Masi-Manimba territory

The appearance of certain caterpillars, e.g. *I. epimethea* and *C. forda*, makes them more attractive. These two species are highly valued in most sub-Saharan African countries (Mabossy *et al.*, 2016b). Respondents indicated that the lack of gut contents in *I. epimethea* and other late-stage *Imbrasia* species makes them tastier. However, before cooking the younger ones, the gut must be removed, because it may contain toxic substances from the host plant, as for example with the Euphorbiaceae, that alter their taste (Lautenschläger *et al.*, 2017a; Malaisse, 1997). Thus, studies investigating the interactions of caterpillars and their food plants would be interesting to document. Respondents identified *I. obscura* as having an intermediate position for taste and value because of its spines, which frighten some consumers; though it is widely consumed in other African countries (Bocquet *et al.*, 2020; Mabossy *et al.*, 2018).

The most preferred caterpillar species in Haut-Katanga Province (DRC) is *E. lactea*. Its chrysalises are appreciated because of the absence of gut contents, giving it a pleasant taste, and offering consumers exceptional eating quality (Bomolo *et al.*, 2019; Malaisse, 1997). *Anaphe* caterpillars, especially *A. panda*, are a local delicacy in West African countries (Kebede *et al.*, 2014).

3.2.3.5. Ecological characteristics of edible caterpillars

Throughout the territory, caterpillars were identified by respondents as inhabiting forests (46%) or multiple habitats, including forests (35%) and savannah (19%). The most popular caterpillars primarily inhabited forests (81.8%). Principal component analysis was used to construct three groups of habitats (Figure 8).

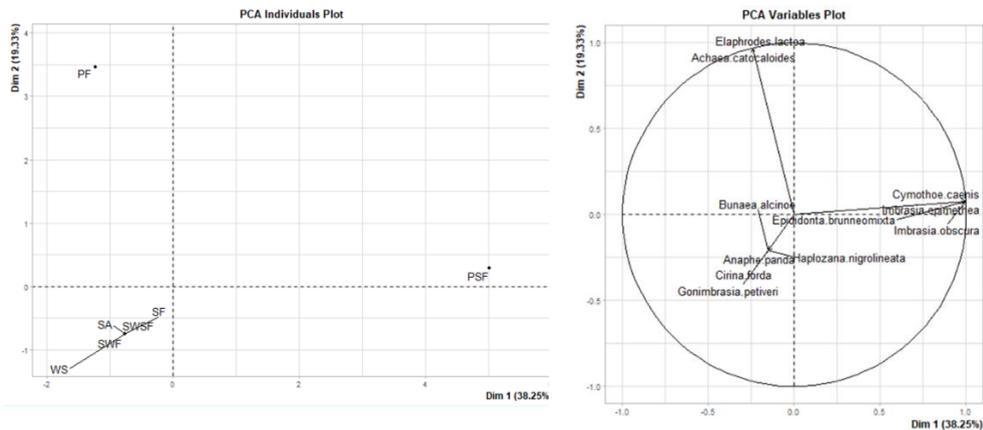


Figure 8. Principal component analysis of species by habitat. PF = primary forest; PSF = primary and secondary forests; SA = arboreal savannah; SF = secondary forest; SWF = swamp forest; SWSF = swamp and secondary forests; WS = wooded savannah

PCA helps to establish the relationship between caterpillars and their habitats. It shows the preferred habitats of caterpillars in the research region. The first dimension explains 38% of the total variable and is positively correlated with the habitats “primary and secondary forests”. It explains that the majority of caterpillars (36.4%), in particular, *C. caenis*, *A. brunneomixta*, whose updated name is *Alenophalera brunneomixta* (Mabille, 1898), *I. epimethea* and *I. obscura* can be collected in both primary and secondary forests. The second dimension describes the relationship between the caterpillars *A. catocaloides* and *E. lactea* which are mainly found in primary forest. Then the third concerns habitats that shelter fewer species of caterpillars, each being represented by one species (e.g. secondary forest, marsh, secondary forest, shrub savanna [arboreal savanna] and wooded savanna). Overall, forests are the preferred habitats of caterpillars in the Masi-Manimba territory.

This preference of caterpillars for forests as habitats is explained by the polyphagy of most species consumed in this area, requiring a diversity of forest plants for their

diet (Bocquet *et al.*, 2020; Latham, 2016; Lisingo *et al.*, 2010; Muyay, 1981). As identified by Emberger *et al.* (2013), the faunal richness of forests is evidence of an incredible floristic richness.

3.2.3.6. Period of appearance of edible caterpillars

Almost all caterpillars in the Masi-Manimba territory were harvested during the rainy season (Table 2). All respondents agreed that the caterpillar harvest is abundant between November and January, except for *C. forda*, which has the highest abundance in August. These results were consistent with those of Balinga *et al.* (2004), Lunga (2017) and Muyay (1981), who indicate the same period of relative caterpillar abundance in the provinces of Grand Bandundu (i.e. Kwango, Kwilu and Mai-Ndombe) in the west of the DRC.

This phenomenon is attributed to caterpillars being dependent on fast-growing host plants (Muvundja *et al.*, 2013; Van Huis, 2003). In contrast, early burning (June) causes the regrowth of young leaves that facilitate the development of the last larval stages of *C. forda* (Adriaems, 1951; Muvundja *et al.*, 2013), which is harvested towards the end of the dry season.

Tableau 2. Period ¹ of appearance of caterpillars consumed in the Masi-Manimba territory

| Species | Months | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | Aug | Sept | Oct | Nov | Dec | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | |
| <i>Achaea catocaloides</i> | | | | x | x | | | x | x | x | x | |
| <i>Alenophalera</i> | | | | x | x | x | | | | | | |
| <i>Brunneomixta</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Anaphe panda</i> | | | | x | x | x | x | | | | | |
| <i>Bunaea alcinoe</i> | | | | x | x | x | x | | | | | |
| <i>Cirina forda</i> | x | | | | | | | | | | | |
| <i>Cymothoe caenis</i> | | x | x | x | | | | | | x | x | |
| <i>Elaphrodes lactea</i> | | | | | x | x | | | | | | |
| <i>Gonimbrasia petiveri</i> | | x | x | x | x | x | x | | | | | |
| <i>Haplozana nigrolineata</i> | | | | | x | x | x | | | | | |
| <i>Imbrasia epimethea</i> | x | x | x | x | x | x | x | | x | x | x | |
| <i>Imbrasia obscura</i> | x | | | x | x | x | | | | | | |
| <i>Imbrasia truncata</i> | | | | | x | x | | | | | | |
| <i>Ppseudantheraea disrepans</i> | | | | | x | x | | | | | | |

¹Au: August; Se: September; Oc: October; No: November; De: December; Ja: January; Fe: February; Ma: March; Ap: April; My: May; Ju: June; Jl: July

The availability of caterpillars varies within each country depending on local climatic conditions (Vantomme *et al.*, 2004). Due to staggered rainfall in the DRC, the period of caterpillar abundance in the Kasai region occurs between June and September, whereas in the Equateur region, where rainfall is relatively constant throughout the year, the peak period occurs from June of the previous year to March of the following year (Balinga *et al.*, 2004; Omasombo *et al.*, 2016). It is interesting to note that the availability of caterpillars in an ecosystem is a function of the availability of their host plants.

This variation is also very important for *C. forda*, which is harvested from March to May in Katanga (Malaisse, 1997), November to January in central Congo (Latham, 2016), July to September in Cameroon (Ngute *et al.*, 2019), and October to November in Zimbabwe (Dube *et al.*, 2013).

Despite this variation according to the geographical area of the region, the climatic conditions for the development of this species remains the same (i.e. low sunshine, temperatures of 22-27 °C, and a relative air humidity of 80-100%) (Ande and Fazoranti, 1998).

3.2.4. Conclusions

Sustainable management of edible caterpillars requires prior knowledge of their diversity and importance for the local population. The research assumes that the phytogeographic position of western DRC in the Guinean-Zambézian regional transition zone of endemism favors its entomological diversity. She also predicts that these caterpillars will become rare. The results show that caterpillars are an important part of the traditional diet of the people in the Masi-Manimba territory, where the diet is very low in protein. Eighty-two taxa were listed by the four main ethnic groups (Mbala, Ngongo, Suku, and Yansi), from which 63 species were scientifically confirmed. These caterpillar species, mainly from forests, were dominated by Saturniidae, followed by Notodontidae and Sphingidae. The genus *Imbrasia* was the most represented in the territory. Caterpillars are considered a tasty food in Masi-Manimba territory, with the vast majority being considered very tasty, particularly *C. forda*. However, only 22% of the caterpillars are still available, with *A. panda* and *E. lactea* having become increasingly rare. The supply area of the caterpillars in the territory being the Kinzenzengo sector. The harvest of caterpillars is abundant during

the rainy season. Respondents considered that this gradual disappearance of caterpillars is mainly caused by slash-and-burn agriculture, deforestation, felling of host trees during caterpillar harvesting, and noncompliance with prohibitions. The human populations in the Masi-Manimba have a traditional ecological entomological knowledge, recognising the caterpillars that they eat, and name them in their dialects based on the plant on which the caterpillars feed and/or their morphological characteristics. Women have the best knowledge of caterpillars. Finally, there is need for research on the biology of edible caterpillars and associated food plants to develop sustainable cultivation through domestication to ensure a continuous supply.

3.3. Les chenilles comestibles d'Idiofa

Cette section présente les résultats complémentaires sur les enquêtes réalisées dans le territoire d'Idiofa, la deuxième zone investiguée au cours de l'étude.

3.3.1. Matériels et méthodes

3.3.1.1. Présentation du territoire d'Idiofa (Province du Kwilu)

Avec une population estimée à 3 110 234 habitants en 2020 et une densité de 107,3 habitants/km² sur une superficie de 20 000 km², Idiofa est le plus grand et le plus peuplé des territoires de la province du Kwilu, située à l'Ouest de la RDC. Il est organisé en 12 secteurs et abrite plusieurs ethnies, notamment les Mbuun, Pende, Ding, Lori (ou Lwel), Ngoli, Wongo, Lele et Nzadi (Administration du territoire, 2021). La langue nationale parlée est le Kikongo. Le climat tropical humide de type AW (savane avec hiver sec) se caractérise par deux saisons de pluie distinctes et des nuits relativement fraîches. Le territoire est situé entre 4°57' de latitude sud et 19°35' de longitude est, à une altitude variant de 700 à 800 m au-dessus du niveau de la mer.

Idiofa est traversé par plusieurs rivières, dont la Kamtsha, la Lubwe et la Kasai, particulièrement riche en poisson. Les sols sont généralement sablo-argileux. En termes de couvert forestier, Idiofa et Bagata se distinguent par de vastes forêts. En se déplaçant du nord au sud, le paysage évolue de la forêt vers la savane. Au nord, on trouve des secteurs forestiers tels que Bulwem, Mateko et Sedzo, notamment le long de la rivière Kasai, qui marque la frontière avec le territoire d'Oshwe, tandis que le sud est dominé par des savanes en direction de Gungu (Administration du territoire, 2021).

L'agriculture artisanale prédomine dans le territoire, avec des cultures principales comme le manioc, le maïs, l'arachide, le millet, le soja et la courge. Les produits non agricoles incluent des chenilles, des champignons, des fougères, le « mikungu » (*Megaphrynium macrostachyum* (K.Schum.) Milne-Redh), le « bandindi » et le « fumbwa » (*Gnetum africanum* Welw.). Environ 20 % de la population pratique l'élevage (volaille, caprin, porc, ovin et bovin). Enclavé à 861 km de Kinshasa, le territoire souffre d'un mauvais entretien des routes (Administration du territoire d'Idiofa, 2021). Le secteur Sedzo, d'un intérêt particulier, est couvert de denses forêts humides, riches en essences et faunes typiques de la forêt équatoriale.

3.1.2. Enquêtes ethnoentomologiques

Un questionnaire d'enquête (Annexe 1) à 180 personnes appartenant aux deux principales ethnies (e.i. Ding et Lwel ou Lorri, n = 90) et trois secteurs forestiers (e.i. Bulwem, Mateko et Sedzo, n = 60). La sélection des six villages s'est faite en fonction de leur abondance et la diversité de chenilles, telle que reconnue par les autorités locales. Les informations ont été récoltées durant deux années, de 2020 à 2022. Les entretiens ont porté sur les noms vernaculaires des chenilles consommées, leurs habitats, la phénologie, la disponibilité, la valeur organoleptique.

3.1.3. Récolte et identification des chenilles

Les chenilles ont été récoltées et photographiées à l'occasion des visites de prospections dans les villages ciblés du territoire d'Idiofa. Les chenilles ont été conservées dans l'éthanol (à 70%) pour leur identification selon la clé de détermination actualisée de Mabossy-Mobouna *et al.* (2022a) et de l'ouvrage de Latham *et al.* (2024).

3.3.2. Résultats et discussions

3.3.2.1. Diversité des chenilles

Une liste de 67 ethno-espèces (ce terme recouvre les espèces identifiées localement par un nom vernaculaire spécifique) a été répertoriée dans la région d'Idiofa. Comme observé pour la région de Masi-Manimba (Madamo *et al.*, 2023), le système traditionnel d'identification se repose principalement sur la plante-hôte (par

exemple, *Imbrasia epimethea*, connue sous le nom de Mitôo en langue Ding, ou les chenilles de l'arbre Lotôo, *Petersianthus macrocarpus*), ainsi que sur les caractères morphologiques des chenilles (comme *Imbrasia truncata* (Aurivillius, 1904), nommée *Minkang* en Ding, qui désigne les chenilles de *I. epimethea* qui ressemblent à des à des pentades). De plus, de grosses chenilles vertes appartenant à différents genres, tels qu'*Athletes*, *Aurivillius*, *Lobobunaea*, *Pseudobunaea* et *Pseudimbrasia*, partagent le même nom : Nkaba en langue Ding et Nkab en langue lorri. De même, toutes les chenilles des Sphingidae sont appelées K'simpil en Ding ou K'furbwal en Lorri. Cette uniformité des noms complique l'identification scientifique, comme le soulignent certains auteurs (Mabossy-Mobouna *et al.*, 2022a ; Nsevolo *et al.*, 2023b).

Parmi ces chenilles, 51 espèces ont été identifiées, dont cinq au niveau de la famille, dix au niveau du genre et 36 au niveau de l'espèce (Tableau 4. S2). Les chenilles appartiennent à huit familles, les plus représentées étant les Saturniidae (39 %), les Sphingidae (24 %), les Notodontidae (16 %) et les Erebidae (8 %). Les Hesperidae, Noctuidae et Psychidae sont chacune représentées par deux espèces, tandis que les Nymphalidae comptent une seule espèce. Contrairement au territoire de Masi-Manimba, aucune espèce de Geometriidae ou de Lymantriidae n'a été enregistrée, probablement en raison de leur faible importance alimentaire (Madamo *et al.*, 2023). De plus, la faible représentation des chenilles de Notodontidae pourrait être attribuée à la méconnaissance des espèces *Haplozana nigrolineata* et « Dumbala » comme comestibles. La famille des Saturniidae reste la plus importante famille comme souligné dans le territoire de Masi-Manimba et dans les nombreuses zones d'Afrique (Mabossy-Mobouna *et al.*, 2022 ; Madamo *et al.*, 2023 ; Nsevolo *et al.*, 2023). Il est à noter que de nombreuses Saturniidae figurant sur la liste de Masi-Manimba (*e.g. I. ertli*, *Gonimbrasia anthinoides* (Rougeot, 1978), *G. rhodophila* (Walker, 1869), *Gonimbrasia* sp., *Micragone* (Walker, 1855) sont méconnues par la population d'Idiofa (Tableau 4. S2), étant donné qu'elles sont savanicoles alors que les villages ciblés d'Idiofa sont forestiers (CAID, 2016). De plus, l'importance alimentaire de ces espèces est limitée dans le territoire de Masi-Manimba.

3.3.2.2. Autres caractéristiques des chenilles sur le territoire d'Idiofa

Les répondants d'Idiofa estiment que près de 14 espèces (27%) (Tableau Supplémentaire S2) sont encore relativement abondantes, les plus remarquables étant *Pseudantheraea discrepans* (Butler, 1878), *I. truncata*, *I. epimethea* et *Imbrasia obscura* (Butler, 1878). La dissémination importante de ces chenilles serait sans doute liée à l'occurrence de massifs forestiers qui caractérisent la zone d'étude, située le

long de la rivière Kasai et à la frontière de la province du Mai-Ndombe (*e.i.* domaine des forêts denses). (CAID, 2016 ; JICA, 2018). Par ailleurs, ces répondants considèrent que 92% des chenilles sont appréciées et près de 61% sont les plus délicieuses, comme déjà indiqué pour la population de Masi-Manimba.

Cependant, les répondants reconnaissent que la zone est menacée par une forte exploitation forestière, en plus de l'agriculture itinérante sur brûlis et des abattages d'arbres pour des besoins divers pour la survie. Ces pratiques induisent la déforestation et par conséquent la rareté des chenilles, comme c'est le cas d'*Anaphe panda* (Boisduval, 1847) et *Elaphrodes lactea* (Gaede, 1932), *Epidonta* sp. (Ndindial en Lorri ou Nsunsul en Nding), comme déjà signalé pour Masi-Manimba et d'autres zones (Lunga, 2017 ; Madamo *et al.*, 2023).

3.3.3. Conclusion

Les chenilles sont préférées par la population d'Idiofa, aussi bien que celle de Masi-Manimba. Elles appartiennent principalement aux Saturniidae et sont pour la plupart forestières. Cependant, trop peu sont disponibles et certaines disparaissent progressivement. Des inventaires plus élargis et des études biologiques permettraient leur bonne gestion.

Tableau 3 S1. Caterpillars consumed in the Masi-Manimba territory

| Family | % Family | Genus | % Genus | Species | Fq. citation (%) | Availability | Vernacular names | | | |
|--------------|----------|--|---------|--|------------------|--------------|---------------------------------|---|----------------------------------|--|
| | | | | | | | Mbala | Ngongo | Suku | Yansi |
| Erebidae | 6 | <i>Achaea</i> Hübner 1823 | 3 | <i>Achaea catocaloides</i> Guinée 1852 | 97 | +++ | Mimbimbi | Mimbim | Mingingi | Mimbim |
| | | | | Not identified | 88 | +++ | Magulupeta ; Mimvuta | Makwapeta ; Mawakasa ; Mimbim misek | Mawalakasa ; Mingota | Benvir ; Mimpiere |
| | | Not identified | 3 | Not identified | 71 | +++ | Mimbimbi | Mimbim | Mingingi miemushitu | Mimbim |
| Geometridae | 2 | <i>Scopula</i> Schrank 1802 | 2 | Not identified | 56 | ++ | Mipepi | Bitom | - | Mintomb ; Bentomb |
| Hesperiidae | 3 | <i>Coeliades</i> Hübner 1818 | 2 | <i>Coeliades libeon</i> (Druce 1875) | 80 | +++ | Dunzengeledi | Mikkak ; Minzengelele | Bimwangu | Muntakoni ; Miamgway |
| | | <i>Platylesches</i> Holland 1896 | 2 | <i>Platylesches moritili</i> (Wallengren 1857) | 52 | - | Magia ; Makia | Bitshia ; Bikiakia | - | Minzeng ; Mikak ; Mikaw ; Milec |
| Lymantriidae | 2 | Not identified | 2 | Not identified | 37 | ++ | Mipepi | Mibanggang ; Mibanbang | Mibangubangu | - |
| Noctuidae | 3 | <i>Aegocera</i> Latreille 1809 | 2 | <i>Aegocera rectilinea</i> Boisduval 1836 | 58 | ++ | Dugombila | Minzanzuk ; Bigomwaw ; Mikowang | Mikombodila ; Dinama | Mporambwa ; Mporambwa |
| | | <i>Nyodes</i> Laporte 1970 | 2 | <i>Nyodes vitanvali</i> Laporte 1970 | 65 | ++ | Dasamba | Migigoth | Bitewatekwa | Minkiong ; Minswe ; Mikwer |
| Notodontidae | 19 | <i>Anaphe</i> Walker 1855 | 2 | <i>Anaphe panda</i> (Boisduval 1847) | 97 | - | Mafugungu | Ma(Mi)ufugung ; Misiseng | Mi(Bi)ufukwang a ; Matesha | Mifung ; Mifuu |
| | | <i>Elaphrodes</i> Bethume-Baker 1909 | 2 | <i>Elaphrodes lactea</i> (Gaede 1932) | 98 | - | Mikogu | Mokok | Mikoko | Minkong |
| | | <i>Epidonta</i> Bethume-Baker 1911 | 8 | Not identified 1. | 97 | +++ | Mindanda | Mindan | Mindanda | Mindaan |
| | | | | Not identified 2. | 92 | +++ | Angilu | Mingilu ; Ngil | Ngilu | Ngil |
| | | | | Not identified 3. | 85 | - | Igegi | Bikek ; Bigeg | Bikeki | Bekek |
| | | | | Not identified 4. | 89 | ++ | Mimbishifulu | Mimbishifulu ; Mimbisiful | Mingisifutu | Mimbakob ; Misir ; Mimbishifulu |
| | | <i>Haplozana</i> Aurivillius 1901 | 2 | <i>Haplozana nigrolineata</i> Aurivillius 1901 | 83 | +++ | Mimboti | Mingutu | Mazusu | Mimiyamiy ; Mimeyameya |
| | | <i>Phalera</i> (Hübner 1819) | 2 | Not identified | 65 | ++ | Mikusula | Mikusula | Mikuswala | Mikusula |
| | | Not identified | 5 | Not identified | 63 | ++ | Dasamba | Migigoth | Bitewatekwa miemushidu | Minkiong ; Minswe ; Mikwer |
| | | | | Not identified | 29 | - | Dumbala ; Danzunganzung u | Minzanzuk | Bikuwala | Minzok ; Minter |
| | | | | Not identified | 14 | - | Mipepepe | - | - | - |
| Nymphalidae | 2 | <i>Cymothoe</i> Hübner 1819 | 2 | <i>Cymothoe caenis</i> (Drury 1773) | 100 | +++ | Mibamba | Mibamb | Mibamba | Mibaam |
| Pieridae | 2 | <i>Catopsilia</i> Hübner 1819 | 2 | <i>Catopsilia florella</i> (Fabricius 1775) | 24 | - | Mingongolumb wa | Mingonopik ; Mingongolambwa | Mabandi ; Matsambitsambi | - |
| Psychidae | 3 | <i>Eumeta</i> Walker 1855 | 3 | <i>Eumeta cervina</i> Druce 1887 | 67 | ++ | Ikutapaga | Bipak | Kitok | Kimpiaw |
| | | | | Not identified | 35 | - | Ikutapaga | Bipak | Kitok | Kimpiaw |
| Saturniidae | 40 | <i>Aurivillius</i> Packard 1902 | 2 | <i>Aurivillius triramis</i> Rothschild 1907 | 66 | ++ | Gombu di kipela | Makom | Kombu | Mankom ; Mpwokab ; Nkukab |
| | | <i>Bunae</i> Hübner 1819 | 2 | <i>Bunae alcinoe</i> Stoll 1780 | 89 | ++ | Mahambi ; Mapambi | Mikiekubol | - | Mikiakabol ; Mikiebol ; Minkiebol |
| | | <i>Bunaopsis</i> Bouvier 1927 | 2 | <i>Bunaopsis aurantiaca</i> (Rothschild 1895) | 55 | - | Malengilengi ; Malengalenga | Mileleng | Bikalu green | Mik ; Milec |
| | | <i>Cirina</i> Walker 1855 | 2 | <i>Cirina forda</i> (Westwood 1849) | 100 | +++ | Angolu ; Mangolu | Mingol | Tshata ; Mahangu ; Mingolo | Mingwel |
| | | <i>Epiphora</i> Wallengren 1860 | 3 | <i>Epiphora ploetzi</i> (Weyner 1880) | 53 | ++ | Minganga | Mingang | Misumbiala | Mingang ; Misel |
| | | <i>Epiphora vacuna</i> (Westwood 1849) | 57 | ++ | Minganga | Mingang | Misumbiala | Mingang | | |

| | | | | | | | | | |
|--|--|--|---|-----|-----|--------------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------------------|
| | | | <i>Gonimbrasia anthinoides</i> (Rougeot 1978) | 74 | ++ | - | - | Mitundulu | Mituum |
| | | | <i>Gonimbrasia petiveri</i> Guénin-Ménéville 1845 | 86 | ++ | Matubula | Matuben | Misumbiela | Miyil ; Miyiyil |
| | | | <i>Gonimbrasia rhodophila</i> 1869 | 53 | - | - | - | Misulu | - |
| | | | Not identified | 74 | ++ | - | - | Mitundulu mimushidu | Mituum |
| | | | <i>Imbrasia epimethea</i> (Drury 1773) | 100 | +++ | Misa | Misa | Misati | Misa |
| | | | <i>Imbrasia ertli</i> Rebel 1904 | 47 | +++ | Mafumbi | Mafumbi ; Misa masek | Mambanda | Misa manshok |
| | | | <i>Imbrasia obscura</i> (Butler 1878) | 100 | +++ | Makangu | Makang | Bikalu | Miway ; Miwey |
| | | | Not identified 1. | 59 | ++ | Makangu | Mikiel | Bikalu | Minkie |
| | | | Not identified 2. | 79 | ++ | Mambambi | Makakang ; Makikang | Matakanga | Misa minkaa |
| | | | Not identified 3. | 70 | +++ | Masongololo | Mitshong ; Misitshong | Mitshong ; Mitsibongshong | Minswo ; Miwur ; Misongol |
| | | | Not identified 4. | 49 | ++ | Misa | Misa | Misati | Mimiclor |
| | | | <i>Lobobunaea acetes</i> (Westwood 1849) | 67 | ++ | Gombu di kipela | Makom | Kombu | Mankom ; Mpwokab ; Nkukab |
| | | | <i>Lobobunaea phaedusa</i> (Drury 1780) | 67 | ++ | Gombu di kipela | Makom | Kombu | Mankom ; Mpwokab ; Nkukab |
| | | | <i>Lobobunaea rosea</i> (Sonthonnax 1901) | 60 | ++ | Gombu | Makom | Kombu | Mankom ; Mpwokab ; Nkukab |
| | | | Not identified | 66 | ++ | Gombu di kipela | Makom | Kombu | Mankom ; Mizwom |
| | | | Not identified | 60 | +++ | Masombu ; Ibulamgushi | Mafumbi ; Misa masek | - | Mitufeth ; Misanshok |
| | | | <i>Nudaurelia rectilineata</i> Sonthonnax 1899 | 64 | ++ | Makengilengi ; Malengalenga | Milileng | Bikalu red | Milé ; Milce |
| | | | <i>Pseudobunaea pallens</i> (Sonthonnax 1858) | 67 | ++ | Gombu di kipela | Makom | Kombu | Mankom ; Mpwokab ; Nkukab |
| | | | <i>Pseudimbrasia devrollei</i> (Thompson 1858) | 67 | ++ | Gombu di kipela | Makom | Kombu | Mankom ; Mpwokab ; Nkukab |
| | | | <i>Acherontia Laspeyres</i> 1809 | 2 | ++ | Gidishi ; Igishi | Bidiss | Mitshio na | Kesayong |
| | | | <i>Agrilus Hübner</i> 1819 | 2 | ++ | Gidishi ; Igishi | Bidiss | Mitshio na | Kesayong ; Kidiyong |
| | | | <i>Daphnis Hübner</i> 1819 | 3 | ++ | Gidishi ; Igishi | Bidiss | Mitshio na | Kesayong ; Kidiyong |
| | | | <i>Hippotion Hübner</i> 1819 | 3 | ++ | Gidishi ; Igishi | Bidiss | Mitshio na | Kesayong ; Kidiyong |
| | | | <i>Hypaedalea Butler</i> 1877 | 2 | ++ | Gidishi ; Igishi | Bidiss | Mitwak imbunda | Kesayong ; Kidiyong |
| | | | <i>Lophostethus Butler</i> 1856 | 2 | ++ | Minganga | Mingang | Misumb iala | Mingang |
| | | | <i>Platysphinx Rothschild and Jordan</i> 1903 | 2 | ++ | Gidishi ; Igishi green | Bidiss | Mitshio na | Kesayong ; Kidiyong |
| | | | Not identified | 48 | ++ | Gidishi ; Igishi green | Bidiss | Mitshio na | Minsoyi ; Minsweyi |
| | | | Not identified | 63 | ++ | Gidishi ; Igishi | Bidiss | Mitshio na | Kesayong |
| | | | Not identified | 52 | ++ | Gidishi ; Igishi | Bidiss | Mitshio na | Kesayong |

Tableau 4. S2. Chenilles consommées dans le territoire d'Idiofa¹

| Familles | % | Espèces | FC | Disponibilité | Préférence | Phénologie | Noms vernaculaires | |
|--------------|------|--|----|---------------|------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|
| | | | | | | | Ding | Lwel (Lorri) |
| Erebidae | 7,8 | <i>Achaea catocaloides</i> (Guinée, 1852) | 95 | +++ | 93 | Saison des pluies | Mimbim ; Miyabi | Miyabi |
| | | <i>Achaea</i> sp. | 30 | - | 27 | - | Mimbim ; Miyabi | Miyabi nsiel |
| | | Non identifiée 1 | 68 | +++ | 73 | Saison des pluies | Mimbim ; Miyabi | Miyabi |
| | | Non identifiée 2 | 75 | ++ | 85 | Saison des pluies | Mimbim ; Miyabi | Miyabi ya bwala |
| Hesperidae | 2 | <i>Coeliades libeon</i> (Druce, 1875) | 42 | - | 25 | Toutes saisons | - | Mimi-man ; Mimimban ; Mimi-mien |
| | | <i>Platylesches moritili</i> (Wallengren, 1857) | 24 | - | 12 | Saison des pluies | - | Mibwalnkay |
| Noctuidae | 3,9 | <i>Aegocera rectilinea</i> (Boisduval, 1836) | 72 | ++ | 73 | Saison des pluies | Mpamwa | Mpwarmwe ; Mpwarmvé |
| | | <i>Nyodes vitanvali</i> (Laporte, 1970) | 63 | ++ | 75 | Saison des pluies | Nsunsul | Ndindial ; Mililier |
| Notodontidae | 15,7 | <i>Anaphe panda</i> (Boisduval 1847) | 89 | - | 73 | Saison des pluies | - | Mimfu |
| | | <i>Elaphrodes lactea</i> (Gaede, 1932) | 90 | - | 94 | Saison des pluies | Mbang | Nkok ; Mbang |
| | | <i>Alenophalera brunneomixta</i> (Mabille, 1898) | 98 | +++ | 75 | Saison des pluies | M'lwar ; Mimpem | Mimpipiy ; Mimping ; Mimpiy |
| | | <i>Epidonta</i> sp.1. | 98 | +++ | 75 | Saison des pluies | Nsunsul | Ndindial ; Mililier |
| | | <i>Epidonta</i> sp.2. | 81 | +++ | 75 | Saison des pluies | Nsunsul | Ndindial |
| | | <i>Epidonta</i> sp.3. | 85 | +++ | 75 | Saison des pluies | Nsunsul | Ndindial |
| | | <i>Epidonta</i> sp.4. | 80 | ++ | 65 | Saison des pluies | Nsunsul | Ndindial |

| | | | | | | | | |
|-------------|------|--|-----|------|----|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| | | Phalera sp. | 74 | ++ | 69 | Saison des pluies | Nsunsul | Ndindial |
| Nymphalidae | 2 | <i>Cymothoe caenis</i> (Drury, 1773) | 100 | +++ | 15 | Saison de sèche | Mimbam | Mimbam ; Mibul |
| Psychidae | 3,9 | <i>Eumeta cervina</i> (Druce, 1887) | 59 | ++ | 16 | Toutes saisons | Kibulzar | Kikiankun ; K'tiankun |
| | | <i>Eumeta</i> sp. | 31 | - | 12 | Toutes saisons | - | M'vum |
| | | <i>Athletes semialba</i> (Sonthonnax, 1904) | 57 | ++ | 69 | Saison des pluies | Nkaba | Nkab |
| | | <i>Aurivillius triramis</i> (Rothschild, 1907) | 61 | ++ | 69 | Toutes saions | Mangambwol ; Nkaba | Nkab ndwang |
| | | <i>Bunaea alcinoe</i> (Stoll, 1780) | 93 | +++ | 69 | Saison des pluies | Minkibol | Mikabwal ; Mikambolo |
| | | <i>Bunaeopsis aurantiaca</i> (Rothschild, 1895) | 42 | - | 25 | Petite saison sèche | Mapak | Minkial nsiel |
| | | <i>Cirina forda</i> (Westwood, 1849) | 100 | +++* | 93 | - | Mingolo | Mingolo |
| Saturniidae | 39,2 | <i>Epiphora ploetzi</i> (Weymer, 1880) | 67 | ++ | 68 | Saison des pluies | Mpumpung | Min'k mpung; Mingbimpung |
| | | <i>Epiphora vacuna</i> (Westwood, 1849) | 67 | ++ | 68 | Saison des pluies | Mpumpung | Ming'k mpung |
| | | <i>Gonimbrasia petiveri</i> (Guérin-Méneville, 1845) | 91 | +++ | 45 | Toutes saisons | Miyil; Michil | Mid'm |
| | | <i>Imbrasia epimethea</i> (Drury, 1773) | 100 | +++ | 98 | Toutes saisons | Mitôo; Misa | Mise; Mitwe |

| | | | | | | | |
|-------------|---|-----|------|----|---------------------|------------------------|------------------|
| | <i>Imbrasia obscura</i> (Butler, 1878) | 100 | +++ | 75 | Toutes saisons | Mapak; Maman; Nsangwal | Minkial; Minkiel |
| | <i>Imbrasia truncata</i> (Aurivillius, 1904) | 100 | ++++ | 95 | Saison sèche (fin) | Minkang; Minkwe | Mimfee |
| | Not identified 1. | 75 | ++ | 70 | Toutes saisons | Mapak | Mikial |
| | Not identified 2. | 85 | ++ | 98 | Toutes saisons | Mitôo | Mise |
| | <i>Lobobunaea acetes</i> (Westwood, 1849) | 65 | ++ | 69 | Toutes saisons | Nkaba | Nkab |
| | <i>Lobobunaea phaedusa</i> (Drury, 1782) | 65 | ++ | 68 | Toutes saisons | Nkaba | Nkab |
| | <i>Lobobunaea rosea</i> (Sonthonnax, 1901) | 62 | ++ | 69 | Toutes saisons | Nkaba | Nkab |
| | <i>Nudaurelia rectilineata</i> (Sonthonnax, 1899) | 35 | ++ | 21 | Petite saison sèche | Mapak | Minkial ntshe |
| Saturniidae | <i>Pseudantheraea discrepans</i> (Butler, 1878) | 100 | ++++ | 67 | Saison sèche | Mikeber | Minsong |
| | <i>Pseudobunaea pallens</i> (Sonthonnax, 1899) | 60 | ++ | 69 | Toutes saisons | Nkaba | Nkab |
| | <i>Pseudimbrasia devrollei</i> (Thompson, 1858) | 60 | ++ | 69 | Toutes saisons | Nkaba | Nkab |
| | <i>Acherontia atropos</i> (Linnaeus, 1758) green facies | 57 | ++ | 63 | Toutes saisons | K'simpil | K'furbwal |
| | <i>Agrius convolvuli</i> (Linnaeus, 1758) | 58 | ++ | 62 | Toutes saisons | K'simpil | K'furbwal |

| | | | | | | | | |
|------------|------|--|----|----|----|-------------------|----------|--------------|
| | | <i>Daphnis nerii</i> (Linnaeus, 1758) | 56 | ++ | 60 | Toutes saisons | K'simpil | K'furbwal |
| | | Not identified | 50 | ++ | 59 | Toutes saisons | K'simpil | K'furbwal |
| | | <i>Hippotion celerio</i> (Linnaeus, 1758) | 61 | ++ | 62 | Toutes saisons | K'simpil | K'furbwal |
| Sphingidae | 23,5 | <i>Hippotion osiris</i> (Dalman, 1823) | 58 | ++ | 62 | Toutes saisons | K'simpil | K'furbwal |
| | | <i>Hypaedalea ? butleri</i> (Rothschild, 1894) | 31 | ++ | 23 | Toutes saisons | K'simpil | K'furbwal |
| | | <i>Lophostethus dumolini</i> (Angas, 1849) | 72 | ++ | 65 | Saison des pluies | Mpumpung | Ming'k mpung |
| | | <i>Platysphinx stigmatica</i> (Mabille, 1877) | 61 | ++ | 57 | Toutes saisons | K'simpil | K'furbwal |
| | | Not identified | 48 | ++ | 51 | Toutes saisons | K'simpil | K'furbwal |
| | | Not identified | 60 | ++ | 51 | Toutes saisons | K'simpil | K'furbwal |
| | | Not identified | 52 | ++ | 45 | Toutes saisons | K'simpil | K'furbwal |

¹Féquence de citation par tous les répondants ; +++ : disponible ; ++ : rare ; - : presque disparue. Les fréquences de chaque famille ont été calculées par rapport au nombre total de chenilles identifiées (51). Vernacular names are indicated in other main languages of the Idiofa territory: Ding, Lwel (Lorri).



Figure 9. S1. Images of some edible caterpillars from Masi-Manimba : (A) *Erebidae sp.1* ; (B) Ventral side of *Erebidae sp.1* ; (C) *Aletis sp.* ; (D) *Cymothoe caenis* (Drury, 1773) ; (E) *Aegocera rectilinea* (Boisduval, 1836) ; (F) *Lophostethus dumolini* (Angas, 1849) ;(G) and (H) *Lymantriidae sp.* ; (I) *Haplozana nigrolineata* (Aurivilius, 1901) ; (J) *Notodontidae sp.1* ; (K) ventral side of *Notodontidae sp.1* ; (L) *Notodontidae sp.2* ; (M) *Anaphe panda* (Boisduval, 1847) ; (N) ventral side of *A. panda* ; (O) *Phalera sp.*



Figure 10. S2. Images of some edible caterpillars from Masi-Manimba : (A) *Elaphrodes lactea* (Gaede, 1932); (B) *Epidonta brunneomixta* (Mabille, 1879); (C) *Epidonta sp.1*; (D) *Epidonta sp.2*; (E) *Epidonta sp.3*; (F) *Eumeta sp.*; (G) *Notodontidae sp.1*; (H) Ventral side of *Notodontidae sp.1*; (I) *Erebididae sp.*; (J) *Catopsilia florella* (Fabricius, 1775); (K) *Eumeta cervina* (Druce, 1887); (L) Cocoon of *E. cervina*; (M) *Nyodes vitanvali* (Laporte, 1970); (N) and (O) *Sphingidae sp.*



Figure 11.S3. Images of some edible caterpillars from Masi-Manimba : (A) *Agrius convolvuli* (Linnaeus, 1758); (B) and (C) *Acherontia atropos* (Linnaeus, 1758); (D) *Sphingidae* sp.; (E) *Hypaedalea ? butleri* (Rothschild, 1894); (F) *Hippotion osiris* (Dalman, 1823); (G) *Sphingidae* sp.2; (H) and (J) *Hippotion celerio* (Linnaeus, 1758); (I) *Epiphora vacuna* (Westwood, 1849); (K) *Cirina forda* (Westwood, 1849); (L) *Aurivillius triramis* (Rothschild, 1907; (M) *Bunaea alcinoe* (Stoll, 1780); (N) and (O) *Epiphora ploetzi* (Weymer, 1880).



Figure 12. S4. Images of some edible caterpillars from Masi-Manimba : (A) *Imbrasia obscura* (Butler, 1878); (B) and (C) *Lobobunaea rosea* (Sonthonnax, 1901); (D) *Pseudobunaea pallens* (Sonthonnax, 1899) ; (E) *Lobobunaea phaedusa* (Drury, 1782); (F) *Micragone* sp.; (G), (H) and (I) *Nudaurelia rectilineata* (Sonthonnax, 1899); (J), (K) and (L) *Imbrasia ertli* (Rebel, 1904) ; (M) *Imbrasia epimethea* (Drury, 1773); (N) *Gonimbrasia anthinoides* (Rougeot, 1978) ; (O) *Gonimbrasia petiveri* (Guérin-Ménéville, 1845).

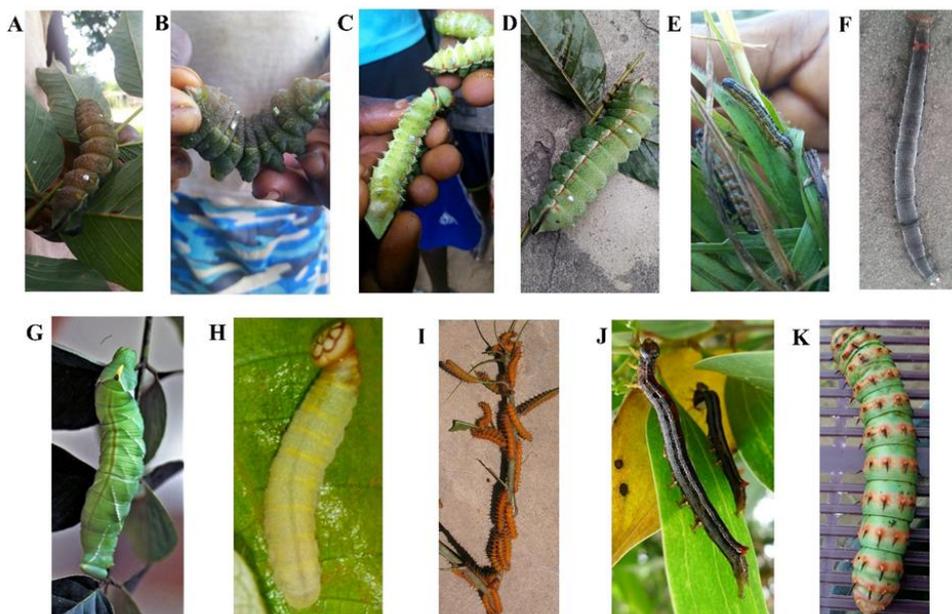


Figure 13. S5. Images of some edible caterpillars from Masi-Manimba and Idiofa: (A) and (B) *Lobobunaea acetes* (Westwood, 1849) ; (C) and (D) *Lobobunaea* sp.; (E) *Coeliades libeon* (Druce, 1875) ; *Achaea* sp.; (F) *Micragone* sp.; (G) *Platysphinx stigmatica* (Mabille, 1877); (H) *Platylesches moritili* (Wallengren, 1857); (I) *Gonimbrasia rhodophila* (Walker, 1869); (J) *Achaea catocaloides* (Guinée, 1852); (K) *Bunaeopsis aurantiaca* (Rothschild, 1895).

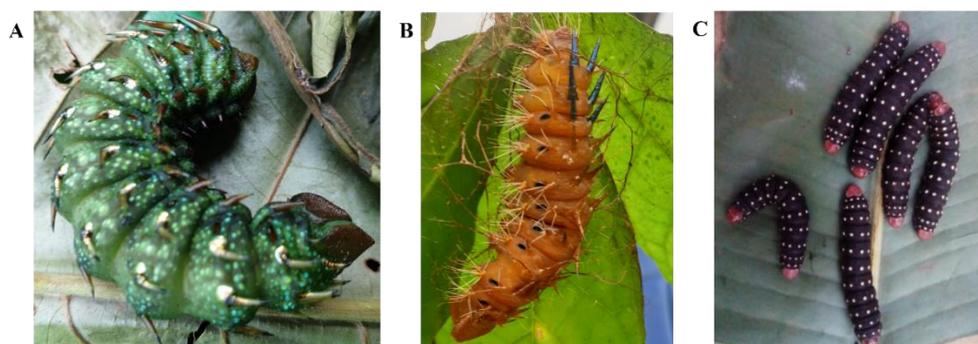


Figure 14. S6. Images of some edible caterpillars from Masi-Manimba and Idiofa: (A) *Athletes semialba* (Sonthonnax, 1904); (B) *Pseudantheraea discrepans* (Butler, 1878); (C) *Imbrasia truncata* (Aurivillius, 1904).

Chapitre 4

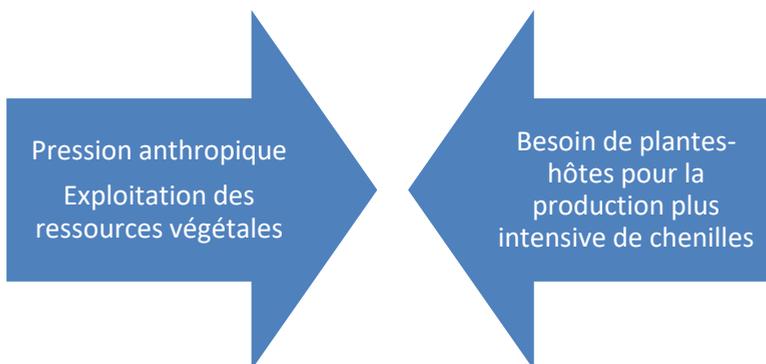
**Étude ethnobotanique des plantes hôtes
des chenilles comestibles les plus
consommées**



4.1. Introduction

La masse d'informations obtenues nous a permis de mettre en évidence la biodiversité entomologique de l'Ouest de la RDC. Ces informations encouragent ainsi la promotion de ces aliments par leur production massive à travers la semi-domestication (Konda Ku Mbuta et Ambühl, 2022 ; Muyay, 1981).

Cependant, dans l'hypothèse d'une production de chenilles à plus large échelle, il s'avère nécessaire de disposer d'informations précises sur leur biotope naturel dont principalement les plantes dont elles se nourrissent. Dans l'optique où l'une d'entre-elles constitue une plante hôte appropriée, il s'agira d'en disposer de manière continue et durable afin de garantir la pérennité des élevages. En effet, en l'absence de leur plante-hôte, les chenilles cessent de se nourrir même si l'on met à leur disposition d'autres plantes. Elles sont donc vouées à la disparition. Par ailleurs, il a été indiqué que près de 85% des ménages de la région recourent aux plantes pour leurs besoins divers (Koni et Boestoen, 2008 ; Mbemba, 2013 ; Ndoye et Awono, 2005). Cette pression démographique entraîne donc une dégradation du couvert forestier, d'où la réduction et même la disparition des plantes-hôtes et des chenilles qui s'en nourrissent. Il y a donc une double contrainte à l'exploitation des chenilles en milieu coutumier. Cette contrainte est d'autant plus importante que le recours intensif à des plantes sauvages est nécessaire.



Par ailleurs, à notre connaissance, aucune étude approfondie n'a été menée sur les chenilles comestibles et leurs plantes-hôtes dans ce contexte. Tenant compte de ce qui précède et considérant la question de recherche (3), cette partie de la recherche vise à évaluer et caractériser les plantes nourricières des chenilles populaires et de décrire leurs divers usages par la population locale.

L'objectif principal de cette recherche est d'évaluer les pressions exercées sur les plantes nourricières des chenilles les plus connues et les plus consommées (« populaires ») par les populations locales à travers leur inventaire et celui de leurs usages dans l'Ouest de la RDC. L'étude établit l'inventaire des plantes nourricières associées à leurs chenilles et rend compte de l'importance de ces plantes pour la population. L'objectif précis est d'identifier les espèces de plantes dont la culture doit être privilégiée pour développer un élevage de chenilles capable de générer une ressource protéique durable pour la population. Cette recherche s'inscrit dans le cadre des stratégies à mettre en place pour accroître la production des aliments alternatifs à faible empreinte carbone afin de contribuer à l'éradication de la malnutrition et la faim et atteindre un des objectifs de développement durable (ODD) adoptés par les Nations Unies.

4.2. Matériels et méthodes

4.2.1. Zone couverte par l'étude

La zone investiguée avec les endroits spécifiques des prises d'informations est représentée à la Figure 15.

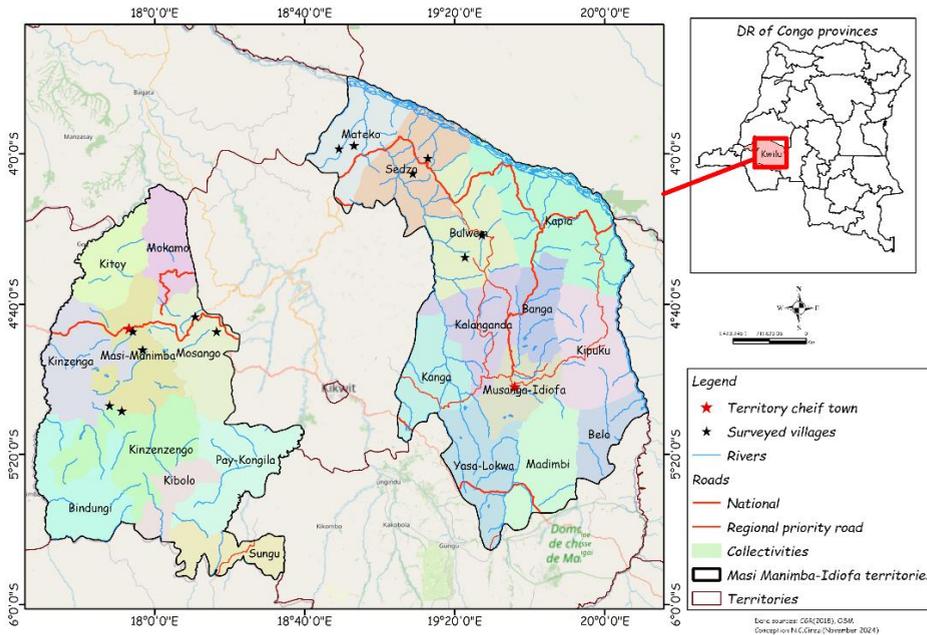


Figure 15. Carte administrative de la province du Kwilu (ouest de la République démocratique du Congo) illustrant le site d'étude. L'étude a été menée dans les territoires de Masi- Manimba et d'Idiofa

4.2.2. Définition des enquêtes ethnobotaniques

Des entretiens semi-structurés ont été menés avec 180 informateurs d'âges différents (entre 33 et 89 ans) sélectionnés au hasard. Parmi les informateurs, 63,89% sont du sexe masculin et 36,11% sont du sexe féminin, tandis que 43,88% sont des personnes très âgées (> 69 ans), 56,12% des adultes actifs (< 69 ans). Les informations ont été récoltées de 2020 à 2022 dans 12 villages de six secteurs appartenant à deux territoires les plus peuplés et situés au centre de la province du Kwilu (Bulwem, Mateko et Sedzo pour le territoire d'Idiofa et Kinzenzengo, Masi-Manimba et Mosango pour le territoire de Masi-Manimba), à l'Ouest de la RDC (Figure 15). La sélection des villages, soit deux par secteur, s'est faite en fonction de l'abondance et la diversité des chenilles (ces endroits sont par ailleurs reconnus par les autorités comme « greniers des chenilles » ; c'est dire leur abondance). Les entretiens ont été menés au domicile des informateurs. Le protocole d'enquête portait sur les chenilles les plus consommées par les populations de la région, leurs plantes hôtes, la connaissance traditionnelle relative aux différentes utilisations de plantes. Enfin, la

catégorie « usages divers » regroupe les usages non courants (ou faiblement cités) dont les usages alimentaires, hygiénique, culinaire (dans le sens de technique de cuisson) (et technique de pêche et chasse).

4.2.3. Récolte et identification des plantes hôtes alimentaires

A l'occasion des visites de prospection, des rameaux de plantes hôtes des chenilles les plus consommées ont été récoltés. Le matériel végétal a été rassemblé au sein d'un herbier. L'identification de ce matériel a été effectuée avec l'aide de l'herbier national de la RDC, au laboratoire de Systémique, Biodiversité et Conservation de la Nature du Département de l'Environnement (Université de Kinshasa). Les familles botaniques et les noms scientifiques ont été déterminés pour chaque plante hôte selon la quatrième version de la classification botanique des Angiospermes établie par Angiosperm Phylogeny Group (APG IV).

4.2.4. Analyse statistique

L'importance locale de chaque espèce de chenille, de la plante hôte et la catégorie d'usages citées a été calculée à l'aide de la fréquence relative de citation (FC). L'indice ethnobotanique utilisé est l'importance culturelle (IC), jugé le plus objectif (Houéhanou *et al.*, 2016). Les formules sont $FC = (n/N) \times 100$ où n est le nombre d'informateurs ayant cité l'espèce et N le nombre total d'informateurs. $IC = \sum N_{Ui} / N$ où N_{Ui} est le nombre total d'utilisations enregistrées pour chaque espèce et N , le nombre total d'informateurs de l'étude (*e.i.* plus l'IC est élevée, plus l'espèce est importante). Les chenilles comestibles considérées comme « populaires » (*e.i.* celles qui sont reconnues par la très grande majorité de la population locale) sont celles qui ont une fréquence de citation de plus de 75%. Une analyse en composante principale (ACP) a été effectuée afin de déterminer les corrélations entre les types de plantes nourricières et leurs usages par la population.

4.3. Résultats

4.3.1. *Diversité des chenilles les plus connues et leurs plantes hôtes*

De toutes les chenilles consommées dans la province du Kwilu, dix-sept ont été citées à une fréquence supérieure à 75% (Tableau 5). Parmi celles-ci, 64,71% ont une fréquence supérieure à 90% dont les plus connues et les plus consommées dans les deux territoires sont *Cirina forda* (Westwood, 1881), *Cymothoe caenis* (Drury, 1773), *Imbrasia epimethea* (Drury, 1773) et *Imbrasia obscura* (Butler, 1878). Les Saturniidae (47%) et les Notodontidae (35%) sont bien présents alors que les autres familles sont représentées par une seule espèce (Erebidae, Hesperidae et Nymphalidae) (Tableau 5). Le genre *Imbrasia* (Hübner, 1819) est le mieux représenté de la liste.

Les chenilles les plus consommées par la population utilisent pour nourriture les feuilles de cinquante et une espèces de plantes dont l'identification a été confirmée jusqu'au niveau de l'espèce. Elles se répartissent en 16 familles (Tableau 5) avec une dominance des Fabaceae (23 espèces) suivie des familles Apocynaceae, Phyllanthaceae, Rubiaceae et Poaceae où chacune est représentée par trois espèces, les autres étant faiblement représentées (1 ou 2 espèces) (Tableau 5).

Tableau 5. Diversité et fréquence de citation des chenilles « préférées » par la population de deux territoires, Idiofa et Masi-Manimba, et diversité de leurs plantes hôtes. Les proportions de chaque famille ont été calculées par rapport, soit au nombre total d'espèces de chenilles identifiées (17), soit au nombre d'espèces des plantes identifiées (51). La fréquence de citation de chaque chenille par la population de chacun des territoires précités a été calculée selon la formule $FC = (n/N) \times 100$. X = présence d'une espèce végétale d'une famille botanique.

| Famille des chenilles | Proportion (%) | Espèces des chenilles | FC Masi-Manimba (%) | FC Idiofa (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------|--|---------------------|---------------|----------|-------------|----------------|-----------|---------|---------------|--------------|-----------|-----------|----------|------------|---------------|-----------|-------------|---------------|-------------|---|---|
| | | | | | Fabaceae | Apocynaceae | Phyllanthaceae | Rubiaceae | Poaceae | Euphorbiaceae | Combretaceae | Lamiaceae | Meliaceae | Moraceae | Clusiaceae | Lecythidaceae | Malvaceae | Marantaceae | Myristicaceae | Achariaceae | | |
| Saturnidae | 47 | <i>Cirina forda</i> (Westwood, 1849) | 100 | 100 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nymphalidae | 6 | <i>Cymothoe caenis</i> (Drury, 1773) | 100 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | X | |
| Saturnidae | 47 | <i>Imbrasia epimethea</i> (Drury, 1773) | 100 | 100 | X | X | X | X | | X | | | | | | | X | | | | X | |
| | | <i>Imbrasia obscura</i> (Butler, 1878) | 100 | 100 | X | X | | | | X | X | | X | X | | | | | | | | |
| | | <i>Imbrasia trucanta</i> (Aurivillius, 1909) | 94,4 | 100 | X | | X | X | | X | | | | | | | | | | | | |
| Erebidae | 6 | <i>Achaea catocaloides</i> (Guenée, 1852) | 97,8 | 95,6 | X | | | | | | | | X | | | X | | | X | | | |
| Notodontidae | 35 | <i>Epidonta sp.1</i> | 94,4 | 94,4 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | <i>Alenophalera brunneomixta</i> (Mabille, 1898) | 95,6 | 92,2 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | <i>Epidonta sp.2</i> | 94,4 | 92,2 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | <i>Anaphe panda</i> (Boisduval, 1847) | 92,2 | 92,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | X |
| Saturnidae | 47 | <i>Pseudantheraea discrepans</i> (Butler, 1878) | 82,2 | 100 | | | X | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | <i>Bunaea alcinoe</i> (Stoll, 1780) | 92,2 | 87,8 | X | X | | X | | X | X | X | | X | X | | | | | | | |
| Notodontidae | 35 | <i>Elaphrodes lactea</i> (Gaede, 1932) | 85,6 | 86,7 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Saturnidae | 47 | <i>Gonimbrasia petiveri</i> (Guérin-Méneville, 1845) | 82,2 | 83,3 | | | X | X | X | | X | X | X | | | X | | | | | X | |
| Hesperidae | 6 | <i>Coeliades libeon</i> (Druce, 1875) | 100 | 55,6 | | | | | | X | | | | | | | | | | | | |
| Notodontidae | 35 | <i>Haplozana nigrolineata</i> (Aurivillius, 1901) | 95,6 | 57,8 | X | | X | | X | | | | | | | | | | | | | |
| Saturnidae | 47 | <i>Imbrasia ertli</i> (Rebel, 1904) | 100 | 52,2 | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |

De ces 51 espèces végétales (Tableau 6. S3), neuf (17,65 %) servent d'hôtes à plus de deux espèces de chenilles « populaires » à la fois (Figure 16), dont principalement les Saturniidae qui, à leur tour, partagent presque tous les mêmes hôtes. *Petersianthus macrocarpus* (P.Beauv.) Liben est signalé comme aliment de cinq espèces de chenilles populaires ; *Millettia eetveldeana* (Micheli) Hauman et *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel hébergent chacune quatre espèces de ces chenilles. Elles représentent ainsi les plantes qui ont les importances culturelles (IC) (Tableau 6. S3) comme hôtes les plus élevées (> 3) dans les deux territoires, avec respectivement des IC moyennes de $4,26 \pm 0,01$; $3,77 \pm 0,05$ et $3,30 \pm 0,08$.

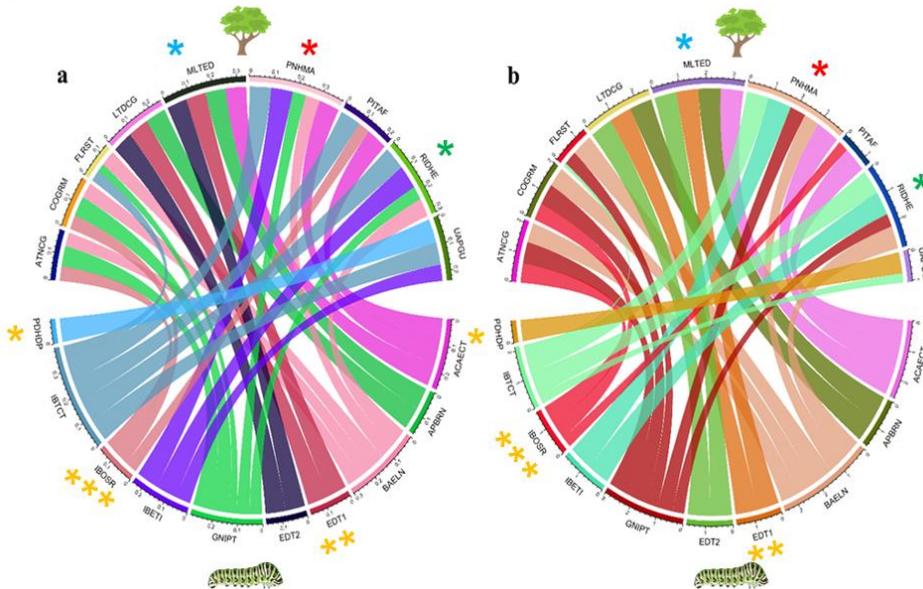


Figure 16. Correspondance des principales chenilles comestibles et leurs plantes hôtes associées selon leur citation. Les réseaux représentent la pression exercée par les chenilles sur neuf hôtes très prisés. a : Idiofa ; b : Masi-Manimba. La partie supérieure de chaque réseau représente les plantes hôtes. Elle porte des étoiles colorées en rouge, vert, bleu, indiquant les plantes les plus prisées par les chenilles (4-5 chenilles). La partie inférieure du réseau correspond aux espèces des chenilles et les étoiles colorées en jaune expliquent le mode de nutrition des chenilles. Une étoile pour les monophages, deux étoiles pour les oligophages et trois pour les polyphages. La largeur de la bande de chaque hôte est proportionnelle au degré de la pression et la couleur reflète le nombre d'espèces des chenilles exerçant cette pression en se nourrissant des feuilles de la plante. * Le code a été attribué arbitrairement. AC(ATNCG) : *Alstonia congensis*; CR(COGRM) : *Combretum racemosum*; FLRST : *Mitragyna stipulosa*; *LTDCG : *Leptoderris congolensis*; MLTED : *Millettia eetveldeana*; PNHMA : *Petersianthus macrocarpus*; PITAF : *Piptadeniastrum africanum*; RIDHE : *Ricinodendron heudelotii*; UAPGU : *Uapaca guineensis*. ACAECT : *Achaea catocaloides*; *APBRN : *Alenophalera brunneomixta*; *BAELN : *Bunaea alcinoe*; *EDT1 : *Epidonta sp.1*; *EDT2 : *Epidonta sp.2*; *GNIPT : *Gonimbrasia petiveri*; *IBETI : *Imbrasia epimethea*; *IBOSR : *Imbrasia obscura*; *IBTCT : *Imbrasia trucanta*; *PDHDP : *Pseudantheraea discrepans*. Les codes d'espèces proviennent de l'Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes (https://www.eppo.int/RESOURCES/eppo_databases/eppo_codes). *Le code a été attribué de manière arbitraire.

La majorité des espèces végétales signalées sont forestières (74%), 16 % sont savaniques, tandis que 8 % sont à la fois en savanes et forêts et 2 % sont cultivées (Figure 17).

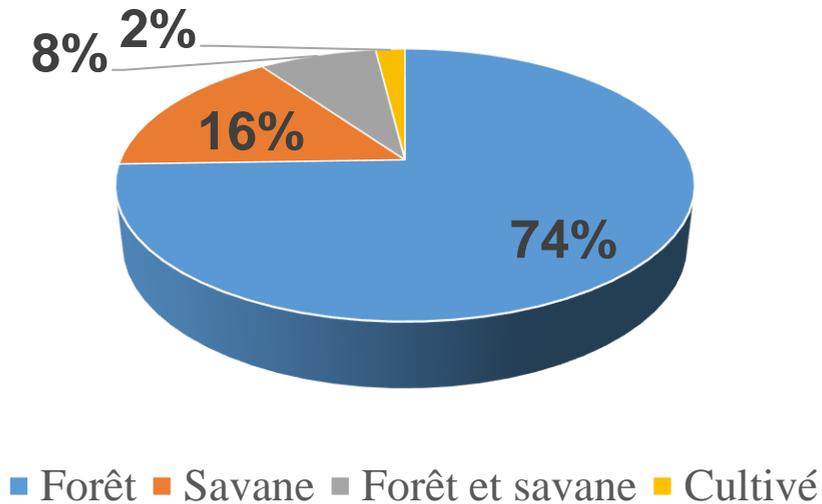


Figure 17. Habitats des chenilles. Différentes proportions représentant l'importance de chacun des écosystèmes pour les chenilles comestibles des territoires d'Idiofa et de Masi-Manimba.

Au niveau morphologique (Figure 18), ces espèces sont dominées par les arbres (66%) suivis des lianes (12%), des arbustes (10%), herbes (8%) et des arbrisseaux (4%).

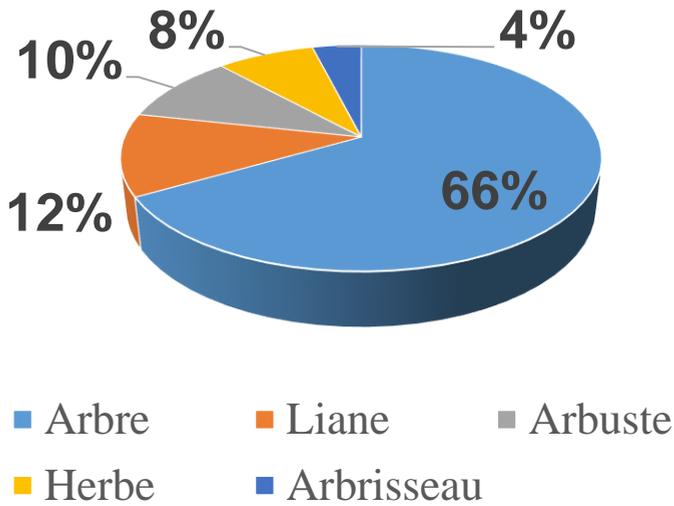


Figure 18. Types morphologiques des plantes hôtes des chenilles. Les proportions indiquent leur importance pour les plantes hôtes des chenilles de la région.

4.3.2. Catégories d'usages des plantes hôtes

Sept principales catégories d'usages des arbres hôtes des chenilles comestibles du Kwilu (Figure 19) sont reconnues par la population de l'Ouest de la RDC.

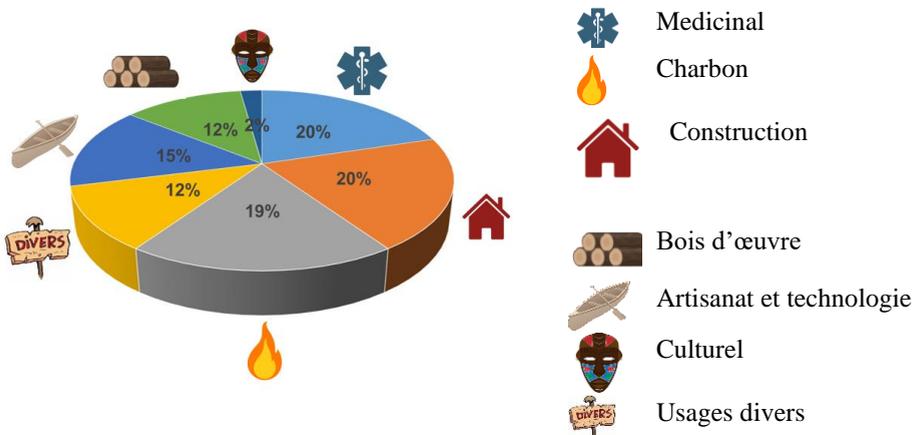


Figure 19. Proportions des catégories d'usages des plantes hôtes des chenilles. Les différents usages sont indiqués par des icônes spécifiques et les proportions les utilisations courantes des plantes hôtes par la population de la région.

Elles comprennent 20% respectivement pour l'usage médicinal et pour les besoins locaux en matériaux de construction, 19% pour les besoins en bois-énergie (charbon), 15% pour l'utilisation artisanale et technologique (*e.i.* fabrication des meubles, pirogues, objets d'arts), 12% respectivement pour les usages divers (alimentaire, culinaire ou emballage, bioindicateurs, protection ou ombrage, chasse et pêche, hygiène corporel et vaisselle : avec 31 espèces) et pour l'exploitation artisanale (forestière) du bois d'œuvre (avec 22 espèces inventoriées) et 2% pour les besoins culturels ou rituels (avec 5 espèces). La grande majorité de ces arbres est constituée d'espèces à usages multiples (Tableau 7. S4). L'ensemble des usages se retrouve dans les deux territoires. Les usages liés à la médecine, la construction ou pour la fabrication des charbons sont les plus répandus dans la région et apparaissent comme étant les catégories pour lesquelles les espèces d'hôtes des chenilles sont les plus sollicitées par la population. Cependant, les catégories conduisant à la déforestation sont principalement la fabrication des charbons, la construction locale et à l'exploitation forestière artisanale (particulièrement dans le territoire d'Idiofa), en raison de l'abattage d'arbre.

Comme combustible, les informateurs reconnaissent que toutes les espèces, à part celles qui sont interdites pour des raisons des croyances traditionnelles (comme *Mitragyna stipulosa*), peuvent être utilisées. En ce qui concerne les divers usages, les informateurs soutiennent que les espèces *Albizia adianthifolia* et *Milicia excelsa* indiquent le début de la saison des pluies en perdant toutes leurs feuilles. Tandis que les graines de *Ricinodendron heudelotii* sont consommées, celles d'*Eriosema psoraleoides* sont utilisées comme poison en pêche et la sève de *Funtumia africana* et *Holarrhena floribunda* (colle) est utilisée pour le piégeage des oiseaux. De plus, le frottement des feuilles de *Millettia macroura* produit la mousse de savon pour la vaisselle, la poussière de l'écorce d'*Hymenocardia acida* sert pour le séchage (fumage) d'un type de poissons, « les anguilles », les feuilles d'*Haumania liebrechtsiana* servent d'emballage et de cuisson. L'usage excessif des plantes médicinales contribue, bien que faiblement, à la perturbation des écosystèmes. Les plantes et leurs maladies sont consignées en annexe 2.

L'analyse en composante principale (Figure 20) a particulièrement concerné les arbres dont l'IC > 3. Elle permet d'établir la relation entre les plantes hôtes des chenilles et leurs usages, indiquant les espèces les plus exploitées par la population. Le graphe des variables indique mieux les usages les plus exploités par la population pour ces hôtes et celui des individus présente les espèces les plus exploitées. L'ACP

donne une inertie totale de 69,89% et montre que la grande majorité d'utilisation, dont l'artisanat et technologie, le bois d'œuvre, le charbon, la construction et la médecine traditionnelle, ont beaucoup contribué à édifier la première dimension, tandis que les catégories « autres » et l'utilisation culturelle ont positivement contribué à édifier la deuxième.

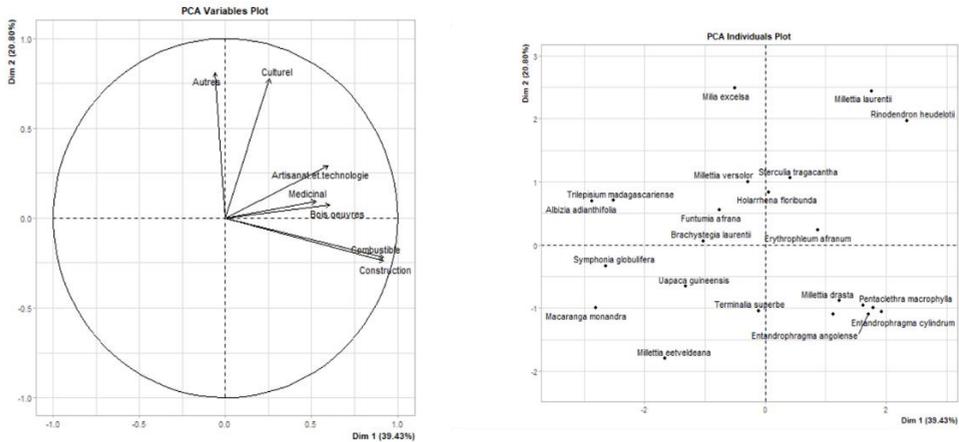


Figure 20. Distribution des espèces d'hôtes par catégorie d'utilisation : construction (CN) artisanat et technologie (AT), autres (AA), bois d'œuvre (BO), combustible (CO), culturel (CU) et médicinal (ME). Le graphe des variables indique les usages les plus exploités et celui des individus pour les espèces d'arbres couramment utilisés. Les espèces végétales prises en compte dans cette analyse sont les arbres dont $IC > 3$.

La première dimension capte 39 % de la variance totale et elle est fortement corrélée avec les usages charbon, construction, bois d'œuvres, artisanat et technologie, médicinal, respectivement. Cette dimension fournit les informations sur les usages qui contribuent le plus à la destruction des plantes hôtes des chenilles de la région. Il s'agit principalement des usages relatifs à la fabrication de charbon, à la construction, à l'exploitation artisanale des bois d'œuvre, respectivement, très exploités par la population locale. Les espèces d'hôtes qui présentent les IC les plus élevés ($IC > 0,95$) dans ces deux domaines sont, entre autres, *E. africanum*, *Entandrophragma* sp., *P. macrocarpus*, *R. heudelotii*, *P. africanum*, *P. macrophylla*, *M. laurentii*, *P. eetveldeana*, *M. drastica*. Les mêmes espèces sont aussi très exploitées comme bois d'œuvre, présentant des IC supérieures aux autres. Bien qu'avec une intensité modérée, les espèces précitées sont aussi, pour la grande majorité, exploitées pour les usages médicinal, artisanat et technologie. La deuxième dimension concerne près de 21 % de la variable totale et elle est corrélée à l'usage culturel et aux usages divers qui sont moins exploités par la population. Peu d'espèces d'hôtes entrent dans ces

utilisations. Les espèces utilisées en culture sont *R. heudelotii*, *M. laurentii*, *M. versicolor*, *M. excelsa*, respectivement. Les plus importantes des espèces utilisées pour les usages divers sont *E. africanum* et *M. laurentii*.

Le graphe individuel permet de classer les espèces de plantes hôtes en quatre groupes selon leurs IC. Le premier rassemble les espèces d'importance culturelle la plus élevée (IC totale > 5,50) et qui sont utilisées dans toutes les catégories ciblées. Il s'agit respectivement de *Millettia laurentii*, *Ricinodendron heudelotii* et *Milicia excelsa*. Elles sont donc les plus utilisées et constituent des espèces prioritaires. Le deuxième comprend les espèces (IC > 3,95) qui sont fortement corrélées aux usages artisanat et technologie, bois d'œuvre, combustible, construction et médicinal ; elles font partie aussi des espèces prioritaires (Figure 20). Le troisième considère les espèces (IC totale > 2,50) qui sont fortement utilisées comme bois-énergie et partiellement utilisées en médecine traditionnelle et exploitation forestière (bois d'œuvre) (Figure 20). Le dernier concerne les espèces qui ont des faibles valeurs d'importance culturelle (IC totale < 2,50), qui n'ont aucune importance culturelle et qui sont caractérisées par une coordonnée négative sur l'axe.

4.3.3. Mode de nutrition des chenilles les plus connues

La majorité (58,8%) des chenilles comestibles de la partie Ouest de la RDC ont un mode de nutrition (Tableaux 3 et 6. S3) de type spécialiste, étant donné qu'elles consomment les espèces d'arbres d'une seule famille botanique et 41,2% sont généralistes, se nourrissant des feuilles des arbres de plus de deux familles.

Parmi les espèces spécialistes, 50% sont des spécialistes strictes (ou monophages, se servant d'une seule espèce d'hôte) comme *Imbrasia ertli* et *Pseudantheraea discrepans*, *Anaphe panda*, *Cymothoe caenis* et *Elaphrodes lactea* (S3). Par contre, 50% sont moins spécialistes. Elles sont qualifiées d'oligophages car elles se servent de plus d'une espèce d'hôtes (2 à 6) d'une même famille. Il s'agit par exemple des chenilles de *Alenophalera brunneomixta*, *Cirina forda*, *Coeliades libeon* et de deux espèces de *Epidonta*.

Les chenilles comestibles qui ont des niveaux généraux de polyphagie plus élevés sont principalement les Saturniidae (Tableau S3) dont *Bunaea alcinoe* (14 espèces d'hôtes appartenant à 9 familles et 7 ordres), *Gonimbrasia petiveri* (10 espèces de 8 familles et 6 ordres), *Imbrasia epimethea* (8 espèces de 7 familles et 5 ordres), *I.*

obscura (13 hôtes de 6 familles et 6 ordres), *I. trucanta* (5 hôtes de 5 familles et 4 ordres), *Achaea catocaloides* (15 hôtes de 4 familles et 4 ordres) et *Haplozana nigrolineata* (5 espèces de 3 familles et 3 ordres).

En considérant les différentes utilisations de plantes, les données indiquent que parmi les espèces prioritaires pour la population figurent les hôtes les plus appropriées des chenilles et les plus utilisés pour les divers besoins de la population (Figure 21).

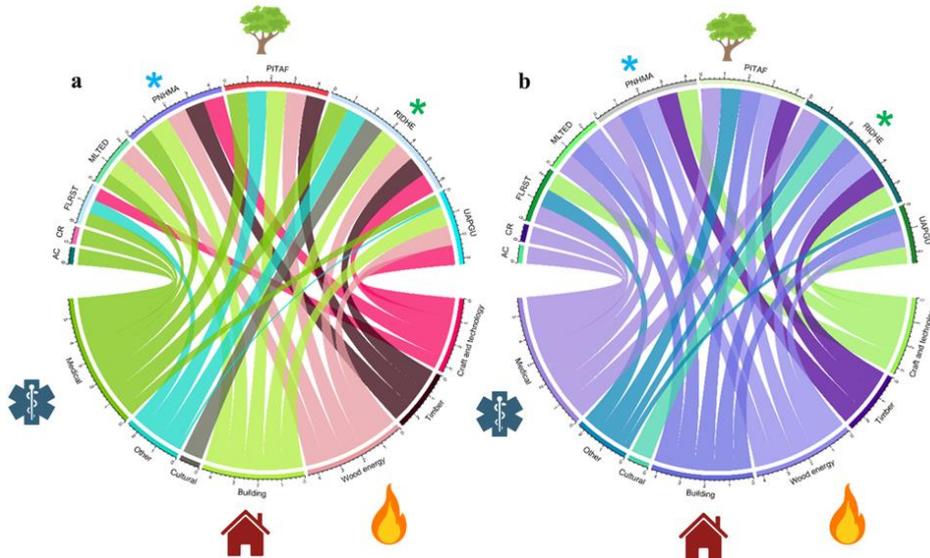


Figure 21. Correspondance des modes d’usage des principales plantes hôtes des chenilles comestibles. Les réseaux représentent la pression anthropique sur les hôtes prisés des chenilles dans les deux territoires : **a** : Idiofa ; **b** : Masi-Manimba. La partie supérieure de chaque réseau représente les plantes hôtes. Elle porte des étoiles colorées en vert, bleu, indiquant le niveau de pression sur les deux espèces des plantes les plus prisées par les chenilles (5-7 usages). La partie inférieure du réseau correspond aux catégories d’usages et elle porte les icônes qui indiquent les usages les plus exploités par la population des territoires précités, notamment la médecine traditionnelle, la fabrication du charbon et la construction locale. La largeur de la bande de chaque hôte est proportionnelle au degré de la pression et la couleur reflète le nombre d’usages pour chaque plante. * Le code a été attribué arbitrairement. AC(ATNCG) : *Alstonia congensis*; CR(COGRM) : *Combretum racemosum*; FLRST : *Mitragyna stipulosa*; *LTDCG : *Leptoderris congolensis*; MLTED : *Milletia eetveldeana*; PNHMA : *Petersianthus macrocarpus*; PITAF : *Piptadeniastrum africanum*; RIDHE : *Ricinodendron heudelotii* ; UAPGU : *Uapaca guineensis*. Les codes d’espèces proviennent de l’Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes (https://www.eppo.int/RESOURCES/eppo_databases/eppo_codes). *Le code a été attribué de manière arbitraire.

4.4. Discussion

4.4.1. Fréquence de citation des chenilles les plus connues

Les fréquences élevées de citation des chenilles constituent une preuve de leur intérêt alimentaire et commercial dans la province et de l'aisance dans leur identification morphologique. Ceci est conforme aux résultats de Nsevolo *et al.* (2016) qui identifient certaines des espèces les plus commercialisées sur les marchés locaux, nationaux et internationaux, parmi lesquelles *Cirina forda*, *Imbrasia epimethea*, *Imbrasia truncata*. Leur consommation couvre tout le pays et toute l'Afrique subsaharienne (Kelemu *et al.*, 2015 ; Kusia *et al.*, 2021 ; Latham *et al.*, 2024 ; Lautenschläger *et al.*, 2017 ; Mabossy-Mobouna *et al.*, 2018 ; Malaisse et Latham, 2014 ; Nsevolo *et al.*, 2023). Il convient de signaler que la popularité de certaines d'entre elles varie selon l'environnement typique du milieu comme c'est le cas, par exemple, d'*Imbrasia truncata* et de *Pseudantheraea discrepans* qui sont disponibles à Idiofa, en massif forestier et bien connues par la population, tandis qu'*Haplozana nigrolineata* et *Coeliades libeon* le sont à Masi-Manimba dans le cadre des savanes (CAID, 2016 ; Madamo *et al.*, 2023).

4.4.2. Diversité des chenilles comestibles de l'Ouest de la RDC

La dominance des familles des Saturniidae et Notodontidae est en accord avec les résultats de nombreux auteurs (Bocquet *et al.*, 2020 ; Lautenschläger *et al.*, 2017 ; Looli *et al.*, 2021 ; Mabossy-Mobouna *et al.*, 2022 ; Nsevolo *et al.*, 2023 ; Yabuda *et al.*, 2019).

En ce qui concerne les plantes hôtes, la liste établie (*e.i.* en fonction du nombre) varie selon les sites d'études. Ainsi, par exemple, 55 hôtes ont été identifiés pour 47 espèces de chenilles dans le Kongo Central en RDC, tandis qu'une liste de 90 plantes-hôtes pour 29 espèces de chenilles a été établie pour la République du Congo (Latham, 2015 ; Mabossy-Mobouna *et al.*, 2022). Cette situation confirme l'influence des facteurs écologiques et édapho-climatiques, entre autres, sur le régime des chenilles, étant donné la diversité des milieux d'études. Elle explique aussi la dominance des chenilles généralistes sur les chenilles spécialistes de ces zones d'étude (Mabossy-Mobouna *et al.*, 2022). Malgré la différence des zones, les données indiquent une forte similitude entre les espèces végétales identifiées comme hôtes des chenilles (*e.g.* *P.*

macrocarpus citée comme hôte de *Imbrasia epimethea* en République du Congo, *Erythrophleum africanum* et *Burkea africana* pour *Cirina forda* en Angola) (Mabossy-Mobouna *et al.*, 2022 ; Lautenschläger *et al.*, 2017).

L'importance des Fabaceae dans le régime des chenilles comestibles a été signalée par plusieurs auteurs comme Bomolo *et al.* (2017), Lautenschläger *et al.* (2017), Looli *et al.* (2021), Mabossy-Mobouna *et al.* (2022), Okangola *et al.* (2016) et Nsevolo *et al.* (2023). Ce choix pourrait s'expliquer, comme l'indique Stone (1991), par le fait que, faisant partie d'un des ordres plus anciens (les Fabales), ces plantes (Fabaceae) seraient probablement bien établies avant l'évolution des Saturniidae et seraient ainsi disponibles comme sources de nourriture. De plus, une autre explication serait leur abondance dans la florule (flore d'un endroit particulier) du Secteur phytogéographique du Kasai (inclus dans la région guinéo-congolaise) dont fait partie la zone d'étude (Lubini, 2001).

Par ailleurs, le succès de neuf espèces végétales qui hébergent plus de deux espèces de chenilles est vraisemblablement liée à la composition des feuilles. En effet, de nombreuses études ont montré la relation étroite entre le régime alimentaire des insectes et la composition chimique de leur substrat nutritif (Giampieri *et al.*, 2022 ; Van Huis *et al.*, 2014), particulièrement en ce qui concerne les composés phénoliques des lépidoptères (Nino *et al.*, 2021 ; Odebiyi *et al.*, 2009 ; Simmonds, 2003). Le choix d'une espèce végétale par la chenille est donc le résultat des adaptations comportementales et métaboliques (Stahl *et al.*, 2018 ; Hussain *et al.*, 2019). C'est par exemple le cas de *Cirina forda* qui contient des polyphénols, saponines, alcaloïdes, flavonoïdes, tanins et glycosides cyanogènes (Oibiokpa *et al.*, 2017 ; Omotoso et Adesola, 2018 ; Oriolowo *et al.*, 2021) et de *Bunaea alcinoe*, contenant des alcaloïdes, flavonoïdes, glycosides cardiaques, stérols, tanins et terpènes (Mathew *et al.*, 2014). En outre, la pression des Saturniidae sur spécifiquement *P. macrocarpus* et *R. heudelotii* comme hôtes communs serait liée aux niveaux élevés des composés phénoliques dont les tannins et la résine dans leurs feuilles comme signalé par Janzen (1981) et dont la présence est confirmée par de nombreux auteurs (Aligweke et Idaguko, 2021 ; Uzoekwe et Hamilton-Amachree, 2016 ; Yakubu *et al.*, 2018).

4.4.3. Catégories d'usages

Nos investigations ont répertorié une série non exhaustive de l'utilisation des plantes hôtes des chenilles à diverses fins (usages médicinal, charbon, matériaux de construction locale, artisanat et technologie, usage culturel et usages divers). Les usages pour le charbon, les matériaux de construction, en plus de l'agriculture itinérante sur brulis, sont estimés comme ceux qui détruisent les plantes hôtes à travers leur abattage.

L'importance des plantes utilisées comme charbons à l'Ouest de la RDC pourrait s'expliquer par leur usage dans le domaine domestique par la quasi-totalité de la population dont seulement 1,1% aurait accès à l'énergie industrielle ou électrique (Anonyme, 2005 ; Ministère de Plan, 2014). De plus, la région étant plus proche de Kinshasa (capitale du pays), son approvisionnement en charbons et bois-énergie représenterait plus de 5 millions de tonnes de bois par an, ce qui entraînerait l'exploitation annuelle d'environ 60.000 hectares de forêts naturelles périurbaines. Cela confirme (comme indicateur) l'état de pauvreté de la province dont le taux est l'un des plus élevés du pays (Ministère de Plan, 2014) mais aussi le statut du pays comme pays en voie de développement (Pearce, 2001 ; Traoré *et al.*, 2011). Dans ce contexte, près de 50% de plantes hôtes sont intensément exploitées, parmi lesquelles les hôtes des chenilles spécialistes et les hôtes communs de nombreuses espèces. Par exemple *E. africanum*, l'hôte principale de *C. forda* (la chenille d'intérêt alimentaire et économique incontournable) et *I. ertli*, des espèces spécialistes ; *Petersianthus macrocarpus* et *Ricinodendron heudelotti* pour de nombreuses Saturnidae.

Les résultats relatifs à l'usage des bois comme matériaux de construction locale sont similaires à ceux de nombreux auteurs qui confirment qu'en RDC, les cultures constructives s'adaptent aux modes de vie de la population. Ces auteurs soulignent encore que la presque totalité des maisons dans le milieu rural continuent à être construites avec des matériaux locaux et des techniques constructives locales maîtrisées par la population (Gutierrez *et al.*, 2019). Certains, comme Roux (2015) estiment même à 12 millions le déficit en logement de qualité en RDC. La durée de ces constructions dépend du choix des espèces dont les critères sont la dureté du bois et la résistance aux insectes foreurs (Bognounou, 2009 ; Lykke *et al.*, 2004 ; Thiombiano *et al.*, 2002). C'est le cas, par exemple, de *Erythrophleum africanum*, *Millettia drastica*, *M. laurentii*, *M. versicolor*, *Milicia excelsa* (Arbonnier, 2009 ; Koni et Bostoen, 2008). Par contre, les espèces de Poaceae citées servent à couvrir les

toitures comme l'indiquent bien Koni et Boestoen (2008). Ces résultats correspondent encore une fois aux données de Gutierrez *et al.* (2019) pour qui, plus de 80% des ménages congolais ruraux ont des toitures en chaume ou en paille. Près de 50% d'hôtes, généralement les mêmes espèces évoquées ci-haut, sont objet d'une intense exploitation.

Le choix des espèces pour l'artisanat et la technologie est lié à la valeur et à l'importance sociales de l'objet fabriqué. C'est le cas du mortier qui exige un bois dur et résistant suite à son usage pour piler les céréales, de même une pirogue, contrairement au tabouret qui peut être fabriqué à partir d'un simple morceau de bois (Traoré, 2011 ; Koni et Bostoen, 2008). C'est ainsi que *Ricinodendron heudelotti* est d'une valeur exceptionnelle par le fait qu'elle permet de fabriquer des pirogues, des tams-tams, des mortiers, des pagaies pour pirogues, des objets d'arts ou chaises. Son tronc a même servi dans les temps passés pour la réalisation de cercueils chez les peuples « Ding » du secteur Sedzo, dans le territoire d'Idiofa et encore aujourd'hui dans la région de Kisangani (Koni et Boestoen, 2008 ; Akpovo et Fandohan, 2022 ; Azenge et Miniko, 2020). Ses usages en sculptures sont aussi très valorisés dans d'autres pays comme le Bénin (Akpovo et Fandohan, 2021). D'autres espèces servent par ailleurs à la fabrication des ponts (*e.g.* *Brachystegia laurentii*, *Petersianthus macrocarpus*), de pilons, houes, portes, mobilier et autres (Koni et Boestoen, 2008). Notons que ces usages peuvent être populaires pour les différents milieux mais aussi limités à quelques zones comme *Alstonia congensis* qui est valorisée dans la fabrication des masques et *Caloncoba welwitshii* pour les escabeaux dans la province de Kisangani (Bengwela, 2019). Ces usages concernent environ 43% d'hôtes, parmi lesquels, celles soulignées précédemment.

Du point de vue culturel, nos résultats sont conformes à ceux de nombreux auteurs qui indiquent que *Millettia laurentii* est considéré comme « l'arbre royal », planté dans la parcelle du chef comme palais pour les cérémonies des sorciers (occultes) et en cas de son absence, il est remplacé par *Milicia excelsa*. Ces espèces, en plus de *Ricinodendron heudelotti* et *Millettia versicolor*, servent dans la fabrication des objets culturels comme des masques, statues, tam-tam (Akpovo et Fandohan, 2021 ; Koni et Bostoen, 2008). Par ailleurs, Koni et Bostoen (2008) confirment les divers usages dits « autres » dans cette étude pour les espèces indiquées.

Les plantes médicinales sont largement utilisées dans la région de recherche. Nos observations sont en accord avec les résultats de Ndoye et Awono (2005) qui indiquaient que près de 85% des ménages du grand Bandundu, par pauvreté, recourent

à la médecine traditionnelle pour résoudre des problèmes de santé primaire. Ceci a également déjà été signalé par l'Organisation Mondiale de la Santé pour l'ensemble de la population africaine (Ngbolua *et al.*, 2019 ; WHO, 2002). Peu d'auteurs ont travaillé sur les vertus thérapeutiques des plantes hôtes des chenilles (Okangola *et al.*, 2016). Ils sont beaucoup plus nombreux à s'être intéressés à l'ensemble des espèces végétales (Kibungu, 2003 ; Konda ku Mbuta *et al.*, 2012 ; Latham *et al.*, 2021 ; Kouitcheu *et al.*, 2011 ; Mongeke *et al.*, 2018 ; Ngbolua *et al.*, 2019 ; Ngunde te Ngunde *et al.*, 2021 ; Tuwisana *et al.*, 2019). Certains, comme Ouachinou *et al.* (2017) soulignent même qu'il existe des similitudes dans l'utilisation de ces plantes médicinales dans les différentes régions d'étude. C'est par exemple le cas de *Ricinodendron heudelotii* (dont l'IC moyenne est 16,10), la plante aux vertus exceptionnelles, dont seize maladies parmi les vingt répertoriées dans cette étude sont similaires à celles de la liste de Akpovo et Fandohan (2021) au Bénin et certaines à celles de Onefeli *et al.* (2019). L'importance médicinale primordiale de l'espèce est confirmée dans d'autres études comme celles de Azenge et Miniko (2020), Konda Ku Mbuta *et al.* (2012) et Okangola *et al.* (2016). La préférence d'autres espèces d'hôtes, comme *Petersianthus macrocarpus*, *Caloncoba welwitschii*, *Albizia adianthifolia*, dans le traitement de diverses maladies a déjà été mentionnée par d'autres chercheurs (Aligweke *et al.*, 2021, Kabena *et al.*, 2020).

4.4.4. Mode de nutrition des chenilles comestibles

La prédominance des spécialistes parmi les chenilles, ayant des associations plus étroites avec les plantes hôtes, a été déjà observée par de nombreux auteurs pour les régions tropicales reconnues pour leur grande diversité (Bernard et Graham, 1988 ; Dyer *et al.*, 2007 ; Forister *et al.*, 2015 ; Loxdale *et al.*, 2011).

La polyphagie chez certaines chenilles les plus consommées est évoquée par plusieurs auteurs comme Bomolo *et al.* (2017) ; Lautenschläger *et al.* (2017), Looli *et al.* (2021) ; Mabossy-Mobouna *et al.* (2022) ; Ngbolua *et al.* (2022) ; Okangola *et al.* (2016). Celle des Saturniidae (*e.g.* *Bunaea alcinoe*, *Gonimbrasia petiveri*, *Imbrasia epimethea*) est maximale (*e.i.* se nourrissant de plantes d'au moins sept familles et plus de deux ordres) comme déjà signalé par de nombreux auteurs en ce qui concerne certains papillons de nuit (Janzen, 1984 ; Nylin *et al.*, 2014 ; Wang *et al.*, 2017).

4.5. Conclusion

L'objectif de ce chapitre était d'établir l'inventaire des plantes hôtes et leurs usages afin d'évaluer la pression exercée sur elles. Les résultats ont montré qu'il existe dans la région une variété de plantes hôtes des chenilles les plus consommées. De nombreuses chenilles, majoritairement les Saturniidae se partagent principalement la même nourriture et plusieurs espèces de plantes servent de nourriture à plus d'une espèce de chenille et sont, de plus, des essences à usages multiples. Les chenilles monophages seraient en danger si leurs espèces sont plus exploitées pour autres usages que certaines comme *E. africanum* dont la croissance est lente. Les Saturniidae les plus consommées risqueraient gros si leurs hôtes communs *P. macrocarpus* et *R. heudelotii* sont davantage utilisés pour d'autres besoins. Les Fabaceae et diverses plantes riches en composés phénoliques dans le régime des chenilles du Kwilu sont importantes pour le développement des Saturniidae. Malgré la richesse des connaissances écologiques détenues par la population et la prise de conscience de la menace qui pèse sur la pérennité des chenilles comestibles, il n'existe aucune stratégie de conservation de ces espèces d'hôtes à travers les plantations. Pourtant, cette préoccupation se révèle comme essentielle. Le reboisement des écosystèmes dans lesquels ces espèces étaient présentes et la création des écosystèmes avec ces espèces végétales hôtes des chenilles qui produisent beaucoup contribuerait à la préservation de la biodiversité et les rendrait plus disponibles pour l'alimentation de la population locale.

Tableau 6. S3. Les chenilles les plus consommées de l'Ouest de la RDC associées à leurs plantes hôtes. IC = importance culturelle de la plante comme hôte des chenilles, indiquant la préférence de l'espèce comme source des nutriments par les chenilles d'Idiofa et Masi-Manimba. X= présence d'une espèce végétale d'une famille botanique. Le nombre de x dans par colonne indique le mode de nutrition des chenilles, pouvant être monophages, oligophages ou polyphages

| | IC | Familles botaniques | Habitat des hôtes | Type morphologique | Achaea catocaloides (Guenée, 1852) | Alenophalera brunneomixta (Mabille, 1898) | Anaphe panda (Boisduval, 1847) | Bunaea alcinoe (Stoll, 1780) | Cirina forda (Westwood, 1881) | Coeliades libeon (Druce, 1875) | Cynothoe caenis (Drury, 1773) | Elaphrodes lactea (Gaede, 1932) | Epidonta sp.1 | Epidonta sp.2 | Gonimbrasia petiveri (Guérin-Méneville, 1845) | Haplozana nigrolimeata (Aurivillius, 1901) | Imbrasia epimethea (Drury, 1773) | Imbrasia ertli (Rebel, 1974) | Imbrasia obscura (Butler, 1878) | Imbrasia truncata (Aurivillius, 1909) | Pseudanthraea discrepans (Butler, 1878) |
|--|------|---------------------|-------------------|--------------------|------------------------------------|---|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------|---------------|---|--|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---|
| <i>Petersianthus macrocarpus</i> (P. Beauv.) Liben | 4.25 | Lecythidaceae | Forêt | Arbre | X | | X | | | | | | | | X | X | | | | X | |
| <i>Millettia eetveldeana</i> (Micheli) Hauman | 3.77 | Fabaceae | Forêt | Arbre | X | X | | | | | | | X | X | | | | | | | |
| <i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel | 3.29 | Euphorbiaceae | Forêt | Arbre | | | | X | | | | | | | X | X | | | | X | |
| <i>Leptoderris congolensis</i> (De Wild.) Dunn | 2.82 | Fabaceae | Forêt | Liane | | X | | | | | | | X | X | | | | | | | |
| <i>Millettia laurentii</i> De Wild. | 2.69 | Fabaceae | Forêt | Arbre | X | X | | | | | | | X | | | | | | | | |
| <i>Alstonia congensis</i> Angl. | 2.18 | Apocynaceae | Forêt | Arbre | | | | X | | | | | | | X | | | | | X | |
| <i>Combretum racemosum</i> P.Beauv. | 2.17 | Combretaceae | Forêt | Liane | | | | X | | | | | | | X | | | | | X | |
| <i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth. | 1.97 | Fabaceae | Forêt | Arbre | X | | | | | | | | | | | | | | | X | |
| <i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f) Brenan | 1.92 | Fabaceae | Forêt | Arbre | X | | | | | | | | | | | | | | | X | X |
| <i>Pentaclethra eetveldeana</i> De Wild. & T. Durand | 1.91 | Fabaceae | Forêt | Arbre | X | | | | | | | | | | | | | | | X | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|------|----------------|-----------------|---------|---|--|---|---|--|---|---|
| <i>Uapaca guineensis</i> Müll.Arg. | 1.9 | Phyllanthaceae | Forêt | Arbre | | | | X | | X | X |
| <i>Leptoderris nobilis</i> (Wilw. ex Baker) Dunn | 1.87 | Fabaceae | Forêt | Liane | X | | | X | | | |
| <i>Erythrophleum africanum</i> (Benth.) | 1.76 | Fabaceae | Savane | Arbre | | | X | | | X | |
| <i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W. Wight | 1.73 | Fabaceae | Forêt | Arbre | | | X | | | | X |
| <i>Milletia drastica</i> Welw. ex Baker | 1.72 | Fabaceae | Forêt | Arbre | X | | | X | | | |
| <i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf | 1.63 | Apocynaceae | Forêt | Arbre | | | X | | | X | |
| <i>Milletia macroura</i> Harms | 1.56 | Fabaceae | Forêt | Liane | X | | | X | | | |
| <i>Imperata cylindrica</i> (L.) Raeusch. | 1.54 | Poaceae | Savane | Herbe | | | | X | | X | |
| <i>Hyparrhenia diplandra</i> (Hack.) Stapf | 1.52 | Poaceae | Savane | Herbe | | | | X | | X | |
| <i>Mitragyna stipulosa</i> (DC.) Kuntze | 1.52 | Rubiaceae | Forêt | Arbre | | | X | | | X | X |
| <i>Entandrophragma angolense</i> C. DC. | 1.47 | Meliaceae | Forêt | Arbre | X | | | | | | X |
| <i>Entandrophragma cylindricum</i> Sprague | 1.47 | Meliaceae | Forêt | Arbre | X | | | | | | X |
| <i>Macaranga monandra</i> Müll.Arg. | 1.38 | Euphorbiaceae | Forêt | Arbre | | | X | | | | X |
| <i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels | 1.35 | Combretaceae | Forêt | Arbre | | | | X | | | X |
| <i>Milicia excelsa</i> (Gallois) CCBerg | 1.31 | Moraceae | forêt | Arbre | | | X | | | | X |
| <i>Vitex domiana</i> Douce | 1.13 | Lamiaceae | Forêt et savane | Arbre | | | X | | | X | |
| <i>Vitex ferruginea</i> Schumach. & Thonn. | 1.13 | Lamiaceae | Forêt et savane | Arbre | | | X | | | X | |
| <i>Caloncoba welwitschii</i> (Oliv.) Gilg | 1 | Achariaceae | Forêt | Arbuste | | | | X | | | |
| <i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth. | 0.99 | Fabaceae | Forêt | Arbre | X | | | | | | X |
| <i>Sterculia tragacantha</i> Lindl. | 0.92 | Malvaceae | Forêt | Arbre | | | X | | | | |
| <i>Holarrhena floribunda</i> T. Durand & Schinz | 0.91 | Apocynaceae | Forêt | Arbre | | | | | | X | |

| | | | | | | | |
|--|------|----------------|-----------------|------------|---|---|---|
| <i>Milletia versicolor</i> Welw. ex Baker | 0.87 | Fabaceae | Savane | Arbre | X | | |
| <i>Brachystegia laurentii</i> (De Wild.) Louis ex J.Léonard | 0.86 | Fabaceae | Forêt | Arbre | | | X |
| <i>Nauclea latifolia</i> Sm. | 0.83 | Rubiaceae | Forêt et savane | Arbuste | | X | |
| <i>Trilepisium madagascariense</i> DC. | 0.8 | Moraceae | Forêt | Arbre | | X | |
| <i>Symphonia globulifera</i> Lf | 0.78 | Clusiaceae | Forêt et savane | Arbre | | X | |
| <i>Melinis amethystea</i> (Franch.) Zizka | 0.73 | Poaceae | Savane | Herbe | | | X |
| <i>Eriosema glomeratum</i> (Guil. & Perr.) Hook.f. | 0.64 | Fabaceae | Savane | Arbrisseau | | | X |
| <i>Eriosema psoraleoides</i> (Lam.) G.Don | 0.64 | Fabaceae | Savane | Arbrisseau | | | X |
| <i>Hymenocardia acida</i> Tul. | 0.63 | Phyllanthaceae | Forêt et savane | Arbuste | | | X |
| <i>Haumania liebrechtsiana</i> (De Wild. & T.Durand) J.Léonard | 0.59 | Marantaceae | Forêt | Herbe | X | | |
| <i>Burkea africana</i> Crochet. | 0.57 | Fabaceae | Savane | Arbre | | X | |
| <i>Acacia auriculiformis</i> A.Cumm. ex Benth. | 0.48 | Fabaceae | Cultivée | Arbre | | | X |
| <i>Leptoderris fasciculata</i> (Benth.) Dunn | 0.45 | Fabaceae | Forêt | Liane | X | | |
| <i>Albizia gummifera</i> (J.F.Gmel.) C.A. Sm. | 0.44 | Fabaceae | Forêt | Arbre | X | | |
| <i>Leptoderris hypargyrea</i> Dunn | 0.44 | Fabaceae | Forêt | Liane | X | | |
| <i>Albizia lebbek</i> (L.) Benth. | 0.4 | Fabaceae | Forêt | Arbre | X | | |
| <i>Antidesma membranaceum</i> Müll.Arg. | 0.37 | Phyllanthaceae | Forêt et savane | Arbre | | | X |
| <i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb. | 0.33 | Myristicaceae | Forêt | Arbre | | X | X |
| <i>Amphimas pterocarpoides</i> Harms | 0.19 | Fabaceae | Forêt | Arbre | | | X |
| <i>Craterispermum cerinanthum</i> Hiern | 0.13 | Rubiaceae | Forêt | Arbre | | | X |

Tableau 7. S4. Usages multiples des plantes hôtes des chenilles populaires du Kwilu et leur importance culturelle (IC) selon chaque type d'usage. Chaque colonne du tableau indique l'importance culturelle de chaque espèce d'hôtes des chenilles. Le chiffre « 0 » indique que la plante n'est pas exploitée dans cette catégorie

| Famille | Plante hôte | IC Artisanat et technologie | IC Autres | IC Bois d' oeuvres | IC Charbons | IC Construction | IC Culturel | IC Médicinal | IC Total |
|---|---|-----------------------------|-----------|--------------------|-------------|-----------------|-------------|--------------|----------|
| Achariaceae | <i>Caloncoba welwitschii</i> (Oliv.) Gilg | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,78 | 0 | 1 | 2,78 |
| Apocynaceae | <i>Alstonia congensis</i> Angl. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,83 | 0,83 |
| | <i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf | 0,92 | 0,92 | 0 | 0,92 | 0,92 | 0 | 0,7 | 4,38 |
| | <i>Holarrhena floribunda</i> T. Durand & Schinz | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,89 | 0 | 0,89 | 5,42 |
| Clusiaceae | <i>Symphonia globulifera</i> Lf | 0,78 | 0 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0 | 0,25 | 3,37 |
| Combretaceae | <i>Combretum racemosum</i> P.Beauv. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,83 | 0,83 |
| | <i>Terminalia superbe</i> Engl. & Diels | 0,94 | 0 | 0,94 | 0,94 | 0,94 | 0 | 0 | 3,76 |
| Euphorbiaceae | <i>Macaranga monandra</i> Müll.Arg. | 0 | 0 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0 | 0,80 | 3,2 |
| | <i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel | 1 | 0,72 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6,72 |
| Fabaceae | <i>Acacia auriculiformis</i> A.Cunn. ex Benth. | 0 | 0,51 | 0 | 0,51 | 0,51 | 0 | 0 | 1,53 |
| | <i>Albizia adianthifolia</i> Schumach.) W. Wight | 0,76 | 0,68 | 0 | 0,79 | 0,79 | 0 | 0,74 | 3,76 |
| | <i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth. | 0 | 0,53 | 0,53 | 0,53 | 0,53 | 0 | 0 | 2,12 |
| | <i>Albizia gummifera</i> (J.F.Gmel.) C.A. Sm. | 0 | 0 | 0 | 0,44 | 0,44 | 0 | 0 | 0,88 |
| | <i>Albizia lebbek</i> (L.) Benth. | 0,40 | 0 | 0 | 0,40 | 0,40 | 0 | 0,40 | 1,6 |
| | <i>Amphimas pterocarpoides</i> Harms | 0,20 | 0 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0 | 0,20 | 1 |
| | <i>Brachystegia laurentii</i> (De Wild.) Louis ex Hoyle | 0,87 | 0,45 | 0,87 | 0,87 | 0,87 | 0 | 0,34 | 4,27 |
| | <i>Burkea africana</i> Crochet. | 0,5 | 0 | 0 | 0,57 | 0,5 | 0 | 0,25 | 1,82 |
| | <i>Eriosema glomeratum</i> (Guil. & Perr.) Hook.f. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Eriosema psoraleoides</i> (Lam.) G.Don | 0 | 0,14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,55 | 0,69 |
| | <i>Erythrophleum africanum</i> (Benth.) | 0,81 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0,27 | 5,08 |
| | <i>Leptoderris congolensis</i> (De Wild.) Dunn | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Leptoderris fasciculata</i> (Benth.) Dunn | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,45 | 0,45 |
| | <i>Leptoderris hypargyrea</i> Dunn | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Leptoderris nobilis</i> (Wilw. ex Baker) Dunn | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Millettia drastica</i> Welw.ex Baker | 0,96 | 0 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0 | 0,96 | 4,8 | |
| <i>Millettia eetveldeana</i> (Micheli) Hauman | 0 | 0 | 0 | 0,93 | 0,93 | 0 | 0,81 | 2,67 | |

| Famille | Plante hôte | IC Artisanat et technologie | IC Autres | IC Bois d' oeuvres | IC Charbons | IC Construction | IC Culturel | IC Médicinal | IC Total |
|----------------|--|-----------------------------|-----------|--------------------|-------------|-----------------|-------------|--------------|----------|
| Fabaceae | <i>Millettia laurentii</i> De Wild. | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 6.79 |
| | <i>Millettia macroura</i> Harms | 0 | 0,85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.85 |
| | <i>Millettia versicolor</i> Welw. ex Baker | 0,87 | 0 | 0,87 | 0,87 | 0,87 | 0,87 | 0,64 | 4.99 |
| | <i>Pentaclethra eetveldeana</i> De Wild. & T. Durand | 0,79 | 0 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0 | 0,93 | 4.63 |
| | <i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth. | 0,99 | 0 | 1 | 0,96 | 1 | 0 | 0,97 | 4.92 |
| | <i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook. f) Brenan | 0,99 | 0 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0 | 0,99 | 4.95 |
| Lamiaceae | <i>Vitex doniana</i> Douce | 0,43 | 0,43 | 0 | 0,43 | 0 | 0 | 0 | 1.29 |
| | <i>Vitex ferruginea</i> Schumach. & Thonn. | 0,43 | 0,43 | 0 | 0,43 | 0 | 0 | 0 | 1.29 |
| Lecythidaceae | <i>Petersianthus macrocarpus</i> (P.Beauv.) Liben | 0,99 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0,97 | 4.96 |
| Malvaceae | <i>Sterculia tragacantha</i> Lindl. | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | | 0,85 | 5.45 |
| Marantaceae | <i>Haumania liebrechtsiana</i> (De Wild. & T.Durand) J.Léonard | 0 | 0,60 | 0 | 0 | 0,60 | 0 | 0 | 1.2 |
| Meliaceae | <i>Entandrophragma angolense</i> C. DC. | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0,75 | 4.75 |
| | <i>Entandrophragma cylindricum</i> Sprague | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0,75 | 4.75 |
| Moraceae | <i>Milicia excelsa</i> (Gallois) CC Berg | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 5.95 |
| | <i>Trilepisium madagascariense</i> DC. | 0,8 | 0,71 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0 | 0,09 | 4 |
| Myristicaceae | <i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb. | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0 | 0,17 | 1.02 |
| Phyllanthaceae | <i>Antidesma membranaceum</i> Müll.Arg. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,37 | 0 | 0,37 | 0.74 |
| | <i>Hymenocardia acida</i> Tul. | 0 | 0,64 | 0 | 0,64 | 0,64 | 0 | 0,64 | 2.56 |
| | <i>Uapaca guineensis</i> Müll.Arg. | 0,91 | 0,22 | 0 | 0,91 | 0,91 | 0 | 0,25 | 3.2 |
| Poaceae | <i>Hyparrhenia diplandra</i> (Hack.) Stapf | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0,05 | 2.05 |
| | <i>Imperata cylindrica</i> (L.) Rausch. | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0,20 | 2.2 |
| | <i>Melinis amethystea</i> (Franch.) Zizka | 0 | 0,74 | 0 | 0 | 0,74 | 0 | 0 | 1.48 |
| Rubiaceae | <i>Craterispermum cerinanthum</i> Hiern | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Mitragyna stipulosa</i> (DC.) Kuntze | 0,76 | 0,78 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,78 | 2.32 |
| | <i>Nauclea latifolius</i> (Sm.) Sm. | 0,57 | 0,84 | 0 | 0,84 | 0 | 0 | 0,52 | 2.77 |

Chapitre 5

**Composition et apports nutritionnels
potentiels des chenilles comestibles**



5.1. Introduction

De nombreuses informations taxonomiques sur les chenilles comestibles de l'Ouest de la RDC (chapitre 1) soulignent l'importance de cette ressource dans la culture alimentaire locale, tout en mettant en évidence de fragiles équilibres quant à la disponibilité de ces aliments, qui disparaissent progressivement. Les chenilles constituent une source alternative de protéine en lieu et place de la viande, souvent inaccessible à une certaine catégorie de la population de la région (Mbemba, 2013 ; Mbemba *et al.*, 2023). Cependant, la caractérisation chimique de certaines des chenilles consommées et l'évaluation de leur contribution à la sécurité alimentaire demeurent encore largement méconnues.

Néanmoins, grâce à la littérature, les données sur les valeurs nutritionnelles de certaines espèces sont disponibles. Cependant, elles sont généralement très diversifiées, fragmentaires et incomplètes (CSB CEBioS, 2023 ; Péliissier *et al.*, 2018). Il est important de mentionner que *C. forda*, en raison de son importance économique, est la chenille la mieux documentée. Cependant, les données à son sujet varient selon les auteurs, tout comme pour *I. epimethea* et *I. truncata*. En revanche, d'autres espèces, telles que *A. catocaloides* et *C. caenis*, sont beaucoup moins connues.

De plus, de nombreuses études confirment la qualité nutritionnelle des insectes, notamment des chenilles, en tant que source de protéines (avec des taux allant de 40 g à 75g/100g de poids sec) fournissant des acides aminés essentiels représentant 46 à 96% des acides aminés totaux (Alves *et al.*, 2019 ; Kouřimská et Adámková, 2016 ; Odunayo *et al.*, 2020). Les chenilles sont également riches en lipides avec une proportion élevée en acides gras polyinsaturés (acides linoléique et α -linoléique) essentiels au développement des enfants et des nourrissons (Pietrobelli *et al.*, 2017 ; Sigh *et al.*, 2023). En outre, elles constituent une source importante de minéraux tels que le calcium, le fer et le zinc (FAO, 2013a).

Au regard de cette situation, il est essentiel de mener une caractérisation nutritionnelle sur les espèces les plus connues et consommées, car la composition chimique peut varier en fonction du régime alimentaire et de l'environnement de chaque espèce. Ce chapitre vise à répondre à la question de recherche (5).

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la composition de douze espèces de chenilles de la zone d'étude, parmi les mieux connues et consommées afin d'apprécier leur valeur nutritionnelle potentielle. Il s'agit aussi d'identifier les espèces qui pourraient le mieux contribuer à satisfaire, du moins en partie, les besoins nutritionnels des consommateurs.

5.2. Matériels et méthodes

5.2.1. Collecte et préparation des échantillons

Douze espèces de chenilles à leur dernier stade larvaire ont été collectées dans leurs différents habitats (forêts et savanes) des territoires d'Idiofa et de Masi-Manimba dans la province du Kwilu, à l'Ouest de la RDC. Alors que, onze espèces, bien connues, ont été identifiées sur base de clés dichotomiques de Mabossy-Mobouna *et al.* (2016), des échantillons d'*Imbrasia ertli* (Rebel, 1904) ont été envoyés au Musée des sciences animales Senckenberg de Dresde en Allemagne pour une identification moléculaire (analyse ADN). Les échantillons utilisés dans cette étude étaient constitués de chenilles préparées selon la méthode culinaire traditionnelle. Elles ont été cuites par ébullition dans de l'eau légèrement salée pendant environ 15 minutes puis séchées au soleil à une température modérée de 20°C pendant trois jours. Les chenilles ont été broyées à l'aide d'un broyeur (IKA M20 ; Janke & Kunkel GmbH & CO KG, Staufen, Germany) et les farines ont été conservées à -20°C pour analyse ultérieure.

5.2.2. Dosage des macronutriments

La matière sèche des poudres de chenilles a été analysée par dessiccation d'1 g de chaque espèce des chenilles dans une étuve à 105°C jusqu'à poids constant. Ces résultats ont permis de corriger les teneurs en protéines et lipides, les exprimant en g/100g de matières sèches. La teneur en cendres a été déterminée sur 1 g de matière sèche après incinération dans un four à moufle (L5/12/C6 ; Nabertherm GmbH, Lilienthal, Germany) à 550°C pendant une nuit.

La teneur en azote total a été déterminée en double selon la méthode de Dumas à l'aide de l'analyseur Rapid N Cube (Elementar Analysensysteme GmbH, Hanau, Allemagne) sur 0,2g d'échantillon. L'acide aspartique a été utilisé comme référence et la teneur en protéines est donnée via la conversion % N x 4,76 selon Janssen *et al.*

(2017). Les acides aminés ont été dosés dans *Achaea catocaloides* (Guenée, 1852), une espèce très consommée mais dont la valeur nutritionnelle reste inconnue, par chromatographie liquide haute performance HPLC (Agilent 1100) selon Nielsen (2021).

Les lipides totaux ont été déterminés en triplicat par la méthode de Folch *et al.* (1957). La composition en acides gras a été analysée par chromatographie en phase gazeuse selon Hoc *et al.* (2020).

Des valeurs indicatives sur la teneur en glucides totaux et la valeur énergétique de chaque chenille ont été calculées. En utilisant les recommandations proposées par Nielsen (2021), nous avons assimilé à des glucides le complément à 100% de la somme des protéines et des lipides totaux. « Total carbohydrate content of a food must be calculated by subtraction of the sums of the crude protein, total fat, and ash in a serving from the total weight of the food (i.e., total carbohydrate is determined by difference) ». Les valeurs énergétiques ont été déterminées sur base de pourcentage de macronutriments et de leur valeur énergétique moyenne intrinsèque ou facteurs d'énergie spécifique : Valeur énergétique = (% protéines x 4 kcal) + (% lipides x 9 kcal) + (% glucides x 4 kcal) (Mabossy-Mobouna *et al.*, 2017 ; Oriowolo *et al.*, 2021).

5.2.3. Analyse des minéraux

Pour la détermination des éléments minéraux (sur base de la matière sèche), les échantillons ont été, préalablement séchés à 60°C jusqu'à masse constante, broyés (< 2mm) puis minéralisés pendant deux heures sous reflux avec de l'eau régale selon la norme NBN EN 16174. Les divers dosages ont été réalisés par spectrométrie d'absorption atomique selon Mabossy-Mobouna *et al.* (2018). Les teneurs en sélénium (Se) et mercure (Hg) ont été déterminées par des techniques spécifiques, respectivement par génération hydrure pour le Se et sous forme de vapeur froide (ISSeP, 2014) pour Hg.

5.2.4. Evaluation de la qualité protéique des chenilles

Les principaux indicateurs de la qualité des protéines des aliments sont leur teneur en protéines, leur composition en acides aminés et leur digestibilité iléale (Chriki *et al.*, 2023 ; Malla *et al.*, 2023). L'une des approches les plus couramment utilisées pour

l'évaluation de la qualité protéique est le score d'acides aminés indispensables (SAAI). Il a été calculé selon les modèles de notation d'AA comme recommandé par la FAO (2013b) pour les enfants d'âge compris entre six mois-trois ans (jeunes enfants) et pour les enfants plus âgés, les adolescents et les adultes, selon la formule : $SAAI = 100 \times (\text{mg d'un AAI dans 1 g de protéine testée} / \text{mg du même AAI dans 1 g de modèle de référence})$. L'acide aminé pour lequel le pourcentage est le plus bas est dit « limitant », c'est ce pourcentage qui constitue le SAAI.

Cependant, la méthode la plus efficace recommandée, encore de nos jours, par la FAO (2013b) est le score d'acides aminés indispensables digestibles SAAID qui utilise la véritable digestibilité iléale des AAI dont la nouvelle technique de mesure développée est le double traceur isotopique (Devi *et al.*, 2018). Pourtant, aucune donnée n'est disponible sur les véritables coefficients iléaux de la digestibilité des AAI des espèces des chenilles comestibles et trop peu sur les insectes. Ainsi, à titre indicatif, les moyennes des coefficients iléaux standardisés (CIS) des insectes disponibles, ont été utilisées et sont présentées dans le tableau 4. Les CIS considérés concernent les insectes suivants : deux espèces de mouches : *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (mouche soldat noire), avec six échantillons différents : déshydratées ayant les matières grasses < 20 %, déshydratées ayant les matières > 20 %, partiellement dégraissées, farine et extrudé, larves entières et dégraissées, échantillon normal (non transformées), un échantillon de *Musca domestica* (Linnaeus, 1758) (mouche domestique); deux espèces de ténébrions : un échantillon d'*Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) et deux échantillons de *Tenebrio molitor* (Linnaeus, 1758) (larves de ver de farine) : déshydratées et non déshydratées (normal) ; deux espèces de grillons, *Acheta domesticus* (Linnaeus, 1758) et *Grylloides sigillatus* (Walker, 1869) (INRAE-CIRAD-AFZ Feed tables <https://feedtables.com/content/table-feed-profile> ; Malla *et al.*, 2022, Tan *et al.*, 2020; Housseindoust *et al.*, 2023 ; Crosbie *et al.*, 2020 ; Tansil *et al.*, 2022).

Tableau 8. Coefficients iléaux standardisés (%) moyens des AAI de quelques insectes

| Histidine | Isoleucine | Leucine | Lysine | SAA ¹ | AAA ² | Thréonine | Tryptophane | Valine |
|-----------|------------|---------|--------|------------------|------------------|-----------|-------------|--------|
| 82 | 83 | 86 | 85 | 83 | 88 | 84 | 81 | 83 |

¹Acides aminés soufrés (SAA) ; ²Acides aminés aromatiques (AAA)

Le SAAID a été calculé selon les deux modèles précités et les formules suivantes :
Teneur en AAID (AAI digestibles) = mg d'AAI dans 1 g de protéine de l'aliment x CIS de l'AAI correspondant (1)

Ratio de référence des AAID = mg de 1 g de protéine alimentaire / mg du même AAI alimentaire dans 1 g de la protéine de référence (Modèle de notation) (2)

AAID (%) = 100 x valeur la plus basse du ratio de référence AAID (3).

5.2.5. Analyse statistique

Les résultats ont été analysés avec le logiciel R 4.3.1. au seuil de signification de 5 % et présentés sous forme de moyenne \pm écart type (SD). Avant de procéder à l'analyse de variance (ANOVA), les tests de Shapiro et Leven ont été effectués sur les données pour évaluer leur normalité. Les conditions d'application étant remplies, une ANOVA unidirectionnelle suivie du test de comparaison de moyenne de Tukey (HSD) a été utilisée pour comparer les moyennes des différents macronutriments des chenilles. Les données du tableau de composition alimentaire FAO/INFOODS pour l'Afrique de l'ouest (Vincent *et al.*, 2020), concernant les aliments protéiques « traditionnels » fréquemment consommés dans la région, ont été comparées aux teneurs en protéines des chenilles de différentes espèces étudiées dans la présente recherche. Il s'agit de la chair brune du poulet domestique *Gallus gallus domesticus* (Linnaeus, 1758) rôtie avec la peau (sans sel ni graisse) et de l'œuf (*e.i.* spécifiquement le blanc de l'œuf dont la protéine majeure est l'ovalbumine), de la viande de chèvre *Capra hircus* (Linnaeus, 1758) (environ 10 % de matière grasse, sans sel ni graisse), et du filet grillé du poisson *Tilapia* sp. (sans sel ni graisse). Ces comparaisons ont été établies en utilisant les données disponibles dans la littérature scientifique pour les mêmes espèces de chenilles, toutes recalculées en tenant compte du facteur de conversion standard de 4,76 pour évaluer les teneurs en protéines. La teneur en matière grasse des chenilles a été aussi comparée à celle des huiles couramment utilisées en milieu coutumier au Kwilu, à savoir les huiles de palme et d'arachide. Les teneurs en acides aminés d'A. *catocaloides* a été comparée aux données disponibles sur les acides aminés des espèces courantes. Des différences significatives ont été considérées à $p < 0,05$.

5.3. Résultats

5.3.1. Espèces de chenilles collectées

Les douze espèces de chenilles collectées pour les analyses nutritionnelles ont été identifiées jusqu'au niveau de l'espèce (Tableau 9). Il est important de noter que l'une des particularités de cette étude est l'identification d'*I. ertli* (objet de nombreuses confusions taxonomiques), une première en RDC et dans la province du Kwilu. Ces espèces se répartissent en quatre familles avec une dominance de Saturniidae (sept espèces, soit 58,33%). Alors que huit d'entre elles, soit 66,67%, ont été récoltées dans les forêts, les quatre autres (33,33%) ont été prises dans les savanes. De plus, ces chenilles entrent dans la liste des espèces les mieux connues et préférées par la population de la province du Kwilu. Alors que la majorité est relativement disponible, *Elaphrodes lactea* (Gaede, 1932) est l'une de celles qui sont presque en voie de disparition dans la région. Tandis qu'*I. ertli* (Rebel, 1904) et *Haplozana nigrolineata* (Aurivillius, 1901) respectivement sont très limitées à certaines zones.

Tableau 9. Liste de chenilles collectées pour les analyses nutritionnelles. Ce sont les chenilles les plus connues et consommées par la population de la région.

| Famille | Espèce | Habitat |
|--------------|--|---------|
| Erebidae | <i>Achaea catocaloides</i> (Guinée, 1852) | Forêt |
| | <i>Achaea</i> sp. | Savane |
| Notodontidae | <i>Elaphrodes lactea</i> (Gaede, 1932) | Forêt |
| | <i>Haplozana nigrolineata</i> (Aurivillius, 1901) | Savane |
| Nymphalidae | <i>Cymothoe caenis</i> (Drury, 1773) | Forêt |
| Saturniidae | <i>Cirina forda</i> (Westwood, 1849) | Savane |
| | <i>Gonimbrasia petiveri</i> (Guérin-Méneville, 1845) | Forêt |
| | <i>Imbrasia epimethea</i> (Drury, 1773) | Forêt |
| | <i>Imbrasia ertli</i> (Rebel, 1904) | Savane |
| | <i>Imbrasia obscura</i> (Butler, 1878) | Forêt |
| | <i>Imbrasia trucanta</i> (Aurivillius, 1909) | Forêt |
| | <i>Pseundantheraea discrepans</i> (Butler, 1878) | Forêt |

5.3.2. Composition proximale

La composition des diverses chenilles étudiées est reprise au tableau 10. A titre de comparaison, les teneurs de quelques aliments communément consommés en RDC sont également fournies.

La teneur en protéines des chenilles analysées variait de 36,1g/100g à 57,6 g/100g. En considérant les familles (Tableau 10), les Saturniidae ont une teneur moyenne élevée ($47,8 \pm 7,1$ g/100 g) suivie d'Erebidae ($42,8 \pm 5,4$ g/100 g), de Notodontidae ($42,5 \pm 6,7$ g/100 g) et enfin des Nymphalidae atteint 39,4 g/100 g. En ce qui concerne les espèces, la teneur moyenne en protéines était significativement différente entre les douze espèces principales de chenilles ($p < 0,05$) (Tableau 10). La teneur la plus élevée ($57,6 \pm 0,2$ g/100 g) a été trouvée chez *I. ertli* alors que la plus faible ($30,3 \pm 0,3$ g/100 g) était retrouvée chez *I. obscura*. Des teneurs proches sont observées entre les différentes espèces de Saturniidae, particulièrement entre *I. trucanta*, *I. epimethea* et *G. petiveri*. Comparés aux aliments protéiques considérés, près de la moitié des chenilles ont des niveaux élevés en protéines par rapport aux des aliments traditionnels considérés.

La teneur moyenne en lipides la plus élevée est observée chez les Saturniidae ($24,8 \pm 12,9$ g/100 g), suivie de Nymphalidae (21,8 g/100 g), Notodontidae ($21,7 \pm 12,2$ g/100 g) et Erebidae ($19 \pm 4,3$ g/100 g). La teneur la plus faible en lipides a été trouvée chez *G. petiveri* ($6,1 \pm 0,0$ g/100 g) (Tableau 10). Il est également pertinent de noter que *P. discrepans* (Butler, 1878) et *I. obscura*, caractérisées par des teneurs lipidiques élevées mais des niveaux de protéines relativement bas, présentent des niveaux similaires de lipides et de protéines. En effet, les données indiquent que *P. discrepans* affiche des valeurs de $41,1 \pm 0,1$ g/100 g pour les protéines et de $39,2 \pm 3,9$ g/100 g pour les lipides, tandis qu'*I. obscura* présente des valeurs de $36,1 \pm 0,3$ g/100 g pour les protéines et de $39,5 \pm 2,2$ g/100 g pour les lipides. Contrairement au poisson tilapia (6,7) dont la teneur est presque similaire à celle de *G. petiveri*, la teneur en lipides de la poule domestique (48,6 g/100 g) est plus élevée que celle de toutes les espèces de chenilles.

Tableau 10. Composition proximale de quelques chenilles comestibles les plus connues (g/100g et Kcal/100 g sur base de matière sèche)¹

| Chenilles | Protéines | Lipides | Cendres | Glucides totaux | Energie (Valeur Calculée) |
|---|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| <i>Achaea catocaloides</i> | 38,9±0,1 ^f | 22,0±0,4 ^{cd} | 9,5±0,0 ^e | 29,6 | 472 |
| <i>Achaea</i> sp. | 46,6±0,1 ^d | 15,9±1,0 ^{de} | 7,2±0,0 ^e | 30,3 | 451 |
| <i>Elaphrodes lactea</i> | 47,2±0,1 ^c | 30,3±3,7 ^b | 4,1±0,0 ^j | 18,4 | 535 |
| <i>Haplozana nigrolineata</i> | 37,8±0,1 ^g | 13,1±0,7 ^e | 7,7±0,0 ^f | 41,4 | 435 |
| <i>Cymothoe caenis</i> | 39,4±0,2 ^e | 21,8±0,5 ^{cd} | 11,3±0,0 ^c | 27,5 | 464 |
| <i>Cirina forda</i> | 48,1±0,0 ^c | 24,1±2,0 ^{bc} | 7,1±0,0 ^g | 20,7 | 492 |
| <i>Gonimbrasia petiveri</i> | 50,7±0,0 ^{bc} | 6,1±0,0 ^f | 9,8±0,1 ^d | 33,4 | 391 |
| <i>Imbrasia epimethea</i> | 51,0±0,1 ^{bc} | 30,3±3,2 ^b | 6,3±0,1 ⁱ | 12,4 | 526 |
| <i>Imbrasia ertli</i> | 57,6±0,2 ^a | 11,0±2,1 ^{ef} | 16,1±0,1 ^a | 15,3 | 391 |
| <i>Imbrasia obscura</i> | 36,1±0,3 ^h | 39,5±2,2 ^a | 12,6±0,1 ^b | 11,8 | 547 |
| <i>Imbrasia trucanta</i> | 49,9±0,1 ^b | 23,5±1,3 ^c | 7,0±0,0 ^h | 19,6 | 490 |
| <i>Pseudanththeraea discrepans</i> | 41,1±0,1 ^e | 39,2±3,9 ^a | 9,5±0,0 ^e | 10,2 | 558 |
| F value | 2417 | 72,64 | 2841 | | |
| P value | 0,05 | 0,05 | 0,05 | | |
| Df | 11 | 11 | 11 | | |
| Aliments protéiques « traditionnels en RDC » | | | | | |
| <i>Capra hircus</i> (Linnaeus, 1758) (viande) ² | 59,4 | 26,3 | 3,5 | 10,8 | 518 |
| <i>Tilapia</i> sp. (filet grillé, sans sel ni graisse) ² | 83,1 | 6,7 | 8,5 | 1,7 | 400 |
| <i>Gallus gallus domesticus</i> (Linnaeus, 1758) (chair brune du poulet avec la peau grillée) ² | 52,5 | 48,6 | 2,5 | 3,6 | 662 |
| Oeuf de <i>Gallus gallus domesticus</i> ² | 50,0 | 40,9 | 5,9 | 3,2 | 581 |

¹Toutes les valeurs des chenilles sont exprimées sous forme de déterminations en triple (écart type moyen). Les moyennes de la même colonne portant des lettres différentes sont significativement différentes et celles qui portent des lettres identiques indiquent une différence non significative ($P < 0,05$). Toutes les composantes sont exprimées en g/100 g sauf les cendres qui sont exprimées en % et la valeur énergétique, en Kcal/100g. ²Vincent et al., 2020. FAO/INFOODS Food Composition Table for Western Africa, 2019

Les espèces présentant la teneur la plus élevée en cendres (Tableau 10) sont *I. ertli* (16,1±0,1 %), *I. obscura* (12,6±0,1 %) et *C. caenis* (11,3±0,0 %). L'espèce *E. lactea* a présenté des teneurs faibles en lipide (4,1±0,0 %).

En ce qui concerne les teneurs en glucides totaux, *H. nigrolineata* (41,4 g/100 g) a la teneur la plus élevée ; suivie de *G. petiveri*, *Achaea* sp., *A. catocaloides* et *C. caenis*.

Par contre les chenilles *P. discrepans* (10,2 g/100 g), *I. obscura* (11,8 g/100 g) et *I. epimethea* (12,4 g/100 g) ont les plus faibles niveaux de toutes.

En termes de valeurs énergétiques, *P. discrepans*, *I. obscura*, *E. lactea* et *I. epimethea* se distinguent avec les valeurs les plus élevées, atteignant respectivement 558 kcal/100g, 547 kcal/100g, 535 kcal/100g et 526 kcal/100g. Ces valeurs avoisinent relativement celle de la chèvre domestique. En revanche, *I. ertli* et *G. petiveri* se démarquent avec les valeurs énergétiques les plus basses de toutes, à savoir 391 kcal/100g chacune, des valeurs proches à celle du poisson tilapia (400 kcal/100g). Les valeurs énergétiques de toutes les chenilles sont inférieures à celle de la poule domestique 662 kcal/100g et celle de l'œuf 581 kcal/100g.

5.3.3. Les acides aminés

Les protéines des chenilles d'*A. catocaloides* (Tableau 11) sont constituées de dix-huit acides aminés, parmi lesquels figurent les neuf acides aminés indispensables (AAI), totalisant $21,1 \pm 0,3$ g/100g.

Parmi ces AAI, la leucine ($3,2 \pm 0,1$ g/100g), la lysine ($2,8 \pm 0,0$ g/100g), la valine ($2,6 \pm 0,0$ g/100g), l'isoleucine ($2,3 \pm 0,0$ g/100g), le phénylalanine ($2,1 \pm 0,1$ g/100g) et la thréonine ($2,0 \pm 0,0$ g/100g) sont les plus abondants, tandis que le tryptophane, la méthionine et l'histidine sont les acides aminés mineurs chez *A. catocaloides*. L'acide glutamique ($7,6 \pm 0,0$ g/100g) et l'acide aspartique ($4,7 \pm 0,0$ g/100g), sont les acides aminés prépondérants.

Les données indiquent que la somme de tous les AAI d'*A. catocaloides* ($21,1 \pm 0,3$ g/100g) est la plus petite de toutes les chenilles et de tous aliments protéiques traditionnels. Cependant, celles d'*I. epimethea* (55,1 g/100g) et d'*I. truncata* (53,7 g/100g) sont les plus élevées de toutes. Le tryptophane, l'un des AAI limitant dans l'alimentation humaine, est parmi les chenilles.

Tableau 11. La composition en acides aminés(g/100g) de diverses chenilles selon une analyse au laboratoire (*A. catocaloides*) et les données de la littérature pour les autres chenilles et aliments traditionnels

| Acides aminés ^{8,9} | Chenilles | | | | | | Aliments protéiques « traditionnels en RDC » | | | |
|------------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--|--|--|-------------------------------|
| | Erebidae | Notodontidae | Saturniidae | | | | Caprin | Poisson | Volaille | |
| | <i>Achaea catocaloides</i> | <i>Elaphrodes</i> sp. ¹ | <i>Cirina forda</i> ¹ | <i>Imbrasia epimethea</i> ² | <i>Imbrasia obscura</i> ³ | <i>Imbrasia truncata</i> ² | <i>Capra hircus</i> ⁴ | <i>Tilapia guineensis</i> ⁵ | <i>Gallus g. domesticus</i> ⁶ | Œuf (ovalbumine) ⁷ |
| Val | 2,6±0,0 | 3,3±0,2 | 3,6±0,1 | 10,2 | 2,7 | 10,2 | 4,9±0,2 | 3,1 | 5,1 | 5,4 |
| Ile | 2,3±0,0 | 2,3±0,1 | 2,7±0,1 | 2,9 | 2,4 | 2,4 | 2,9±0,2 | 3,3 | 5,2 | 4,8 |
| Leu | 3,2±0,1 | 3,7±0,1 | 3,9±0,1 | 8,1 | 3,3 | 7,3 | 7,9±0,4 | 6,3 | 7,6 | 6,2 |
| Lys | 2,8±0,0 | 4,1±0,1 | 4,4±0,1 | 7,4 | 3,3 | 7,9 | 6,8±0,4 | 4,0 | 8,5 | 7,7 |
| Thr | 2,0±0,0 | 2,6±0,0 | 3,1±0,0 | 4,8 | 2,9 | 4,7 | 5,6±0,3 | 3,8 | 4,3 | 3,0 |
| Phe | 2,1±0,1 | 2,6±0,1 | 2,8±0,0 | 6,5 | 3,2 | 6,2 | 3,0±0,1 | 4,6 | 4,1 | 4,1 |
| Trp | 0,5±0,0 | 1,0±0,2 | 0,7±0,3 | 1,6 | 1 | 1,7 | nd ¹⁰ | 1,2 | nd | 1,0 |
| His | 1,3±0,0 | 2,0±0,0 | 2,2±0,0 | 2,0 | 2 | 1,7 | 2,7±0,2 | 2,8 | 3,1 | 4,1 |
| Met | 1,0± 0,1 | 1,1±0,0 | 1,0± 0,0 | 2,2 | 1,1 | 2,2 | 1,8±0,1 | 1,6 | nd | 3,1 |
| TAAI¹¹ | 21,1±0,3 | 26,9 | 29,0 | 55,1 | 26,6 | 53,7 | 35,6 | 34,8 | 37,9 | 39,4 |
| Tyr | 2,9±0,3 | 3,6±0,0 | 3,6±0,1 | 7,5 | 4,1 | 7,7 | nd | 2,8 | nd | 1,8 |
| Arg | 2,3±0,0 | 3,1±0,1 | 3,3±0,1 | 6,6 | 2,9 | 5,6 | 5,7±0,2 | 5,6 | nd | 11,7 |
| Asp | 4,7±0,0 | 4,9±0,1 | 5,4±0,1 | Nd | 4,8 | nd | nd | 9,0 | nd | 6,2 |
| Ser | 1,9±0,0 | 2,6±0,0 | 3,2±0,0 | Nd | 2,8 | nd | nd | 3,5 | nd | 6,8 |
| Glu | 7,6±0,0 | 6,6±0,1 | 7,1±0,1 | Nd | 6,2 | nd | nd | 14,5 | nd | 9,9 |
| Gly | 2,2±0,0 | 2,4±0,0 | 2,8±0,0 | Nd | 2,5 | nd | nd | 3,5 | nd | 3,4 |
| Ala | 2,7±0,0 | 2,9±0,0 | 3,0± 0,1 | Nd | 2,7 | nd | nd | 3,0 | nd | 6,7 |
| Pro | 2,3±0,1 | 2,4±0,1 | 2,9±0,2 | Nd | 3,5 | nd | nd | 3,9 | nd | 2,8 |
| Cys | 0,4±0,0 | 0,6±0,0 | 1,0±0,0 | 1,9 | 0,6 | 1,7 | nd | 1,3 | nd | 1,3 |
| ¹² TAA | 44,6±0,8 | 51,7 | 56,5 | - | 52 | - | - | 77,8 | - | 90,0 |

¹Nsevolo *et al.*, 2022 ; ²Kodondi *et al.*, 1987 ; ³Mabossy-Mobouna *et al.*, 2018 ; ⁴Ferreira, 2004 ; ⁵Aremu *et al.*, 2021 ; ⁶Ghosh *et al.*, 2017 ; ⁷Fleurence *et al.*, 2018 ; ⁸Valine (val), isoleucine (Ile), leucine (Leu), lysine (Lys), thréonine (Thr), phénylalanine (Phe), tryptophane (Trp), histidine (His), méthionine (Met), tyrosine (Tyr), arginine (Arg), acide aspartique (Asp), Sérine (Ser), acide glutamique (Glu), glycine (Gly), alanine (Ala), proline (Pro), cystine (Cys) ; ⁹Ecart-type (...); ¹⁰nd : acide aminé non déterminé ; ¹¹TAAI : total d'acides aminés indispensables ; ¹²TAA : total d'acides aminés.

5.3.4. Qualité protéique des chenilles

Les SAAI des protéines des chenilles (Tableau 12) étaient presque similaires dans les deux modèles de notation d'AA considérés. Les scores d'isoleucine étaient plus élevés dans *I. epimethea* (89 % et 95 %) et *I. truncata* (76 % et 81 %), respectivement, que dans les autres espèces. Par conséquent, Ile est l'AAI limitant de ces deux espèces qui, en plus, affichent des valeurs excédentaires (> 100) pour la très grande majorité de leurs AAI. Par contre, les valeurs de la leucine étaient plus petites chez toutes les autres chenilles, spécifiquement chez *A. catocaloides* (48 % pour les enfants de 0,6 à 3 mois et 52 % pour les autres enfants, adolescents et adultes). La Leu était donc le premier AAI limitant chez la majorité des chenilles étudiées (exceptées *I. epimethea*, *I. truncata*). Tous les AAI d'*A. catocaloides* ont des valeurs déficientes, à l'exception du complexe méthionine et cystine (AAA), dont les valeurs sont excédentaires, dans le modèle de notation pour les autres enfants, adolescents et adultes.

Tableau 12. Score d'acides aminés indispensables digestibles de quelques chenilles comestibles populaires du Kwilu sur la base des valeurs FAO (2013) pour les enfants d'âge préscolaire et pour les autres enfants, adolescents et adultes^{1,2}

| Ages | His | Ile | Leu | Lys | SAA | AAA | Thr | Trp | Val | SAAI % ³ |
|---|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|---------------------|
| Modèle de notation pour 6 mois-3 ans³ | 20 | 32 | 66 | 57 | 27 | 52 | 31 | 8,5 | 43 | |
| <i>Achaea catocaloides</i> | 0,65 | 0,71 | 0,48 | 0,49 | 0,52 | 0,96 | 0,65 | 0,56 | 0,60 | 48 |
| <i>Elaphrodes</i> sp. | 0,98 | 0,73 | 0,56 | 0,71 | 0,61 | 1,19 | 0,84 | 1,16 | 0,77 | 56 |
| <i>Cirina forda</i> | 1,12 | 0,84 | 0,58 | 0,77 | 0,73 | 1,21 | 0,98 | 0,84 | 0,84 | 58 |
| <i>Imbrasia epimethea</i> | 0,99 | 0,89 | 1,23 | 1,30 | 1,52 | 2,69 | 1,55 | 1,88 | 2,37 | 89 |
| <i>Imbrasia obscura</i> | 1 | 0,75 | 0,50 | 0,58 | 0,63 | 1,40 | 0,94 | 1,18 | 0,63 | 50 |
| <i>Imbrasia truncata</i> | 0,87 | 0,76 | 1,11 | 1,38 | 1,43 | 2,67 | 1,51 | 1,94 | 2,37 | 76 |
| Modèle de notation pour >3 ans⁴ | 16 | 30 | 61 | 48 | 23 | 41 | 25 | 6,6 | 40 | |
| <i>Achaea catocaloides</i> | 0,81 | 0,76 | 0,52 | 0,59 | 0,61 | 1,22 | 0,80 | 0,72 | 0,64 | 52 |
| <i>Elaphrodes</i> sp. | 1,22 | 0,77 | 0,61 | 0,85 | 0,72 | 1,51 | 1,04 | 1,5 | 0,83 | 61 |
| <i>Cirina forda</i> | 1,4 | 0,90 | 0,63 | 0,91 | 0,85 | 1,54 | 1,22 | 1,08 | 0,9 | 63 |
| <i>Imbrasia epimethea</i> | 1,23 | 0,95 | 1,33 | 1,55 | 1,79 | 3,41 | 1,92 | 2,42 | 2,55 | 95 |
| <i>Imbrasia obscura</i> | 1,25 | 0,80 | 0,54 | 0,69 | 0,74 | 1,78 | 1,16 | 1,52 | 0,68 | 54 |
| <i>Imbrasia truncata</i> | 1,09 | 0,81 | 1,20 | 1,64 | 1,68 | 3,39 | 1,88 | 2,50 | 2,55 | 81 |

¹Histidine (His), isoleucine (Ile), leucine (Leu), lysine (Lys), acides aminés soufrés (AAS), acides aminés aromatiques (AAA), thréonine (Thr), tryptophane (Trp), valine (Val) ; ²Les acides aminés des valeurs en gras sont les premiers AA limitants ; ³Score d'acides aminés indispensables (SAAI). ^{3,4}Les chiffres en jaune indiquent les valeurs des besoins en AAI recommandées par la FAO selon le groupe d'âge.

Parallèlement, les valeurs SAAID (Tableau 13) estimées pour répondre aux besoins en AA pour les personnes des catégories d'âges considérées ont montré une tendance similaire à celle de SAAI pour toutes les espèces de chenilles.

Tableau 13. Valeurs SAAID estimées pour quelques chenilles comestibles populaires du Kwilu sur la base des valeurs FAO (2013) pour les enfants d'âge préscolaire et pour les autres enfants, adolescents et adultes^{1,2}

| Ages | His | Ile | Leu | Lys | SAA | AAA | Thr | Trp | Val | SAAID % ² |
|---|-----------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|----------------------|
| Modèle de notation pour 6 mois-3 ans³ | 20 | 32 | 66 | 57 | 27 | 52 | 31 | 8,5 | 43 | |
| <i>Achaea catocaloides</i> | 0,53 | 0,59 | 0,41 | 0,42 | 0,43 | 0,84 | 0,54 | 0,45 | 0,50 | 41 |
| <i>Elaphrodes</i> sp. | 0,80 | 0,60 | 0,48 | 0,61 | 0,51 | 1,05 | 0,70 | 0,94 | 0,64 | 48 |
| <i>Cirina forda</i> | 0,92 | 0,70 | 0,50 | 0,65 | 0,60 | 1,07 | 0,83 | 0,68 | 0,70 | 50 |
| <i>Imbrasia epimethea</i> | 0,81 | 0,74 | 1,06 | 1,11 | 1,26 | 2,37 | 1,30 | 1,52 | 1,97 | 74 |
| <i>Imbrasia obscura</i> | 0,82 | 0,62 | 0,43 | 0,49 | 0,52 | 1,24 | 0,79 | 0,95 | 0,52 | 43 |
| <i>Imbrasia truncata</i> | 0,71 | 0,63 | 0,95 | 1,18 | 1,19 | 2,35 | 1,27 | 1,57 | 1,97 | 63 |
| Modèle de notation pour >3 ans⁴ | 16 | 30 | 61 | 48 | 23 | 41 | 25 | 6,6 | 40 | |
| <i>Achaea catocaloides</i> | 0,67 | 0,63 | 0,44 | 0,50 | 0,50 | 1,07 | 0,67 | 0,58 | 0,53 | 44 |
| <i>Elaphrodes</i> sp. | 1 | 0,64 | 0,52 | 0,72 | 0,60 | 1,33 | 0,87 | 1,22 | 0,69 | 52 |
| <i>Cirina forda</i> | 1,15 | 0,74 | 0,54 | 0,78 | 0,71 | 1,35 | 1,02 | 0,87 | 0,75 | 54 |
| <i>Imbrasia epimethea</i> | 1,01 | 0,79 | 1,14 | 1,31 | 1,48 | 3 | 1,61 | 1,96 | 2,12 | 79 |
| <i>Imbrasia obscura</i> | 1,03 | 0,66 | 0,47 | 0,58 | 0,61 | 1,57 | 0,97 | 1,23 | 0,56 | 46 |
| <i>Imbrasia truncata</i> | 0,89 | 0,67 | 1,03 | 1,40 | 1,40 | 2,98 | 1,58 | 2,03 | 2,12 | 66 |

¹Histidine (His), isoleucine (Ile), leucine (Leu), lysine (Lys), acides aminés soufrés (AAS), acides aminés aromatiques (AAA), thréonine (Thr), tryptophane (Trp), valine (Val) ; ²Score d'AAI digestibles (DIAAS) ; ^{3,4}Les chiffres en jaune indiquent les valeurs des besoins en AAI recommandées par la FAO selon le groupe d'âge.

Elles ont classé *I. epimethea* au premier rang, suivie d'*I. truncata*, tandis qu'*A. catocaloides* a occupé le dernier rang. En effet, alors que toutes les chenilles ont des valeurs SAAID < 75 %, seule *I. epimethea* a son SAAID égale à 79 %, suivie d'*I. truncata* (66 %), pour les individus de plus de 3 ans. Dans cette catégorie, les rapports de référence calculés pour chaque AAI digestibles (AAID) chez les deux espèces sont presque tous supérieurs 75 % et leur AA limitant est Ile. Cependant, les SAAID enregistrés chez *A. catocaloides* étaient plus petits dans les deux groupes d'âge, spécifiquement pour les jeunes enfants (41 %). De plus, tous les AAID ont des valeurs < 75 %, sauf le complexe AAA dont ce rapport est égal à 1,07 % pour les plus âgés. En termes générales, les SAAID pour toutes les espèces de chenilles considérées étaient plus petits pour les jeunes enfants que pour les plus âgés. En outre, dans les deux groupes d'âges, la Leu était le premier AA limitant chez la majorité d'espèces, *A. catocaloides*, *I. obscura*, *E. lactea*, *C. forda*, respectivement.

5.3.5. Les acides gras

Treize acides gras différents ont été identifiés au sein des différentes espèces de chenilles (Tableau 12. S4). En comparant le profil des acides gras selon les familles des chenilles, il ressort que les Saturniidae contiennent en abondance ALA et l'acide stéarique, tandis que les autres familles, Erebidae, Notodontidae et Nymphalidae contiennent tous les autres acides gras en quantités appréciables (Tableau 12. S4). Les acides gras polyinsaturés (AGPIs) sont les plus représentés chez la plupart des chenilles par rapport aux acides gras saturés (AGs) et monoinsaturés (AGMIs). Les niveaux d'AGPIs étaient plus élevés chez *I. epimethea* (56,9 %) que chez *I. obscura* (28,2 %). Chez toutes les chenilles, à l'exception d'*A. catocaloides*, l'acide alpha-linolénique (ALA) prédomine sur l'acide linoléique (LA) (Tableau supplémentaire S4) avec un pourcentage maximal retrouvé chez *C. caenis* ($42,0 \pm 0,2$ %), la concentration minimale étant trouvée chez *A. catocaloides* ($15,6 \pm 0,1$ %). Par conséquent, presque toutes les espèces présentent des proportions en acides ALA et LA qui varient entre 0,7 chez *A. catocaloides* et 5,7 chez *C. caenis* (5,7). De ces espèces, huit ont un ratio ALA/LA particulièrement élevé proche de 5.

Cependant, les chenilles d'*I. obscura* et *E. lactea*, spécifiquement contiennent des concentrations élevées en C16 : 0 et C18 : 0, représentant par exemple 64,3 % et 46,7 % des acides gras respectivement chez *I. obscura* et *E. lactea*. Les niveaux d'AGs étaient plus faibles dans les chenilles d'*Achaea* sp. (35 %). En ce qui concerne les AGMIs, C18 : 1n9 est le principal et il est spécifiquement abondant chez *A. catocaloides* ($21,2 \pm 0,1$ %) et très faible chez *I. obscura* ($5,0 \pm 0,7$) (Tableau 12. S4).

5.3.6. Composition minérale

Les chenilles étudiées contiennent une diversité de minéraux, en des quantités appréciables (Tableau 13. S5) et ces derniers varient significativement selon les espèces. Chez toutes les chenilles, les macroéléments (Figure 22) essentiels les plus abondants sont principalement le sodium et le potassium, tandis que les microéléments les plus représentés sont le Fe et Zn.

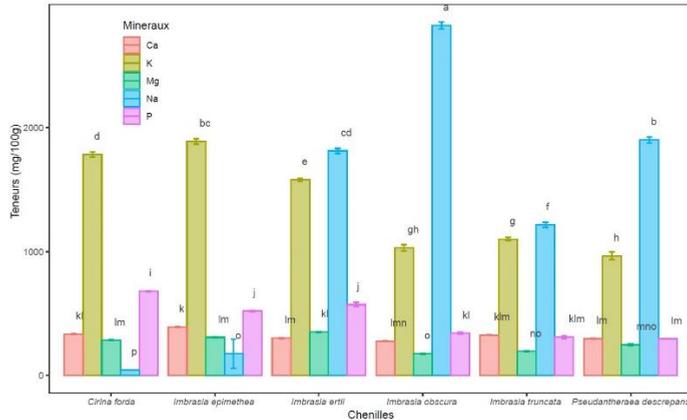


Figure 22. Composition en macroéléments essentiels des chenilles de Saturniidae. Chacun de ces minéraux est représenté par une couleur typique : calcium (Ca) en rouge, potassium (K) en jaune, magnésium (Mg) en vert, sodium (Na) en bleu, phosphore (P) en rose. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre ces minéraux ($p < 0.05$).

Les concentrations en fer prédominent sur tous les autres microéléments (Figure 23) chez les chenilles de Saturniidae. Elles varient entre 10 et 53,6 mg/100g ; tandis que celles de zinc se trouvent dans la plage de 6,8 – 17,4 mg/100g. L'espèce *I. truncata* se distingue par des teneurs les plus élevées en ces deux microéléments (e.i. $51,08 \pm 4,2$ pour le Fe et $17,41 \pm 0,5$ pour Zn), contrairement à *P. discrepans* qui en a en très faibles quantités. Les chenilles d'*I. epimethea* ont des teneurs appréciables en ces deux minéraux, tandis que *C. forda*, caractérisée par des teneurs aussi élevées en fer, est moins riche en zinc ($7,67 \pm 0,2$ mg/100 g).

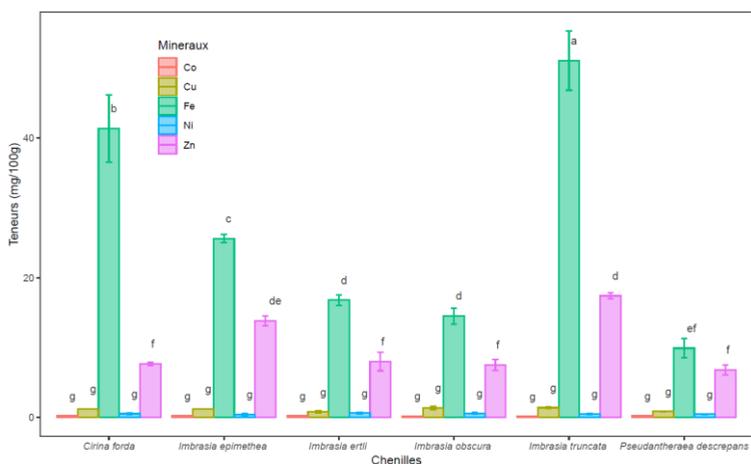


Figure 23. Composition en microéléments essentiels des chenilles de Saturniidae. Chacun de ces minéraux est représenté par une couleur typique : cobalt (Co) en rouge, cuivre (Cu) en jaune, fer (Fe) en vert, nickel (Ni) en bleu, zinc (Zn) en rose. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre ces minéraux ($p < 0.05$).

Les concentrations de Pb, Cd et Hg ont été comparés aux limites autorisées par le règlement (UE) 1881/2006 sur les contaminants pour les invertébrés. Cependant rien n'est signalé pour le Se. En considérant le Pb, presque toutes les chenilles ont des concentrations inférieures aux limites autorisées pour les Céphalopodes (1 mg/kg) et pour les mollusques bivalves (1,5 mg/kg), à l'exception d'*I. obscura* (4,8 mg/kg) et *I. epimethea* (3,9 mg/kg) dont les valeurs dépassent largement les limites établies. Pour le Cd, seule *H. nigrolineata* présente des concentrations plus élevées que celles autorisées (1 mg/kg) pour les céphalodes et les mollusques bivalves. Cependant, toutes les valeurs de Hg (< 0,1 mg/kg), et même celles de Se, se sont avérées inférieures aux limites fixées, à l'exception de la concentration en Se pour *Achaea* sp. qui est de 0,7 mg/kg.

5.4. Discussion

Au début de cette recherche, des questions ont été posées sur la composition nutritionnelle des chenilles et il a été supposé qu'elles représentent une source alimentaire particulièrement intéressante en nutriments. C'est ce qui est discutée dans les lignes qui suivent. Toutes les analyses des compositions nutritionnelles réalisées dans ce travail ont été effectuées sur des chenilles préparées par cuisson. Les valeurs

obtenues sont représentatives de l'« aliment chenille » tel qu'il est consommé par la population de l'Ouest de la RDC.

5.4.1. *Espèces de chenilles collectées*

Le problème de confusions taxonomiques, comme souligné par Mabossy-Mobouna *et al.* (2022a), est récurrent, en raison de nombreuses identifications faites sur base de caractéristiques morphologiques et sur des photos. Plusieurs fois, *I. epimethea* a été dénommée par erreur comme étant *I. erli*, ce qui serait dû à leur ressemblance morphologique (Lunga, 2017 ; Mapunzu, 2004 ; Nsevelo *et al.*, 2023). En effet, tant les plantes nourricières que les noms vernaculaires qui lui sont assignées sont celles d'*I. epimethea* (Mapunzu, 2004), alors qu'elle est savanicole et très spécifique, se nourrissant sur *Erythrophleum africanum* (Welw. ex Benth.) Harms. En outre, l'importance des Saturniidae et Notodontidae a été soulignée par de nombreux auteurs en RDC (Looli *et al.*, 2021 ; Mabossy-Mobouna *et al.*, 2022b ; Nsevelo *et al.*, 2023b) et au Kwilu (Madamo *et al.*, 2023/2024). De même, la préférence de la forêt, comme habitat des chenilles du Kwilu, justifierait la dominance de Saturniidae dont le régime alimentaire exige des composés phénoliques contenus spécifiquement dans les feuilles de grands arbres (Janzen, 1981).

5.4.2. *Protéines*

Les teneurs en protéines des chenilles étudiées varient entre 36,1-57,6 g/100g du poids sec. Ce qui est presque similaire aux valeurs reportées dans la littérature, soit 38,1 - 52,9 g/100g du poids sec (avec FC = 4,76), pour les Lépidoptères. Celle d'*I. erli* (val) est supérieure à celle de *C. forda* (val), qui est la chenille de référence pour le régime alimentaire dans la région. Les protéines représentent le nutriment le plus représenté chez les insectes, suivi de la matière grasse (Alves *et al.*, 2019 ; Bonneau, 2020 ; de Castro *et al.*, 2018 ; Matos et Castro, 2021 ; Nowak *et al.*, 2016 ; Rumpold et Schlüter, 2013). La différence dans les teneurs en protéines entre les espèces et entre les familles serait principalement liée à la génétique de l'espèce mais aussi à son régime alimentaire (Boudrez et Chriki, 2022 ; Odunayo *et al.* 2020 ; Rivas-Navia *et al.*, 2023).

Ces teneurs en protéines des chenilles montrent qu'elles représentent une ressource alimentaire alternative dans des régions où des sources protéiques conventionnelles sont généralement inaccessibles. Les données reprises dans le tableau (10) montrent

qu'il n'y a pas un très grand écart entre la teneur en protéines de certaines chenilles, comme *I. ertli*, *I. epimethea*, *G. petiveri*, *I. truncata*, *C. forda*, respectivement, et celles des aliments conventionnels, tels que la viande de poule (chair brune du poulet avec la peau grillée) et l'œuf. Cependant, leurs teneurs sont inférieures à celle du filet grillé du poisson tilapia (Vincent *et al.*, 2020. FAO/INFOODS, 2019), ($67,8 \pm 0,3$ g/100g) (Aremu *et al.*, 2021). Comme reporté par Bukanda *et al.* (2023), le poids sec de *C. forda* représente 25% de son poids frais ; nous pouvons alors estimer la teneur en protéine dans notre étude à 12 g/100 g des chenilles fraîches. Cette valeur est presque similaire à celle de l'œuf de poule, soit 12,6 g/100 g de matière fraîche. Etant donné que la limite inférieure de l'étiquette « riche en protéines » est de 10 g/100 g portion comestible, la majorité des chenilles seraient estimées riches en protéines (Fogang *et al.*, 2019) et elles constituent une source alternative intéressante des protéines.

Selon la recommandation de la FAO/OMS (2016), le besoin moyen en protéines pour les adultes en bonne santé est de 0,66 g/kg de poids corporel de protéines par jour (l'apport de référence étant 0,83 g/kg/jour de protéines). Ainsi, un adulte de 70 kg aurait un besoin de 46,2 g de protéines par jour. Par leur teneur en protéines, les chenilles peuvent permettre de couvrir partiellement le besoin journalier en protéines d'un adulte en fonction de la quantité consommée. N'ayant pas déterminée la teneur en eau des chenilles à l'état frais, il semble difficile de recommander la quantité des chenilles à consommer. Les données reprises dans le tableau (10) ont été obtenues sur base de la matière sèche de laboratoire, ce qui n'est pas la forme unique sous laquelle les chenilles sont consommées.

Parallèlement, dans les zones d'approvisionnement à l'Ouest de la RDC, notamment dans les territoires d'Idiofa et de Masi-Manimba, la fréquence de consommation des chenilles est limitée à la saisonnalité. Des grandes quantités de chenilles sont consommées uniquement pendant la saison de récolte, variable selon les régions géographiques (Madamo *et al.*, 2023 ; Mabossy-Mobouna *et al.*, 2021a). Cette consommation insuffisante des chenilles est généralement liée à plusieurs facteurs. La vente des chenilles constitue une grande source de revenu pour les ménages, permettant de résoudre des problèmes multiples (e.g. scolarité des enfants, leur entretien, leurs soins de santé). A cet effet, la part de chenilles réservée pour la vente est alors plus importante que la réserve alimentaire des ménages ruraux, créant ainsi une rupture de stock. Cette situation est accentuée par la baisse de production, en raison de l'usage des techniques destructrices de l'environnement pour la récolte des chenilles (e.g. abattage d'arbres, récolte précoce de chenilles, récolte de toutes les chenilles et parfois des chrysalides). Ce qui conduit à la rareté des chenilles sur les

marchés et à leur cherté, les rendant ainsi inaccessible pour de nombreux ménages, tant ruraux que urbains dont le budget est faible (Madamo *et al.*, 2023 ; Mabossy-Mobouna *et al.*, 2021a). Ce qui pourrait expliquer, entre autres, les prévalences élevées de la malnutrition au-delà du fait que la RDC soit le point chaud de l'entomophagie (et de la campéophagie) (Mabossy-Mobouna *et al.*, 2021a).

5.4.3. La qualité protéique des chenilles

La somme des AAI d'*I. truncata* (537 mg/g) et surtout celle d'*I. epimethea* (551 mg/g) sont de loin plus élevées que les modèles de notation des acides aminés recommandés, respectivement pour les enfants de six mois à trois ans (336,5 mg/g) et pour les plus âgés (*e.i.* autres enfants, adolescents et adultes) (290,6 mg/g) (FAO, 2013b). Elles sont aussi largement supérieures à celles des aliments protéiques conventionnels considérés (Ferreira, 2004 ; Aremu *et al.*, 2021 ; Ghosh *et al.*, 2017 ; Fleurence *et al.*, 2018).

La qualité des protéines des aliments est liée à sa capacité à fournir des acides aminés indispensables (AAI) pour répondre aux besoins de l'organisme (Chriki *et al.*, 2023). Elle a été estimée dans cette étude à la fois à partir de leurs scores en AAI et de leurs SAAID, tous calculés à partir d'AA limitant identifié et selon les modèles de notation d'AA comme recommandé par la FAO pour les deux modèles précités. Les deux résultats sont presque proches, bien que les valeurs de SAAID soient plus basses conformément à ce qui était déjà signalé (FAO, 2013b ; Malla *et al.*, 2022). Dans les deux approches, la leucine est l'AA limitant de toutes les chenilles, à l'exception d'*I. truncata* et *I. epimethea* qui sont limitées en isoleucine. Les valeurs seuils SAAID de ces deux espèces sont estimées plus élevées par rapport aux autres. Chez ces espèces comme signalé par de nombreux auteurs (Bonneau, 2020 ; Odunayo *et al.*, 2020 ; Rumpold et Schlüter, 2013 ; Rivas-Navia *et al.*, 2023), les AAI leucine, SAA, AAA, thréonine, tryptophane, valine et spécifiquement lysine sont en quantité excédentaire pour les plus âgés (*e.i.* autres enfants, les adolescents et les adultes). La consommation des chenilles de ces deux espèces pour tous les enfants pourrait résoudre la carence en lysine du maïs et surtout du manioc (Oba *et al.*, 2019 ; Ghosh *et al.*, 2016) qui constituent les aliments de base dans la région. En effet, dans le modèle de plus âgés, toutes les chenilles sont riches en AAA et la majorité en tryptophane et thréonine. Tous les AAI d'*A. catocaloides* sont limitants et sa protéine serait qualifiée « d'incomplète ».

La qualité des protéines varie entre les espèces des chenilles et les valeurs seuils SAAID estimées classent *I. epimethea* comme source de protéines de « bonne qualité », principalement pour les plus âgés (79 %) contrairement aux autres qui sont estimées de faible qualité en raison de leurs SAAID < 75 % (FAO, 2013b). Cette variation serait liée à leur composition biochimique et à leur alimentation (Boudrez et Chriki, 2022 ; Odunayo *et al.* 2020 ; Rivas-Navia *et al.*, 2023). Il est soutenu que les larves de Lépidoptères constituent l'un des groupes ayant la digestibilité supérieure à 90 % (Chriki *et al.*, 2023). De plus, cette faible qualité pourrait être expliquée principalement par l'absence des données sur les véritables coefficients iléaux de la digestibilité des AAI des espèces des chenilles comestibles. En effet, il est important de noter que Malla *et al.* (2022) sont actuellement les seuls à évaluer les protéines des insectes par l'approche de SAAID (Malla *et al.*, 2023). De plus, certains auteurs estiment que le mode de cuisson et leur contenu en chitine, de même de nombreuses carences en AAI, pourrait affecter leur digestibilité (Chriki *et al.*, 2023 ; Herreman *et al.*, 2020 ; Oba *et al.*, 2019 ; Poelaert *et al.*, 2018).

En effet, les valeurs SAAID estimées pour les chenilles sont inférieures à ceux des espèces de grillons comestibles pour l'homme (*G. sigillatus* et *A. domesticus*) et à celle de *A. diaperinus* pour les animaux dont les valeurs seuils SAAID sont respectivement 92 %, 89 % et 83 % mais celle d'*I. epimethea* est supérieure au SAAID de *H. illucens* (68 %) (Malla *et al.*, 2022). La qualité nutritionnelle des chenilles est aussi inférieure à celle des aliments protéiques traditionnels dont les valeurs SAAID sont égales ou supérieures à 100 % (*e.i.* poisson tilapia 100 %, œuf 101 %, poulet 117 %) (Herreman *et al.*, 2020 ; Oba *et al.*, 2019 ; Shaheen *et al.*, 2016). Toutefois, en attendant les études approfondies sur leur qualité, les protéines des chenilles sont potentiellement précieuses pour la consommation des humains qui sont, selon Chriki *et al.*, 2023 ; Kawasaki *et al.*, 2021, capables de digérer partiellement la chitine grâce à leurs chitinases, l'AMCase et la chitotriosidase.

5.4.4. Lipides

Les teneurs en lipides dans les chenilles de l'Ouest de la RDC se sont révélées analogues à celles signalées par des différents auteurs. Elles varient entre 6 et 40 g/100g du poids sec, et constituent de ce fait le deuxième composant nutritif des chenilles (Boudrez et Chriki, 2022 ; Ewald *et al.*, 2020 ; Matos et Castro, 2021 ; Rumpold et Schlüter, 2013). Dans cette recherche, contrairement aux données de certains auteurs (FAO, 2013a ; Rumpold et Schlüter, 2013), les Saturniidae sont

généralement plus lipidiques que les Notodontidae. Ce qui est en accord avec les résultats, d'une part de Lautenschläger *et al.* (2017) en ce qui concerne *P. discrepans*, identifiée comme l'espèce la plus lipidique, d'autre part d'Elenga *et al.* (2024) relatifs à la faible teneur de *H. nigrolineata* (9,8 %). En termes généraux, les chenilles de la région ont des niveaux lipidiques largement supérieurs à celles d'autres zones phytogéographiques (Adriaens, 1953 ; Atowa *et al.*, 2021 ; Daboh, 2021 ; Mabossy-Mobouna *et al.*, 2018 ; Malaisse et Parent, 1980 ; Mbemba, 2013 ; Okangola *et al.*, 2016). Ces différences seraient dues, en plus de l'alimentation, à l'environnement, la distribution géographique, la saison (Rivas-Navia *et al.*, 2023).

Bien qu'inférieures aux teneurs lipidiques de la poule locale et de son œuf, les teneurs dans toutes les chenilles sont largement supérieures à celles du poisson tilapia et presque à celle de la viande de chèvre. En effet, Les résultats de Fogang (2019) révèlent des teneurs en lipides totaux similaires pour *I. epimethea* et *I. truncata*, environ 6,8 g/100 g sur base de MH (avec environ 22,7 g/100 g MS chacune). Il indique que ces teneurs sont supérieures à celles des poissons maquereau et carpe, soit 5,6 g/100 g MH et à celle de la viande de bœuf maigre, désossée et crue, soit 4,3 g/100 g MH. Le besoin journalier moyen des adultes en lipides totaux étant de 0,8 g/kg de poids corporel (Anses, 2016), un adulte de 70 kg aura besoin d'un apport quotidien de 56 g de lipides. Il est estimé que la majorité des chenilles sont des bonnes sources lipidiques. Ce qui serait un avantage dans le contexte de la province où la malnutrition est aussi un problème de carence énergétique comme il est connu pour les pays en développement (Illa et Yuguero, 2022).

5.4.5. Les acides gras des chenilles

La qualité des lipides est une évaluation multidimensionnelle impliquant des analyses physico-chimiques. Néanmoins, la composition en acides gras (une analyse nutritionnelle) est essentielle pour cette qualité et son intérêt réside, en plus, leur apport en acides gras essentiels pour les hommes (Chantakun *et al.*, 2024 ; Fogang, 2019). Il est préalablement intéressant de souligner que l'abondance respective des acides ALA, LA, C16 :0, C18 :0 et C18:1n9 dans les chenilles est en accord avec les résultats de nombreux auteurs (Bukkens, 2005 ; de Castro *et al.*, 2018 ; Elenga *et al.*, 2024 ; Mabossy-Mobouna *et al.*, 2017 ; Rumpold et Schlüter, 2013 ; Tzompa-Sosa *et al.*, 2014 ; Womeni *et al.*, 2009). Cette richesse en acides gras, spécifiquement en ALA (atteignant 42 g/100 g MS), serait principalement attribuée à leur régime alimentaire étant donné que les végétaux en sont les principales sources alors que les

poissons gras, parmi les viandes animales, contiennent le plus d'acides eicosapentaénoïque (EPA) et docohexaénoïque (DHA), les dérivés d'ALA (Blondeau et Schneider, 2006 ; Gontier *et al.*, 2004).

La presque totalité de chenilles, particulièrement *C. caenis*, *I. truncata*, *P. discrepans* et *E. lactea*, ont un ratio ALA/LA élevé proche de 5 qui représente la proportion optimale recommandée par la FAO (Legrand, 2013). C'est par exemple le cas d'*I. truncata* dont le ratio de la présente étude est 4,9, exactement comme celui trouvé par Mabossy-Mobouna *et al.* (2017). Toutes ces espèces contribueraient davantage à ALA qu'à LA, comme déjà signalé par Elenga *et al.* (2024), et cela serait favorable au bon fonctionnement de l'organisme. En effet, il a été rapporté que les régimes alimentaires enrichis en ALA, plutôt qu'en LA, entraînerait des effets bénéfiques et contribuerait à l'amélioration de la santé humaine (Pisani et Ailhaud, 2019). De plus, le ratio entre les acides gras polyinsaturés et saturés de chacune d'espèces est > 40 , conformément aux résultats d'Elenga *et al.* (2024). Par contre, les huiles alimentaires classiques, dont par exemple l'arachide ou le palme, huiles répandues en RDC, sont très déficitaires en ALA par rapport à LA. Par exemple, il est reporté que l'huile de palme contient 50 % d'AGS, principalement l'acide palmitique, et 50 % d'AGPI, le plus représenté étant l'acide oléique et pas d'ALA (Sambanthamurthi *et al.*, 2000). Les chenilles de *A. catocaloides* sont également très peu intéressantes au point de vue de leur apport potentiel en acides gras polyinsaturés (Brasseur *et al.*, 2004 ; Legrand, 2013).

Il est important de noter qu'*I. obscura* est l'unique du groupe à avoir le niveau de saturation le plus élevé, soit 67 % du profil lipidique, C18 :0 étant le plus représenté (54 %). Ces résultats sont contradictoires avec ceux de Mabossy-Mobouna *et al.* (2018) chez qui les acides gras saturés de la même espèce ne représentent que 36,9 % du profil total. Cette différence serait principalement due au régime alimentaire de l'espèce qui varie selon les zones géographiques. En effet, les chenilles analysées par Mabossy-Mobouna *et al.* (2018) ont été récoltées sur *Lophira alata* Banks ex C.F.Gaertn, tandis que celles de la présente étude l'ont été sur *Pentaclethra macrophylla* Benth dont les feuilles contiennent des niveaux élevés des AGs, dont par exemple 8,2 % de C18 :0 (Iwu *et al.*, 2016).

Ces quelques observations conduisent au constat que la présence de chenilles dans le régime alimentaire des populations locales ne peut être que favorable car cela assure une diversification des acides gras fournis et ce quelles que soient les quantités consommées. Effectivement, la consommation quasi exclusive d'huile de palme

comme principale source de matières grasses se trouve ainsi complétée par les lipides d'insectes beaucoup plus polyinsaturés. De plus, l'importance nutritionnelle de ALA et LA (ces deux acides gras essentiels) est bien reconnue, principalement pour le développement sain des enfants et des nourrissons (Michaelsen *et al.*, 2009) qui sont très exposés à la malnutrition.

5.4.6. Les glucides totaux et les valeurs énergétique

Les teneurs en glucides totaux trouvées chez les chenilles analysées variaient entre 10,2 g/100g et 41,4 g/100 g, ce qui n'est pas en accord avec les rapports selon lesquels les insectes sont généralement pauvres en glucides (Bbosa *et al.*, 2019 ; Illa et Yuguero, 2022). Ces proportions élevées pourront être influencées, entre autres, par des concentrations importantes en fibres alimentaires caractéristique des insectes dont la chitine (Chura, 2019 ; Illa et Yuguero, 2022). En effet, des auteurs ont rapporté que la chitine et le glycogène sont les principaux glucides des insectes (Kim *et al.*, 2019). Pour affiner la mesure, il faudra déterminer réellement la composition des fibres et affecter la valeur qu'il faut. Cela justifierait, par exemple, le fait que la concentration en *C. forda* (20,7 g/100 g) de cette étude soit plus élevée que 4,6 et 5,3 g/100 g obtenues ailleurs, représentant le glucide non fibreux ou extrait sans azote (Atowa *et al.*, 2021 ; Malaisse et Parent, 1980).

Cependant, d'autres paramètres comme le régime alimentaire et l'environnement pourront aussi contribuer aux variations importantes des teneurs en glucides totaux pour les mêmes espèces. C'est le cas de *I. truncata* dont la teneur est de 19,6 g/100 g dans la présente étude contre 11,1 et 1,5 g/100 g ; d'*I. epimethea*, avec 12,4 g/100 g contre 5,3 g/100 g analysées dans d'autres pays (Fogang *et al.*, 2019 ; Mabossy-Mobouna *et al.* ; 2017). Parallèlement, *I. obscura*, 11,8 g/100 g de la présente étude contre 1,5 g/100 g chez Mabossy-Mobouna *et al.* (2018). Toutefois, les plus faibles teneurs obtenues chez *P. discrepans*, *I. obscura* et *I. epimethea* pourront être expliquer par leur forte teneur en lipides. A cet égard, il est clair que les chenilles ne sont pas des bonnes sources des glucides requis pour le métabolisme humain comme déjà indiqué par de nombreux auteurs (Bbosa *et al.*, 2019 ; Illa et Yuguero, 2022). Cela, en dehors du fait que les glucides estimés ne soient pas digestibles pour apprécier leur apport journalier, et que le besoin d'un homme adulte remonte à environ 400 à 700 g de glucides sous forme d'amidon (FAO/OMS, 2016).

Les valeurs énergétiques obtenues pour les chenilles sont élevées comme indiqué pour les insectes, ce qui peut être attribué principalement à leurs teneurs élevées en lipides (Bbosa *et al.*, 2019 ; Kourmska et Adamkova, 2016). La chenille la moins énergétique de toutes est *I. ertli*, ce qui confirme le rapport de Kourmska et Adamkova (2016) pour qui les insectes riches en protéines ont une teneur énergétique plus faible. Ces résultats sont conformes à ceux de nombreux auteurs en ce qui concerne *P. discrepans*, *C. forda*, *I. truncata* (Daboh, 2021 ; Mabossy-Mobouna *et al.*, 2017 ; Okangola *et al.*, 2016). Cependant, *C. caenis* (464 kcal) est qualifiée de moins énergétique chez Okangola *et al.* (2016). Toutes ces variations pourraient être dues à la différence des méthodes d'analyses utilisées mais aussi aux paramètres déjà évoqués comme le régime alimentaire (Rivas-Navia *et al.*, 2023). Bien que les valeurs énergétiques obtenues soient théoriques, il est estimé que 83,3 % des chenilles de cette recherche sont plus énergétiques que le poisson tilapia (Aremu *et al.*, 2021 ; Vincent *et al.*, 2020).

5.4.7. Composition en minéraux des chenilles

Les chenilles présentent des concentrations appréciables en minéraux (de Castro *et al.*, 2018 ; Foua Bi *et al.*, 2015 ; Kouřimská et Adámková, 2016 ; Mabossy-Mobouna *et al.*, 2021b ; Manditsera *et al.*, 2019 ; Oriolowo *et al.*, 2021). Ces teneurs varient en fonction des espèces, de leur régime alimentaire, leur provenance et même la saison (Boudrez et Chriki, 2022 ; Odunayo *et al.* 2020). Les teneurs en Na de la majorité des échantillons d'espèces des Saturniidae apparaissent relativement élevées contrairement aux chenilles d'autres familles (Tableau 15. S5). Ces fortes teneurs pourraient être expliquées par le mode de cuisson traditionnel qui consiste à une ébullition des chenilles dans de l'eau salée (si légère soit-elle). En effet, les analyses représentent non pas des chenilles fraîches mais bien des chenilles préparées comme on le fait dans le milieu coutumier. Néanmoins, des concentrations de même niveau ont été rapportées, par exemple pour *I. ertli* (2418 mg/100 g pour Na contre 1204 mg/100 g pour K) (Santos Oleivera *et al.*, 1975).

Parmi les chenilles de Saturniidae, seules *C. forda* et *I. epimethea* ont obtenus des faibles ratios Na/K (< à 1, variables selon les espèces) dus à des teneurs très élevées en K ; ce qui les rendrait intéressant pour un bon fonctionnement de l'organisme (Aremu *et al.*, 2021 ; Oriolowo *et al.*, 2021). En effet, il est indiqué qu'un rapport plus élevé (Na/K > 1) est associé à un haut risque de maladie cardiovasculaire (Mosallanezhad *et al.*, 2023). Ces résultats concordent aussi avec ceux de Wijendran

et Bell (2019) qui recommande la réduction de ce rapport pour une gestion plus efficace de l'hypertension, dans le sens de réduire l'apport alimentaire de Na et d'augmenter celui de K qui baisse la pression artérielle. Ces deux principaux électrolytes agissent donc de manière synergique sur la pression artérielle. Par contre, presque toutes les chenilles ont obtenu un ratio Ca/P inférieur ou égal à 1, ce qui est supérieur à ceux d'autres études (Achu *et al.*, 2017 ; Atowa *et al.*, 2021 ; Kondodi *et al.*, 1975 ; Mabossy-Mobouna *et al.*, 2017 ; Malaisse et Parent, 1980 ; Santos Oleivera *et al.*, 1975). Cela confirme l'idée selon laquelle les insectes sont généralement pauvres en Ca (Finke et Ooninx, 2014, Van Huis, 2016). Il est important de noter que le Ca et le P sont impliqués dans la formation des os, exigeant ainsi un apport similaire de chacun pour une bonne minéralisation osseuse (Ghosh *et al.*, 2017 ; Nwajagu *et al.*, 2021 ; Oriolowo *et al.*, 2021). Pour de nombreux auteurs, un ratio $Ca/P \geq 1$ est considéré comme bon, comme dans le cas d'*I. truncata* et *P. discrepans* et $Ca/P \leq 0,5$, comme mauvais (Aremu *et al.*, 2021 ; Ghosh *et al.*, 2017 ; Olagbemide, 2015 ; Oriolowo *et al.*, 2021).

Le fer et le zinc sont les plus abondants des oligo-éléments essentiels trouvés dans les chenilles comme déjà indiqué pour les insectes (Kouřimská et Adámková, 2016 ; de Castro *et al.* ; 2018). Leurs proportions (10 – 53,36 mg/100 g pour le Fe et 6,83 – 17,41,9 mg/100 g pour le Zn) indiquent qu'elles pourront être des sources potentielles des minéraux (Boudrez et Chriki, 2022 ; Bukkens, 1997 ; FAO, 2013a ; Van Huis *et al.*, 2014). Cependant, n'ayant pas des données sur la biodisponibilité des minéraux dans ces chenilles, il est difficile de recommander les quantités, ni les espèces potentielles à consommer préférentiellement.

Les autres oligo-éléments sont en très faibles concentrations, presque analogues à ceux obtenus dans d'autres études, en ce qui concerne la teneur en Cu de *I. epimethea*, *I. ertli*, *I. obscura*, *I. truncata* (Kondodi *et al.*, 1975 ; Mabossy-Mobouna *et al.*, 2018 ; Santos Oleivera *et al.*, 1975). Mais ces teneurs paraissent supérieures à celles de Achu *et al.* (2017) pour *C. forda* et celles de Katembwa *et al.* (2018) pour *I. epimethea*. Presque toutes les chenilles sont sans danger pour les métaux lourds. Cependant, les concentrations en Pb pour les chenilles d'*I. obscura* et *I. epimethea*, et les valeurs de Cd pour *H. nigrolineata*, toutes très largement supérieures aux limites autorisées, sont très préoccupantes. Cela pourra suggérer leur alimentation comme dans le cas d'*I. obscura* où des teneurs élevées en Pb ont été confirmées dans les feuilles de sa plante nourricière principale *Pentaclethra macrophylla* Benth (Osabor *et al.*, 2017). Néanmoins, il n'y a pas d'explication claire dans l'état actuel des connaissances, aucune interprétation fiable ne peut être formulée.

5.5. Conclusions

L'objectif de ce chapitre était d'évaluer la composition de douze espèces de chenilles, parmi les plus consommées des territoires d'Idiofa et de Masi-Manimba, à l'Ouest de la RDC. Les résultats obtenus confirment l'hypothèse selon laquelle les chenilles de la région représentent des sources alimentaires alternatives particulièrement intéressantes en nutriments. Le SAAID estimé qualifie *I. epimetha*, suivie d'*I. truncata* contrairement aux autres, comme sources de protéines de « bonne qualité » pour les tranches d'âge supérieur à trois ans. Leurs lipides renferment spécifiquement des grandes proportions de ALA et LA dont les ratios répondent à la proportion optimale recommandée. De plus, elles sont des sources potentielles de Fe et Zn et sont, pour la plupart, sans danger pour les métaux lourds. Afin de lutter contre les différentes formes de malnutrition (kwashiorkor, marasme, anémie) due à une carence en protéines, Fe et Zn dans la province du Kwilu et en RDC, quelques suggestions sont proposées. Effectuer des analyses de la composition nutritionnelle sur la base de la matière fraîche, notamment le profil en AAI et des acides gras, ainsi que l'évaluation de leur qualité, la biodisponibilité des minéraux des chenilles sur base de la matière fraîche des chenilles. Les données obtenues permettront de faire des recommandations précises sur les quantités et les espèces les plus bénéfiques pour la population. Il est préférable de consommer les chenilles qui ont complètement achever leur développement pour plus de sécurité alimentaire. De plus, des analyses chimiques répétées des plantes hôtes et de leurs chenilles aideront à une sélection adéquate de leur alimentation. Enfin, augmenter la quantité spécifiquement de *I. epimethea*, *I. truncata* et *C. forda* (*e.i.* espèces potentiellement sources de protéines qualité satisfaisante), mais aussi d'*I. ertli* (*e.i.* haut niveau de protéines) à travers leur mise en élevage, serait une solution efficace pour lutter contre les différentes carences alimentaires qui prévalent dans la région.

Tableau 14. S4. Profils d'acides gras (% des acides gras totaux) pour quelques chenilles comestibles populaires du Kwilu^{1,2}

| | | Erebidae | | Notodontidae | | Nymphalidae | | | Saturniidae | | | | |
|---|---------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | <i>Achaea catocaloides</i> | <i>Achaea sp.</i> | <i>Elaphrodes lactea</i> | <i>Haplozana nigrolineata</i> | <i>Cymothoe caenis</i> | <i>Cirina forda</i> | <i>G. petiveri</i> | <i>Imbrasia epimethea</i> | <i>I. erlri</i> | <i>I. obscura</i> | <i>I. truncata</i> | <i>P. discrepans</i> |
| Lipides totaux | (% MS) | 22,0 ± 0,4 | 15,9 ± 1,0 | 30,3 ± 3,7 | 13,1 ± 0,7 | 21,8 ± 0,5 | 24,1 ± 2,0 | 6,1 ± 0,0 | 30,3 ± 3,2 | 11,0 ± 2,1 | 39,5 ± 2,2 | 23,5 ± 1,3 | 39,2 ± 3,9 |
| Composition en acides gras (%) ³ | | | | | | | | | | | | | |
| C12 | | 0,2±0,2 ^{ab} | 0,6±0,7 ^{ab} | ND | 1,1±0,7 ^a | 0,2±0,1 ^{ab} | ND | ND | ND | 0,4±0,2 ^{ab} | 0,6±0,6 ^{ab} | 0,4±0,4 ^{ab} | 0,3±0,2 ^{ab} |
| C14 | | 0,3±0,0 ^{cde} | 0,6±0,1 ^{abc} | 0,6±0,1 ^{abc} | 0,8±0,2 ^{ab} | 0,9±0,1 ^a | 0,3±0,1 ^{de} | 0,4±0,1 ^{cde} | 0,3±0,0 ^{de} | 0,3±0,1 ^{cde} | 0,2±0,1 ^e | 0,5±0,1 ^{bcd} | 0,5±0,2 ^{bcd} |
| C15 :0 | | 0,5±0,2 ^{bc} | 1,0±0,1 ^a | 0,2±0,0 ^d | 0,3±0,0 ^{cd} | 0,5±0,1 ^b | 0,3±0,0 ^d | 0,2±0,1 ^d | 0,2±0,1 ^d | 0,2±0,1 ^d | 0,2±0,1 ^d | 0,2±0,0 ^d | 0,1±0,0 ^d |
| C16 :0 | | 31,9±0,2 ^b | 24,4±0,3 ^c | 40,7±0,5 ^a | 23,9±0,2 ^c | 21,3±0,2 ^{cd} | 20,3±0,4 ^d | 16,0±0,5 ^e | 16,3±2,2 ^e | 14,1±0,4 ^{ef} | 10,3±0,3 ^g | 23,3±4,4 ^c | 12,1±0,3 ^{fg} |
| C16 :1 | | 2,5±0,1 ^a | 0,6±0,0 ^d | 1,8±0,5 ^b | 1,1±0,1 ^c | 1,2±0,1 ^c | 0,3±0,0 ^{de} | 0,4±0,1 ^{de} | 0,2±0,1 ^{de} | 0,3±0,1 ^{de} | ND | 0,4±0,0 ^{de} | 0,2±0,0 ^{de} |
| C17 :0 | | 1,1±0,1 ^{bc} | 1,5±0,1 ^a | 0,7±0,1 ^{de} | 1,1±0,3 ^b | 1,1±0,1 ^b | 0,8±0,1 ^{cde} | 0,8±0,1 ^{cde} | 0,9±0,1 ^{bcd} | 0,8±0,1 ^{bcd} | 0,9±0,8 ^{bcd} | 0,7±0,0 ^{cde} | 0,6±0,1 ^e |
| C18 :0 | | 5,6±0,1 ^c | 6,5±0,1 ^c | 6,0±0,3 ^c | 12,5±0,1 ^{bc} | 11,6±0,1 ^{bc} | 21,6±0,5 ^b | 17,6±0,5 ^b | 18,5±8,1 ^b | 22,3±0,5 ^b | 54,0±1,6 ^a | 18,4±8,5 ^b | 22,1±3,9 ^b |
| C18:1n9cis+trans | | 21,2±0,1 ^a | 13,6±0,1 ^{bc} | 13,0±0,2 ^{bcd} | 10,3±0,8 ^{de} | 12,5±0,1 ^{bcd} | 14,2±0,4 ^{bc} | 11,3±0,2 ^{cde} | 5,8±1,1 ^{fg} | 8,7±0,2 ^e | 5,0±0,7 ^g | 9,0±2,1 ^{ef} | 15,2±1,1 ^b |
| C18:2n6c (LA) | | 20,6±0,5 ^a | 15,5±0,3 ^{bc} | 7,1±0,6 ^{ef} | 10,1±0,8 ^{def} | 7,4±0,4 ^{ef} | 15,5±0,1 ^{bcd} | 13,0±0,3 ^{cd} | 17,5±2,9 ^{ab} | 11,4±0,3 ^{cde} | 6,1±0,7 ^f | 7,9±1,8 ^{ef} | 8,4±0,6 ^{ef} |
| C18:3n3 (ALA) | | 15,6±0,1 ^c | 34,7±0,6 ^{ab} | 30,0±0,3 ^{ab} | 37,9±1,7 ^a | 42,0±0,2 ^a | 26,3±0,5 ^{ab} | 39,3±0,6 ^a | 39,4±6,6 ^a | 40,4±0,7 ^a | 22,1±0,6 ^{bc} | 38,6±9,4 ^{ab} | 40,2±3,1 ^a |
| C20:0 | | 0,4±0,0 ^{cd} | 0,4±0,1 ^{cd} | ND | 0,5±0,1 ^{cd} | 1,3±0,2 ^a | 0,4±0,1 ^c | 0,6±0,1 ^{bc} | 0,7±0,3 ^{bc} | 0,9±0,3 ^{ab} | 0,8±0,1 ^{bc} | 0,6±0,1 ^{bc} | 0,4±0,2 ^{cd} |
| Σ Saturés | | 40,0 | 35,0 | 48,2 | 40,2 | 36,9 | 43,7 | 35,6 | 36,9 | 39,0 | 67,0 | 44,1 | 36,1 |
| Σ Monoinsaturés | | 23,7 | 14,2 | 14,8 | 11,4 | 13,7 | 14,5 | 11,7 | 6,0 | 9,0 | 5,0 | 9,4 | 15,4 |
| Σ Polyinsaturés | | 36,2 | 50,2 | 37,1 | 48,0 | 49,4 | 41,8 | 52,3 | 56,9 | 51,8 | 28,2 | 46,5 | 48,6 |
| Ratio ALA/LA ⁴ | | 0,7 | 2,2 | 4,2 | 3,8 | 5,7 | 1,7 | 3,0 | 2,2 | 3,6 | 3,6 | 4,9 | 4,8 |

¹Les moyennes de la même colonne portant des lettres différentes sont significativement différentes et celles qui portent des lettres identiques indiquent une différence non significative. ²Toutes les composantes sont exprimées en % sans la valeur énergétique qui est exprimée en Kcal/100g. ³laurique (C12:0); myristique (C14 :0) ; pentadécanoïque (C15:0) ; palmitique (C16:0) ; palmitoléique (16:1) ; margarique (C17:0) ; stéarique (C18:0) ; oléique (C18:1n9 cis+trans) ; linoléique (C18:2n6c) ; alpha linoléique (C18:3n3) ; arachidique (C20 :0) ; ⁴Ratio recommandé par la FAO/OMS (2016) : 5/1 ; ¹⁰nd : acide gras non déterminé (Brasseur et al., 2004)

Tableau 15. S5. Composition en minéraux des chenilles les plus consommées : potassium (K), sodium (Na), phosphore (P), calcium (Ca), magnésium (Mg), fer (Fe), zinc (Zn), cuivre (Cu), nickel (Ni), cobalt (Co), plomb (Pb), cadmium (Cd), mercure (Hg), sélénium (Se)

| | Erebidae | | Notodontidae | | Nymphalidae | | | Saturniidae | | | | |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------|--------------------|---------------------------|-----------------|-------------------|--------------------|----------------------|
| | <i>Achaea catocaloides</i> | <i>Achaea sp.</i> | <i>Elaphrodes lactea</i> | <i>Haplozana nigrolineata</i> | <i>Cymothoe caenis</i> | <i>Cirina forda</i> | <i>G. petiveri</i> | <i>Imbrasia epimethea</i> | <i>I. ertli</i> | <i>I. obscura</i> | <i>I. truncata</i> | <i>P. discrepans</i> |
| Eléments essentiels (mg/100g) | | | | | | | | | | | | |
| K | 1969,1 | 2103,5 | 739,4 | 1953,4 | 1851,3 | 1774,1 | 2550,0 | 1865,4 | 1593,2 | 1058,8 | 1250,5 | 946,8 |
| Na | 45,1 | 159,8 | 58,5 | 538,0 | 2186,0 | 45,9 | 185 | 226,4 | 1793,0 | 2848,3 | 1239,5 | 1873,7 |
| P | 626,5 | 817,8 | 267,6 | 549,7 | 492,9 | 675,9 | 623,0 | 516,1 | 573,7 | 338,8 | 321,8 | 293,4 |
| Ca | 309,6 | 329,4 | 229,3 | 289,0 | 393,3 | 330,2 | 357,1 | 390,5 | 298,9 | 277,6 | 330,9 | 298,2 |
| Mg | 241,8 | 217,2 | 155,4 | 261,6 | 185,4 | 283,8 | 496,8 | 304,2 | 348,6 | 172,2 | 197,4 | 243 |
| Fe | 48,1 | 15,3 | 24,9 | 11,0 | 6,7 | 41,9 | 41,8 | 25,0 | 16,0 | 15,5 | 53,4 | 11,4 |
| Zn | 7,4 | 8,4 | 13,5 | 12,6 | 7 | 7,8 | 16 | 13,1 | 8,2 | 6,9 | 16,9 | 6,7 |
| Cu | 0,9 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 2,2 | 1,2 | 1,4 | 1,2 | 0,9 | 1,1 | 1,5 | 0,9 |
| Ni | 0,8 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,6 | 0,6 | 0,3 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Co | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Eléments toxiques (mg/kg) | | | | | | | | | | | | |
| Pb | < 0 | 0 | 0 | 0 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 3,9 | 0,1 | 4,8 | 0,8 | 0,1 |
| Cd | 0 | < 0 | 0 | 1,4 | < 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | < 0 | 0 | 0 |
| Hg | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Se | < 0 | 0,7 | < 0 | < 0 | < 0 | < 0 | < 0 | 0,1 | < 0 | < 0 | 0 | < 0 |
| Ratios | | | | | | | | | | | | |
| Na/K | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 1,2 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 1,1 | 2,7 | 1,0 | 2,0 |
| Ca/P | 0,5 | 0,4 | 0,9 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | 1,0 |

Chapitre 6

**Etude d'*Imbrasia epimethea*, chenille
modèle pour la production de masse**



La domestication des chenilles d'*I. epimethea* est encore peu documentée que ce soit au niveau de l'Ouest de la RDC qu'à d'autres parties du pays (Konda Ku Mbuta et Ambühl, 2022 ; Muyay, 1981). Au vu de ces caractéristiques, cette espèce se prête bien pour la production en masse. Ainsi, dans le cadre de cette thèse et pour répondre à la dernière question, la présente étude concerne la bioécologie de cette espèce afin de mettre au point les techniques de semi-élevage en vue d'une production massive des chenilles. Des informations complémentaires sur les espèces potentielles citées sont fournies à partir des observations de terrains et des savoirs écologiques traditionnels de la population. Ce travail s'appuie sur une version remaniée de la publication suivante :

Madamo Malasi, F., Francis, F. and Megido, R.C., 2024. Bioecology of *Imbrasia epimethea* (Drury, 1773) caterpillars consumed in Kwilu province, Democratic Republic of the Congo. *Journal of Insects as Food and Feed*.

Complétée par diverses considérations complémentaires.

6.1. Bioecology of *Imbrasia epimethea* (Drury, 1773) caterpillars

Abstract

Imbrasia epimethea is one of the most esteemed and popular caterpillar species for its remarkable organoleptic and nutritional values. Its consumption extends throughout the Kwilu province and nearly the entire Democratic Republic of the Congo, but its supply is very limited. The high anthropogenic pressure and the poor harvesting techniques employed by the population of Kwilu pose a major threat to the conservation of the species. This study aims to investigate the bioecology of *I. epimethea* in order to develop semi-captive breeding techniques for these caterpillars, making them accessible to the population. In order to determine the host plants of *I. epimethea*, a survey was conducted among 424 caterpillar collectors from two populated and forested territories in the Kwilu province. To study the influence of changes in the caterpillars' diet on their growth and determine their developmental cycle, a breeding experiment was conducted. This study revealed that the caterpillars of *I. epimethea* do not accept transfers from *Petersianthus macrocarpus* to *Funtumia africana*. It also confirms the polyphagy of these caterpillars while indicating that, overall, *P. macrocarpus* proved to be the most suitable host in the Kwilu province. *I. epimethea* is a social species with a development cycle, from hatching to emergence, lasting approximately 115.33 ± 3.06 days. The larval stage lasts about a month but with a prolonged period of nymphal diapause. Further analysis of the leaves of *P. macrocarpus* and *F. africana*, as well as the analysis of the caterpillars themselves, along with several breeding trials, will provide further clarification on this matter.

Keywords: semi-captive breeding – reforestation – generalist – host tree – life cycle

6.1.1. Introduction

In the Democratic Republic of the Congo (DRC), similar to the African continent (Kelemu *et al.*, 2015; Van Huis, 2020), Lepidoptera caterpillars, with a total of 88 recorded species, is the insect order with the highest number of edible species (Bomolo *et al.*, 2017; Latham *et al.*, 2021; Nsevolo *et al.*, 2023). These species account for approximately 60% of the documented edible insects and belong to 13 families, with Saturniidae being the predominant family, comprising 53 species. This dominance of Saturniidae is confirmed in studies conducted across several provinces of the country (Bocquet *et al.*, 2020; Latham, 2008; Leleup and Daems, 1969; Looli *et al.*, 2021; Madamo Malasi *et al.*, 2023; Malaisse, 1997), as well as on the African continent (Balinga *et al.*, 2004; Jongema, 2017; Van Huis, 2003). The favorable climate and the abundance of food plants that support their development are factors that could explain the abundance of caterpillars (Twine *et al.*, 2003; Van Huis *et al.*, 2014).

Among the emblematic caterpillars of Saturniidae, *Cirina forda* (Westwood, 1849) and *Imbrasia epimethea* (Drury, 1773), sometimes confused with *Imbrasia ertli* (Rebel, 1904) (Lunga, 2017; Mapunzu, 2004), are the caterpillars with the highest organoleptic values and are highly appreciated and widely traded in the region (Mapunzu, 2004; Nsevolo *et al.*, 2023). However, unlike *C. forda*, which is continuously sold on the market until the new season, *I. epimethea* is only available in small quantities and during the abundant harvesting season, which varies according to geographical regions. For example, in the Kwilu province, the harvest is relatively abundant during the rainy season (from November to December) in the Masi-Manimba territory, while it is more abundant during the dry season (from May to August) in the Idiofa territory (Madamo *et al.*, 2023). Highly popular, its widespread distribution covers almost all provinces of the country, such as Equateur, Bas-Uélé, Haut-Katanga, Haut-Uélé, Ituri, Kongo Central, Kwango, Kwilu, Mai-Ndombe, Mongala, Nord and Sud-Ubangi, Tshopo, and Tshuapa (Mapunzu, 2004; Kapepula *et al.*, 2022; Latham, 2016; Lisingo *et al.*, 2010; Looli *et al.*, 2021; Madamo Malasi *et al.*, 2023; Malaisse, 1997; Ngbolua *et al.*, 2022; Payne *et al.*, 2016; Yabuda *et al.*, 2019). It is also widely consumed across Africa, including countries such as South Africa, Angola, Cameroon, Côte d'Ivoire, Gabon, Ghana, Guinea, Guinea-Bissau, Equatorial Guinea, Kenya, Mozambique, Nigeria, Uganda, Central African Republic, Republic of the Congo, Sierra Leone, Tanzania, Togo, Zambia, and Zimbabwe (Balinga *et al.*, 2004; De Prins *et al.*, 2022; Kelemu *et al.*, 2015; Latham, 2003; Lautenschläger *et al.*, 2017; Silow, 1976). The species has several synonyms, and the

list has been recently updated to include: *Phalaena attacus epimethea*, *Imbrasia nadari*, *Imbrasia epimedeae*, *Imbrasia crameri*, *Imbrasia paradoxa*, *Imbrasia diomede*, *Bunaea dorcas*, and *Bombyx nicitans* (De Prins *et al.*, 2022).

Despite the discrepancies in results due to the different laboratory analysis methods used by various authors, all indicate the nutritional significance of *I. epimethea* caterpillars, constituting a significant source of protein (58.3-73.1 g/100 g dry weight (DW)) with a balanced supply of essential amino acids, totaling 513.3 mg/g of proteins, which exceeds the upper levels (269 mg/g of proteins) recommended by the Food and Agriculture Organisation (FAO). Lipids (5.9-22.8 g/100 g DW) with considerable amounts of α -linolenic acid, carbohydrates (5.2-11.1 g/100 g DW), and minerals (e.g. iron: 13.01-80 mg/100 g DW) are also well represented in *I. epimethea* (Adriaens, 1953; Fogang *et al.*, 2019; Kodonki *et al.*, 1987; Lautenschläger *et al.*, 2017; Mabossy-Mobouna *et al.*, 2021; Malaisse and Parent, 1980). Thus, the valorisation as a food source for humans could be a solution to address the prevailing protein deficiency issue in the country, particularly in provinces like Kwilu (Mapunzu, 2004; Mbemba, 2013). Currently, the caterpillars of *I. epimethea* are still traditionally harvested using destructive methods that can harm the species or its habitat. For instance, there is a total harvest of the caterpillars before their final stage of development, no conservation of individuals for reproduction purposes, and even the cutting down of trees. Additionally, no large-scale production programs have been initiated, posing a significant risk for conservation of the species.

The main objective of this study is to investigate the biology and ecology of *I. epimethea* in the Kwilu province in order to establish a breeding program for these caterpillars, ensuring an adequate supply for the local population but also for the conservation of the species. For that purpose, data were collected on the species host plants found in the province and investigated the influence of these different host plants on the development of the caterpillars.

6.1.2. Materials and methods

6.1.2.1. Study locations

The Kwilu province (5°02'01" South, 18°50'01" East) is a densely populated agricultural province with an estimated population of over 8 million people and a total area of 79,071 km² (Bruneau, 2009; CAID, 2016; Gouvernorat du Kwilu, 2017). The

Kwilu province falls within the tropical wet climate zone of type AW (i.e. savanna climate with a dry winter or dry season), according to the Köppen climate classification. This climate is characterized by the presence of two distinct rainy seasons and relatively cool nights (Fehr, 1990). The province is composed of five territories: Bagata, Bulungu, Gungu, Idiofa, and Masi-Manimba. It is home to nearly 25 ethnolinguistic groups, with the Mbala, Mbun, Pende, and Yansi being the predominant ones (Anonymous, 2005; Bruneau, 2009; CAID, 2016).

6.1.2.2. Ethno-entomological surveys

Ethno-entomological surveys and the collection of caterpillar samples and host plants were conducted in the two most populated territories in the central province (Figure 24), Idiofa and Masi-Manimba, during the period from 29th July to 1st November 2022, throughout the rainy season (which spans from 15th August to 15th May).

In each of these two areas, the most densely populated sector has been selected., with Masi-Manimba representing the Masi-Manimba territory and Sedzo representing Idiofa. A questionnaire (annex 3) on the host plants of the caterpillar was administered to 212 caterpillar collectors in each territory and sector (Masi-Manimba and Sedzo), primarily adults randomly selected, resulting in a total of 424 respondents.

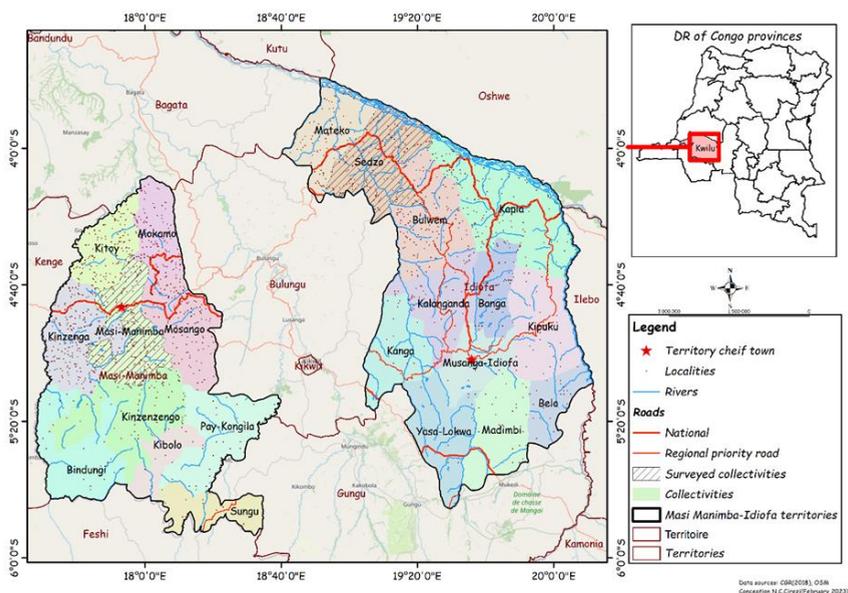


Figure 24. Administrative map of Kwilu province (western Democratic Republic of the Congo) illustrating the study site. The study was conducted in the Masi manimba and Idiofa territories and more specifically in the Masi manimmba and Sedzo communities, where the surveys were carried out. Experimental site has also been set up in the Sedzo sector.

6.1.2.3. Collection and identification of host food plants

Based on the information obtained from the respondents regarding the host plants of *I. epimethea*, the forests recognised by the authorities in the two targeted sectors (Masi-Manimba and Sedzo) as highly important “reservoirs” for *I. epimethea* caterpillars were selected. Contacts with various village chiefs helped in finding experienced local guides (operators) with whom six field surveys were conducted, three per sector, during the period from 29th July to 1st November 2022. The purpose of these surveys was to collect branches of the host plants and create an herbarium for identification purposes.

The identification of the collected branches of plants was carried out using the national herbarium of the DRC, specifically at the Laboratory of Systematics, Biodiversity, and Nature Conservation of the Department of Environment at the University of Kinshasa. The botanical families and scientific names were determined for each host plant.

6.1.2.4. Growth of *I. epimethea* caterpillars on selected host trees

The experiment was carried out in Sedzo, from 29th July to 27th November 2022, on four trees ($n = 3$) of each of the four species *Funtumia africana*, *Holarrhena floribunda*, *Petersianthus macrocarpus*, and *Uapaca guineensis*. The twelve trees had similar characteristics, including a height of about 7 m and a number of branches ranging from 13 to 15. They were spaced approximately ten meters apart. Around each tree, the vegetation was pruned up to 3 meters on either side of the tree to facilitate observations. To protect caterpillars from predators such as birds, lizards, or insects, mosquito netting was used to cover the branches caterpillars.

The larvae (first instar phase, L1) were collected from three different *P. macrocarpus* host trees (400 larvae from the same colony per tree). One hundred larvae were distributed in rattan baskets which was tied to the trunk of one of the four target host trees (Figure 25a, b). Last instar larvae (L5) were placed in baskets filled with humus and raised on a wooden structure for pupation (Figure 25c).



Figure 25. Experimental set-up for semi-rearing *I. epimethea* caterpillars in the Sedzo area. Each basket attached to the trunk of *F. africana* (a) and *P. macrocarpus* (b) trees contains 100 L1-stage larvae from the same colony. They are used to facilitate the ascent of the caterpillars to the leaves and avoid their manipulation.

Measurements of caterpillar length, width and head capsule width were taken every two days after each molt using a graduated ruler and millimeter paper on 10 randomly selected caterpillars per tree and replicate. Mortality was also recorded at the end of the experiment based on the number of larvae entering the pupal stage. Dates were recorded from larval emergence to butterfly emergence to determine the total duration

of the developmental cycle and the duration of each larval stage. The dates of molts and nymphosis were also recorded during the larval period.

6.1.2.5. Statistical analysis

All the statistical analyses were performed using the R software (version 4.2.2) with RStudio. Prior to conducting the analysis of variance (ANOVA), the Shapiro and Leven tests were performed on the data to assess their normality. As the conditions for application were met, a one-way ANOVA was used to compare the means of the pupae size measurements. A two-way ANOVA was used to compare the growth progression of the caterpillars by stages and by host plant species, as well to evaluate their survival. The relationships among the different growth parameters, body length, body width, and head capsule width were examined using linear regression analysis only for L5 as the most consumed larval stage. All tests were performed at a 5% significance level.

6.1.3. Results

6.1.3.1. Survival of caterpillars during the cycle

Depending on the host plant species and larval stage, the survival of *I. epimethea* larvae varied (Figure 26). Significant mortality rates were recorded throughout the cycle and at each caterpillar development stage, but the highest peaks occurred during the first and second larval stages, as well as during molting and pupating.

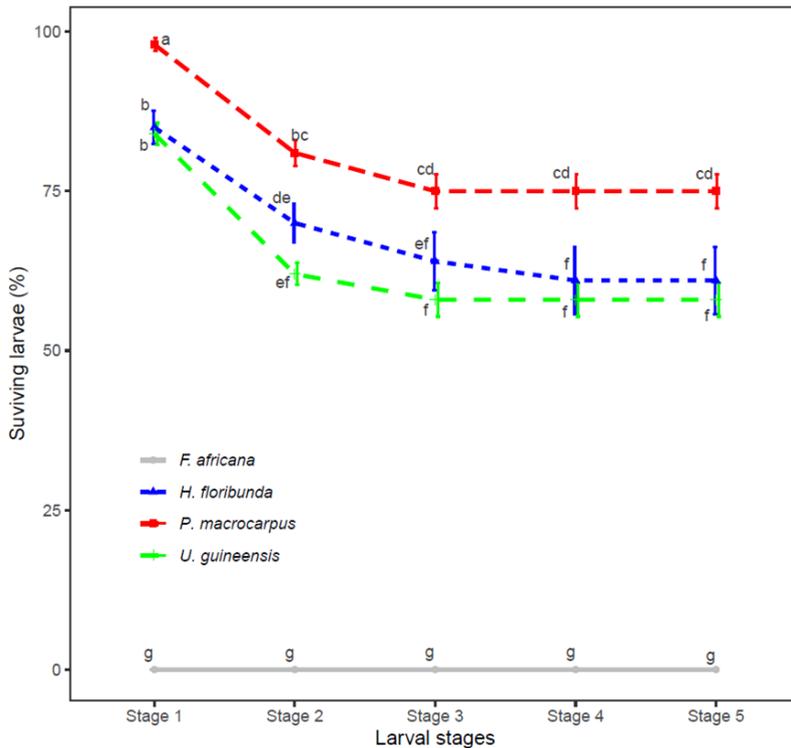


Figure 26. Mean percentages of surviving *I. epimethea* larvae fed on *P. macrocarpus* (blue), *H. floribunda* (red), *U. guineensis* (green) and *F. africana* (yellow) per stage. The vertical bar represents the standard error on the mean for the same points. All curves, with the exception of *F. africana*, are descending. Different letters represent statistically different averages.

The percentage of larvae surviving to the last instar varied significantly according to host plants ($P < 0.001$; $F = 2,694.27$) and larval stage ($P < 0.001$; $F = 100.02$). It was highest for larvae consuming *P. macrocarpus* leaves (75.0 ± 2.65), followed by those consuming *H. floribunda* (61.0 ± 5.29), *U. guineensis* (58.0 ± 2.52) and no survival on *F. africana*. During the experiment, it was observed that almost all *I. epimethea* larvae, in contrast to the others, immediately fled (or turned back) upon contact with *F. africana* leaves. Only about 5% of the larvae cut the leaves. The percentages of larvae reaching the second instar were 81.0 ± 2.0 , 70.0 ± 3.0 and 62.0 ± 1.73 , respectively (except *F. africana* were no larvae were available). For the third instar larval percentage on the three respective hosts are 75.0 ± 2.65 , 64.0 ± 4.58 and 58 ± 2.65 . With the exception of *H. floribunda*, where very low mortality was recorded in the fourth instar, the percentages remained stable.

6.1.3.2. *Imbrasia epimethea* caterpillar growth

The growth parameters were compared in pairs to verify the existence of a potential relationship (Figure 27). Increases in body length were positively correlated with increases in body width ($r^2 = 0.71$, $P < 0.001$) and head capsule width ($r^2 = 0.58$, $P < 0.001$). An increase in body length was correlated with an increase in body width and head capsule size. The regression line is higher for the *P. macrocarpus* plant, especially regarding the length of the caterpillar body and the width of the head capsule.

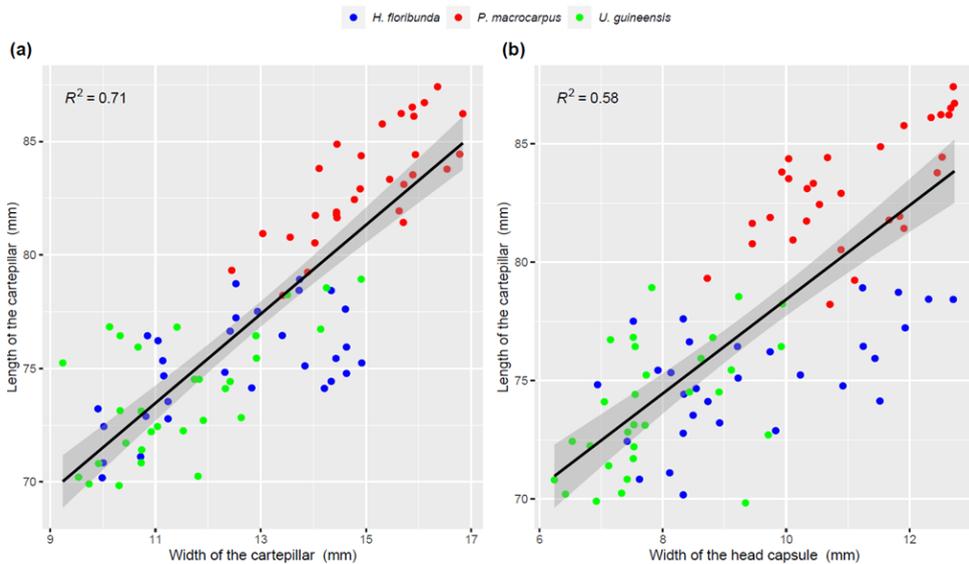


Figure 27. Simple linear regression of *I. epimethea* growth parameters as a function of host plant: *P. macrocarpus* (blue dots), *H. floribunda* (red dots), *U. guineensis* (green dots) and *F. africana* (yellow dots). The grey line represent confidence interval at 95%. (a) Positive relationship between body length and width and (b) Positive relationship between body length and head capsule.

There was a significant effect of the host plant on the three measured growth parameters in final stage caterpillars (Figure 28), except for *F. africana*, which did not support caterpillar development. The length of the last instar caterpillars is significantly influenced by the different host plant species ($P < 0.001$; $F = 19922$), especially *P. macrocarpus* and by the different larval stages ($P < 0.001$; $F = 18368$). In addition, there is an interaction between host plants and larval stages ($P < 0.001$; $F = 2718$). The average length of last instar caterpillars reared on *P. macrocarpus* was significantly higher (83.18 ± 2.42 mm) than those reared on *H. floribunda* (75.12 ± 2.34 mm) and *U. guineensis* (73.90 ± 2.72 mm).

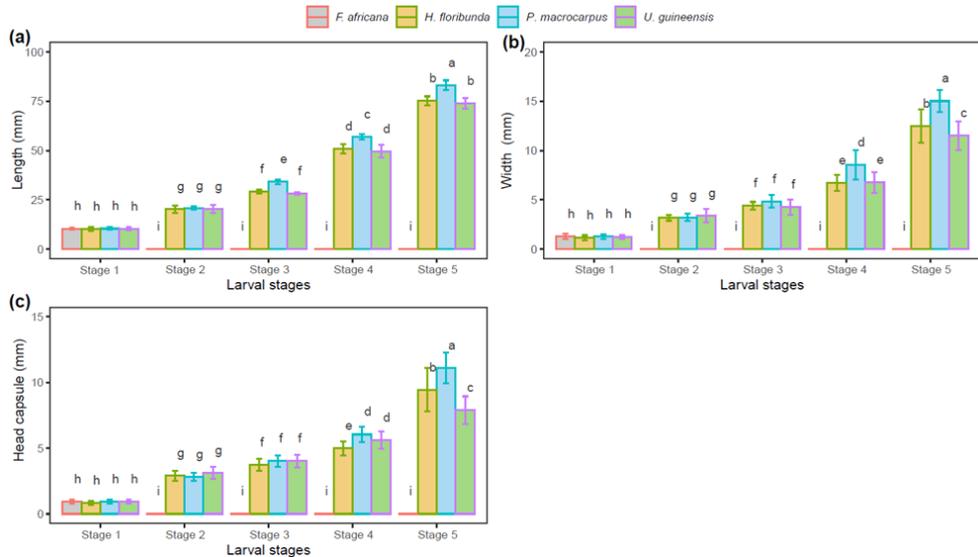


Figure 28. Growth parameters of *I. epimethea* measured (mm) during the larval development of *I. epimethea*. (a) Average length; (b) Average width of larval body; (c) Average width of head capsule by host plants: *P. macrocarpus* (blue), *H. floribunda* (yellow), *U. guineensis* (green) and *F. africana* (grey). Data are means \pm SE. Different letters show significant differences between different host plants and larval stages.

Late instar caterpillars fed on *P. macrocarpus* leaves had significantly ($P < 0.001$; $F = 1983.3$) greater body widths than those fed (15.02 ± 1.14 mm) on *H. floribunda* (12.49 ± 1.68 mm) and *U. guineensis* (11.50 ± 1.46 mm). The average width of the head capsules of caterpillars fed on *P. macrocarpus* was also significantly ($P < 0.001$; $F = 1952.7$) larger (11.1 ± 1.17 mm), than on the other two host plants (*H. floribunda*, 9.45 ± 1.66 mm and *U. guineensis*, 7.90 ± 1.05 mm). For all the growth parameters studied, size evolves with stage.

6.1.3.3. Life cycle of *I. epimethea*

Larval development

The larval development of *I. epimethea* on all the host trees used in this experiment consists of five larval stages (Figure 29) and it lasted an average of 31.11 ± 1.80 days under semi-captive conditions. Therefore, each stage lasts approximately 7.00 ± 0.82 days, except for stage 5, which lasts 6.22 ± 0.51 days.

The mean total larval development time (Figure 29) of caterpillars on the *P. macrocarpus* diet was 28.67 ± 0.48 days and was significantly faster ($P < 0.001$; $F = 8152.46$) than on the *H. floribunda* and *U. guineensis* diets, where the mean times for both were 32.33 ± 0.48 days and 37.01 ± 0.43 days. Caterpillars reared on *P. macrocarpus* had significantly shorter development times than those subjected to regime change (*H. floribunda* and *U. guineensis*).

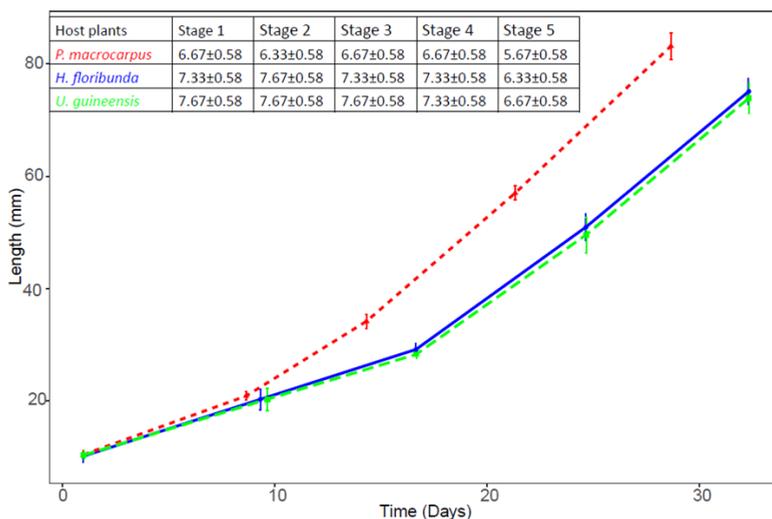


Figure 29. Evolution of *I. epimethea* length growth as a function of time and host plant. The mean total larval development time of caterpillars on the *P. macrocarpus* (red dotted line), *H. floribunda* (blue line), *U. guineensis* (green dotted line). The bars represent standard deviations. The average duration of each stage per host plant species is shown in the table attached to the figure.

For example, caterpillars on *P. macrocarpus* took fewer days than others, 21.33 ± 0.48 days, to reach the average length of 60.0 ± 1.25 mm for the L4 stage and 28.67 ± 0.48 mm to reach the average size of 83.18 ± 2.42 mm for the L5 stage. Caterpillars on *H. floribunda* took 24.67 ± 0.48 days and 32.33 ± 0.48 days to reach 50.95 ± 2.40 mm at L4 and 75.12 ± 2.34 mm at L5, respectively. Caterpillars on *U. guineensis* grew even more slowly than the others, reaching the smallest size, 49.54 ± 3.21 mm after 24.67 ± 0.48 days for stage 4 and 73.90 ± 2.72 mm after 32.33 ± 0.48 days for L5.

The caterpillars feed in small groups and gradually move from branch to branch as they consume all the leaves. The larvae in the early stages feed minimally, but they

become highly voracious in the later stages (3th-5th), where they produce large quantities of excrement and experience rapid growth.

At the end of the fifth stage, when the caterpillars reach full maturity, they stop feeding, and there is an absence of digestive content, making them more palatable. They typically fall between 4 am and 5 am and tend to move away from their host, resulting in losses during harvesting.

The transition from one stage to another is marked by molting. The first and fourth molts occur on the leafy stems, while the second and third molts (Figure 30) take place along the trunk, near the ground (approximately one meter above the ground). Unlike the final molt, which corresponds to the shedding of hairs, each of the other three molts leaves intact clusters of larval exuviae with their cephalic capsules, and it is marked by the whitish color of the caterpillar's hairs (Figure 30c, d). During the molting preparation phase (Figure 30a, b), which lasts between 48-72 hours, the caterpillars stop feeding. After molting, the caterpillars remain in their cluster for about five hours before ascending back to the foliage to feed for three to five days before descending again for the next molt.



Figure 30. (a) Preparing for the 2nd moult, (b) Preparing for the 3rd moult, (c) Beginning of 3rd moult, (d) End of 3rd moult along the trunk, close to the ground (about one meter above the ground). The white hairs on the caterpillars indicate that they are molting.

The nymphal stage

The onset of the nymphal stage is characterised by the cessation of feeding, the search for suitable locations for pupation, immobilisation, and the shrinking or reduction in length of the mature caterpillar. The first and last pupae were obtained 5.50 ± 0.58 days and 10.50 ± 0.58 days after the fifth larval stage on *P. macrocarpus*,

then 6.75 ± 0.58 days and 11.25 ± 0.96 days after the L5 stage on *H. floribunda* and *U. guineensis*.

The color change of the pupa was observed, ranging from reddish at the beginning of pupation to a dark color (Figure 31) for the older ones.



Figure 31. Color change of chrysalids during pupation from early red (a) to black (b). The red color marks the beginning of pupation, while the black color characterizes the older ones. Failure to pupate, with the larva's skin sticking to the chrysalis, is a frequent occurrence.

The size of the pupae is significantly affected by the caterpillars' diet (Figure 32). Length was significantly ($P < 0.001$; $F = 73.62$) greater for larvae fed on *P. macrocrapus* (44.43 ± 3.55 mm), followed by those fed on *H. floribunda* (39.61 ± 3.06 mm) and *U. guineensis* (35.70 ± 1.20 mm). Comparisons of body width ($P < 0.001$; $F = 94.33$) and head capsule width ($P < 0.001$; $F = 61.08$) showed that the widest caterpillars were fed on *P. macrocrapus* (14.26 ± 1.13 mm and 16.16 ± 1.61 mm), followed by those fed on *H. floribunda* (12.65 ± 0.91 mm and 14.02 ± 0.95 mm) and *U. guineensis* (10.19 ± 1.38 mm and 13.42 ± 1.25 mm).

The nymphal diapause period lasted approximately 71.67 ± 1.53 days and the peaks of larval mortality were recorded during the pupation stage.

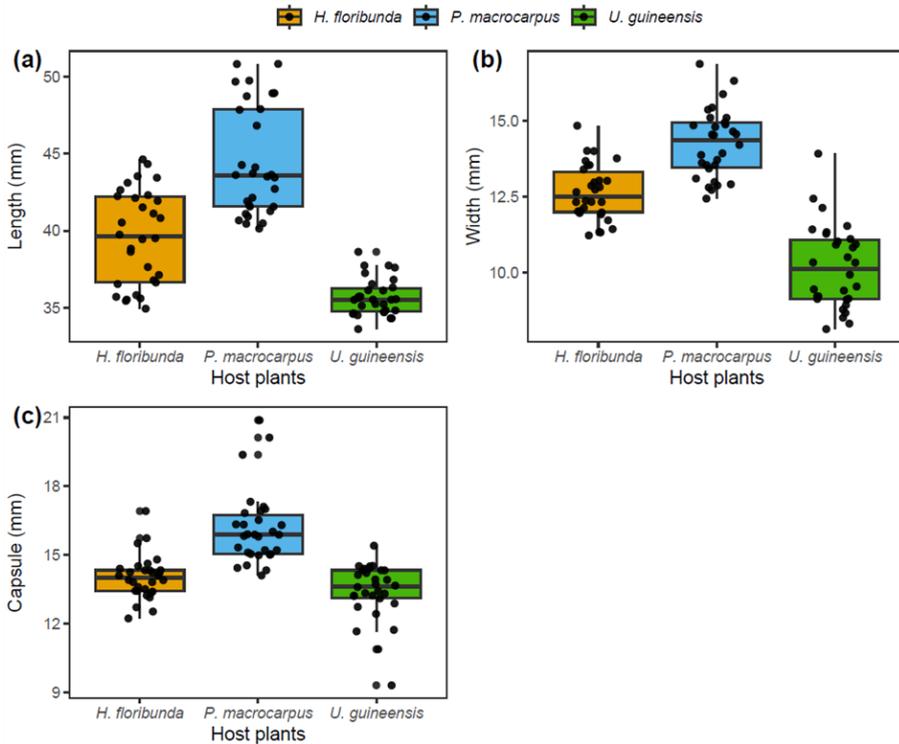


Figure 32. Comparison of average pupal size according to host plants. (a) Average length. (b) Average width of larval body. (c) Average width of head capsule by host plants: *P. macrocarpus* (blue), *H. floribunda* (orange-yellow), *U. guineensis* (green) and *F. africana* (grey). Data are means \pm SE.

6.1.3.4. Range of host plants

The respondents in the territories of Idiofa and Masi-Manimba identified eight species of host plants (Figure 33) two belonging to family Apocynaceae (*F. africana* and *H. floribunda*), while the others were represented by only one species each (Euphorbiaceae (*Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Hecke), Fabaceae (*Amphimas pterocarpoides* Harms), Lecythidaceae (*P. macrocarpus*), Myristicaceae (*Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb), Phyllanthaceae (*U. guineensis*) et Rubiaceae (*Craterispermum cerinentum* Hiern).

The literature reveals a range of 42 species of host plants (Table 14. S6) belonging to 15 families for Africa, with a dominance of Fabaceae (51.35%), followed by Apocynaceae (9.52%) and Burseraceae (7.14) represented by two species (4.76%), all the others comprise a single species (Annonaceae, Cannabaceae, Irvingiaceae,

Myristicaceae, Phyllanthaceae, Rhamnaceae, Rhizophoraceae, Sterculiaceae et Ulmaceae). All the families identified in the Kwilu Province, except for Rubiaceae, are also consumed by *I. epimethea* in other phytogeographic zones. However, several families recorded elsewhere (Annonaceae, Burseraceae, Cannabaceae, Combretaceae, Irvingiaceae, Rhamnaceae, Rhizophoraceae, Sterculiaceae, and Ulmaceae) are not part of the range of food plants for these caterpillars in the Kwilu Province.

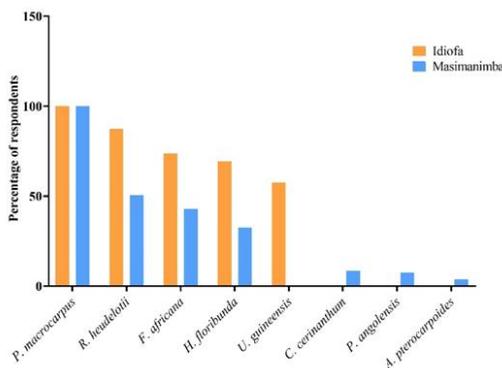


Figure 33. Proportions of *I. epimethea* host plant citations by territory, Idiofa and Masi-Manimba. Eight plants have been identified in the region as hosts for *I. epimethea*, including *F. africana*, *H. floribunda*, *H. floribunda*, *P. macrocarpus* and *R. heudelotii* in both territories. *P. macrocarpus* is identified by the entire population and, generally speaking, the frequency of citations of common species is very high in Idiofa.

Food trees mentioned by respondents in both areas include *F. africana*, *H. floribunda*, *P. macrocarpus* and *R. heudelotii* (Figure 33). Of these species, apart from *P. macrocarpus*, which was cited by all respondents (100%), all others were cited more frequently (over 69%) in Sedzo (Idiofa) than in Masi-Manimba (Masi-Manimba). *R. heudelotii* was mentioned by 87.26% of the population in Idiofa and 50.47% in Masi-Manimba, followed by *F. africana*, mentioned by 73.58% of the population in Idiofa compared to 42.92% in Masi-Manimba, and *H. floribunda*, cited by 69.34% in Idiofa compared to 32.55% in Masi-Manimba. However, *U. guineensis* is only cited in Idiofa, while *P. angolensis*, *A. pterocarpoides* and *C. cerinanthum* are only cited (at low frequencies) in Masi-Manimba.

6.1.4. Discussion

6.1.4.1. Survival of caterpillars during the cycle

Our results on larval survival (0-75%), characterized by high mortality during the cycle, are consistent with those of Priddle (1966) for larvae of *Hyalophora cecropia* (L., 1758), another Saturniidae species. The high mortality of the first larval stages is confirmed by Zalucki *et al.* (2002), who found a mortality of 57% in the first stages of polyphagous lepidopterans (exposed feeders with high mortality). In addition, they point out that species that lay high level of eggs, as in the case of *I. epimethea*, tend to have a high mortality rate in the first instar (60%). This indicates that *I. epimethea* is one of those insects with an “r” development strategy, with high fecundity and low chances of survival to sexual maturity (Bonneil, 2005). The variability in survival rates between host species, as well as the high mortality of early instar larvae, can be explained by a complex interaction of numerous and variable factors, such as the inability of larvae to establish on plants and factors related to the host, weather conditions and predators (Courtney and Duggan, 1983; Zalucki *et al.*, 2002). Contrary to some authors, such as Feeny *et al.* (1985), pointing to predation as the main source of larval mortality, plant quality has a greater direct effect on survival and larvae at early stages may be more sensitive to secondary metabolites than later stages (Lille and Marquis, 2001; Zalucki *et al.*, 2002).

Mortality in the early stages may have been exacerbated on new host plants due to a temporary fasting period caused by the change in diet (Scriber, 1979). This corresponds to the observations of Konda Ku Mbuta and Ambühl (2022) who indicate that *I. epimethea* is one of the species that is faithful to its host tree. Its host selection behavior is shaped by the adult feeding experience following the Hopkins’ Host Selection Principle (HHSP) (i.e. adult females prefer to lay eggs on the same plant species on which they themselves developed as larvae) (Bernays and Minkenberg, 1997; Jeffrey *et al.*, 2016). In addition, manipulation of larvae during the first two weeks after hatching (L1 and L2 larvae) may have undesirable effects on their survival and they frequently die after being moved to a new feeding (Priddle, 1966). Our results are also in agreement with those of Garraway *et al.* (1993), who suggest that failure to moult may also explain the low survival (or high mortality) of larvae.

The inability of *I. epimethea* to develop on *F. africana* has been confirmed by local breeders who have observed that the caterpillars accustomed to the leaves of *P.*

macrocarpus cannot adapt to the bitter leaves of *F. africana*. It seems that adaptation can only occur in the opposite direction (Madamo, unpubl. data). The same effect, where survival was negatively affected by an inappropriate diet, was also observed in *C. forda* larvae (where 100% after 72 hours were reared exclusively on a diet based on old leaves...) (Odebiyi *et al.*, 2009). This phenomenon can be explained by the high levels of secondary metabolites in the latter, especially considering that Apocynaceae is a family known for its abundance of alkaloids from various structural classes, particularly steroidal alkaloids and polyphenolic compounds (Karim *et al.*, 2022; Nnadi *et al.*, 2017; Oyaseiye *et al.*, 2022).

Furthermore, the development of the caterpillars on *H. floribunda*, which is also an Apocynaceae, unlike *F. africana*, can again be justified by the differences, however small (belonging to the same subfamily Apocynoideae and the same tribe Malouetieae), in the quality of the leaves, as clearly shown by Zalucki *et al.* (2002). Some authors point out that latex has mechanical, repellent and toxic effects on lepidopterans, which would justify the fact that the larvae leave the leaves on first contact (which is a behavioral response for the caterpillars) (Zalucki *et al.*, 2002). *F. africana* is therefore the least adapted plant for caterpillars accustomed to *P. macrocarpus*, but it does influence the survival of *I. epimethea* when it is chosen by the female as an oviposition site.

6.1.4.2. *I. epimethea* caterpillar growth

In general, the results regarding the length (73.90 - 83.18 mm) of mature *I. epimethea* caterpillars, regardless of the tree species, are similar to those reported by Konda Ku Mbuta and Ambühl (2022), who stated that they measure over 70 mm in length and fall within the length range of 65 to 90 mm as reported by Akanbi (1973). These results confirm the generalist feeding behavior of *I. epimethea* (Bernays and Minkenber, 1997; Konda Ku Mbuta and Ambühl, 2022).

The longest and widest *I. epimethea* caterpillars were found on *P. macrocarpus* (82.95 ± 2.20 mm long and 14.96 ± 1.04 mm wide), confirming Bernays' observation (1986) that larger larvae also have larger heads. This size is in the range reported for African Saturniidae. It is almost as long as *Gonimbrasia belina* (Westwood, 1993), *I. ertli* (Rebel, 1904), *I. obscura* (Butler, 1878) (approx. 83, 80, 80 mm, respectively); smaller than *Bunaea alcinoe* (Stoll, 1780) (approx. 90 mm) but larger than *C. forda* (Westwood, 1881) (approx. 60 mm) (Latham *et al.*, 2021).

However, the fact that *P. macrocarpus* is the original host species on which the collection was made may still have influenced the success of the caterpillars reared on it. The caterpillars developing on *P. macrocarpus* had the advantage of continuing their growth on their original host plant species, while the other caterpillars had to adapt to a new food source, as described by Konda Ku Mbuta and Ambühl (2022), who referred to these caterpillars as “faithful” to their host tree (Bernays and Minkenberg, 1997; Karowe, 1989).

Indeed, these results align well with the local knowledge of the communities, which classify *P. macrocarpus* as the primary host plant for *I. epimethea* caterpillars, in Kwilu in the Democratic Republic of the Congo (Bocquet *et al.*, 2020; Latham, 2003; Lisingo *et al.*, 2010; Looli *et al.*, 2021; Koni and Bostoen, 2008; Muyay, 1981; Ngbolua *et al.*, 2022; Okangola *et al.*, 2016; Payne *et al.*, 2016).

6.1.4.3. Life cycle of *I. epimethea*

Larval development

The results on the number (5 stages) and duration (5-8 days) of larval stages are in line with those by Akanbi (1973) and Konda Ku Mbuta and Ambühl (2022) which also indicate five larval stages for the same species. These data, in addition to corresponding to those of previous authors, align with the information gathered from the farmers in Idiofa and Masi-Manimba. According to them, *I. epimethea* undergoes a cycle of activity and latency of 3-4 days (i.e. the caterpillars spend three to four days of intense feeding activity followed by three to four days of fasting and molting preparation), resulting in a duration of six to eight days for each of the first four stages and five days for the final stage. These data are similar to those reported for other Saturniidae such as *B. alcinoe*, *C. forda*, *G. hecate* (Rougeot, 1955) and *I. obscura* (Latham *et al.*, 2021; Sagara *et al.*, 2019).

The results on the growth evolution of *I. Epimethea* larvae are in line with those obtained by Sagara *et al.* (2019), who reported the average size of *G. 159ecate* larvae for all larval stages (10.03 ± 1.27 mm; 14.90 ± 2.74; 29.33 ± 6.38 mm; 57.82 ± 5.92 mm and 77.14 ± 9.74 mm, respectively). The same evolutionary trend can be observed in *Caio richardsoni* (Druce, 1890), a saturniid from Mexico (Wolfe and Pescador, 1994).

The nymphal stage

Overall, the first and last pupae were obtained between the fifth and eleventh day after the last larval stage. These results are similar to those of the experiment of Akanbi (1973) for the same species and in an environment close to that of this research. He indicated a pupation period of 10 to 13 days from L5. The color change (from red to black) of the pupa refers to the one indicated by Akanbi (1973) for the same species and Sagara *et al.*, 2019 for *I. hecate*. The mean pupal size of *I. epimethea* is similar to that of *I. obscura*, but larger than that of *C. forda* and *G. hecate* (Latham *et al.*, 2021; Sagara *et al.*, 2019). The largest ($44,43 \pm 3,55$ mm) and widest ($14,26 \pm 1,13$ mm for the body and $16,16 \pm 1,61$ mm for the head) specimens were obtained from larvae fed on *P. macrocarpus*, while the smallest ($10,19 \pm 1,38$ mm for the body and $13,42 \pm 1,25$ mm for the head) ones were from *U. guineensis*. The results once again confirm the relationship between the size of the mature caterpillar and the pupa (Suwarno *et al.*, 2007). The nymphal diapause period obtained in this experiment falls within the range reported by Akambi (1973) where the average duration was 50 days and 80 days for the first and second generation, respectively. Peaks of larval mortality recorded during pupation stage can be explained by excess humidity, as previously observed by Akanbi (1973), since the pupation setup was placed under wood to simulate natural conditions.

6.1.4.4. Range of host plants

Based on the frequency of citation of host plants of *I. epimethea* by the respondents and the available data in the literature, it is appropriate to classify the species as polyphagous with a diet that varies according to the phytogeographic zones, depending on the dominance of host plants in the environment. However, in the province of Kwilu, the order of importance of its host plants remains *P. macrocarpus*, *R. heudelotii*, and *F. africana* which is similar to the trend observed in the Republic of Congo (Mabossy-Mobouna *et al.*, 2021). Indeed, *F. africana* is the appropriate host of *I. epimethea* when it is only initially chosen by the female butterfly as an oviposition site.

The importance of Fabaceae in the diet of *I. epimethea* in Africa, as shown in the literature, is consistent with the findings of Stone (1991), for whom these plants, which belong to the Fabales, one of the oldest orders, would probably have been well established and available as food sources before the evolution of the Saturniidae (the family of the caterpillar mentioned above). Furthermore, the prevalence of Fabaceae

as host plants of *I. epimethea* may be due to the presence of phenolic compounds on their leaves (Aligwekwe and Idaguko, 2021; Amos-Tautua *et al.*, 2017; Hassan *et al.*, 2007; Nwandu *et al.*, 2019; Uzoekwe and Hamilton-Amachree, 2016; Yakubu *et al.*, 2018). These findings are consistent with those of Janzen (1985) and Wink (2013), who indicated that the diet of Saturniidae is rich in phenolic compounds (tannins and resins).

These results indicate that the caterpillar is highly generalist in the Kwilu Province as it feeds on seven plant families in the Masi-Manimba territory and four in Idiofa. These differences by territory can be attributed to the typical ecology of each environment. Idiofa (Sedzo sector) has forests of near equatorial rainforest (lush forest, generally composed of tall, broad-leaved trees, usually found in humid tropical uplands and lowlands around the equator), while Masi-Manimba has gallery forests or riparian forests (vegetation along rivers and streams) (Anonymous, 2005; Bruneau, 2009; CAID, 2016). So, this diversity of *I. epimethea* host plants, different from one region to another, is proof that the caterpillars' diet varies with their ecology (Lisingo, 2010; Latham, 2008). All respondents mentioned *P. macrocarpus*, considering it as the main plant from which the various vernacular names for the caterpillar derive (e.g. "Misa") in Mbala, Yansi, Ngongo languages, referring to caterpillars from the *P. macrocarpus* tree, whose vernacular name is "Musa" (Koni and Bostoën, 2008; Muyay, 1981).

The same plant is also reported in several provinces of the Democratic Republic of the Congo, such as Kongo Central (Latham, 2003), Equateur (Bocquet *et al.*, 2020), Mai-Ndombe (Payne *et al.*, 2016), Nord-Ubangi (Ngbolua *et al.*, 2022), Tshopo (Lisingo *et al.*, 2010; Looli *et al.*, 2021; Okangola *et al.*, 2016), as well as in other African countries such as Cameroon, Central African Republic, and Republic of Congo, all of which are part of the Congo Basin (Mabossy-Mobouna *et al.*, 2022; N'Gasse, 2003; Ngute *et al.*, 2020). Moreover, the respondents from Kwilu and several authors from the Democratic Republic of the Congo have mentioned that *P. macrocarpus* serves as a host for other species of caterpillars, such as *Achaea catocaloides* (Guinée, 1852), *Bunaea alcinoe* (Stoll, 1780), *Gonimbrasia hecate* (Rougeot, 1955), *Gonimbrasia petiveri* (Guérin-Méneville, 1845), *Imbrasia truncata* (Aurivillius, 1909), and an unidentified species referred to as "Mishidi", "Mitshil", "Misil", "Michil" in Mbala, Ngongo, Yansi, and Lorri languages, respectively. (Bocquet *et al.*, 2020 ; Lisingo *et al.*, 2010 ; Looli *et al.*, 2021 ; Ngbolua *et al.*, 2022 ; Okangola, 2007 ; Okangola *et al.*, 2016 ; Yabuda *et al.*, 2019).

Another important plant as a host tree for *I. epimethea* in Kwilu is *R. heudelotii*. The abundant presence of this pioneer plant in the secondary equatorial forests in Idiofa can be explained by the proximity to the Sedzo forests of the vast equatorial forest of the Democratic Republic of the Congo (Tailfer, 1989). It is also mentioned for the same use in other provinces such as Equateur (Bocquet *et al.*, 2020), Kongo Central (Latham, 2003), and Nord-Ubangi (Ngbolua *et al.*, 2022; Yabuda *et al.*, 2019), as well as in Tshopo (Lisingo *et al.*, 2010; Looli *et al.*, 2021). In addition to being consumed by caterpillars of *B. alcinoe* and *I. truncata* (Konda Ku Mbuta and Ambühl, 2022; Looli *et al.*, 2021; Ngbolua *et al.*, 2022; Okangola, 2007; Okangola *et al.*, 2016; Yabuda *et al.*, 2019).

F. africana, the third most frequently cited host of *I. epimethea*, is also found in certain provinces of the Democratic Republic of the Congo, such as Kongo Central, Equateur, Nord-Ubangi, and Tshopo (Bocquet *et al.*, 2020; Latham, 2003; Lisingo *et al.*, 2010; Ngbolua *et al.*, 2022; Okangola *et al.*, 2016). It appears to be exclusive to the Democratic Republic of the Congo as a host tree for *I. epimethea*, but it is also a host tree for *G. hecate* (Lisingo *et al.*, 2010; Ngbolua *et al.*, 2022; Okangola *et al.*, 2016).

Among the hosts of *I. epimethea* mentioned in both sites, *H. floribunda*, recorded in both the Democratic Republic of the Congo (Kongo Central and Tshopo) and Ghana and Nigeria (Akanbi, 1973; Bocquet *et al.*, 2020; De Prins *et al.*, 2022; Latham, 2003; Wagner *et al.*, 2008), appears to have limited use as a caterpillar host.

U. guineensis is mentioned as a host of *I. epimethea* only by the respondents from Sedzo (Idiofa), which is part of the Kasai phytogeographic district (Lubini and Mandango, 1981). Looli *et al.* (2021) also indicate that it serves as a host for caterpillars such as *Bunaopsis aurantiaca* (Rothschild, 1895), *I. obscura* (Butler, 1878), and *I. truncata*. *P. angolensis* and *A. pterocarpoides* appear to be consumed to a lesser extent by the caterpillars of *I. epimethea* in Kwilu, while their usage seems to be significant in other provinces of the Democratic Republic of the Congo (Equateur and Tshopo) and in other African countries (Cameroon and Republic of Congo) (Bocquet *et al.*, 2020; Lisingo *et al.*, 2010; Ngute *et al.*, 2020; Mabossy-Mobouna *et al.*, 2022).

6.1.5. Conclusions

This research aimed to study the biology-ecology of *I. epimethea* in order to establish an adequate program of semi-domestication of the caterpillars. The results demonstrate that the most important host trees of *I. epimethea*, in decreasing order, *P. macrocarpus*, *R. heudelotii*, and *F. africana*. The change in the diet of the caterpillars collected from their natural host plant significantly affected their growth. While *F. africana* proved to be an unsuitable host for the caterpillars collected from *P. macrocarpus*, *H. floribunda* and *U. guineensis* can be considered as alternative hosts for the species. Despite several constraints that prevented the successful development of a new generation, the preliminary results obtained confirm the polyphagy of *I. epimethea*. To maximise production, it is ideal to avoid transferring the larvae to various potential host trees. Multiplication of suitable host species is important. Further research is necessary to identify the compounds that reduce or inhibit the development of caterpillars on certain host plants and to characterize the ability of the caterpillars to develop on these plants over multiple generations. Finally, breeding by semi-domestication seems to be the system adapted to *I. epimethea*, where the larvae are transferred to their pre-planted host trees to make them available for the population of the Democratic Republic of the Congo.

6.2. Autres informations biologiques

Outre les résultats présentés ci-dessus, des coups de sonde ont été réalisés entre 2020 et 2023 dans le territoire de Masi-Manimba afin d'obtenir plus d'informations sur d'autres espèces potentiellement intéressantes à savoir *B. alcinoe* et *G. petiveri*. A ce sujet, les observations ont été entreprises dans les conditions de captivité où 15 chenilles L5 étaient placées en cages. Elles ont été complétées par les données de la littérature. En ce qui concerne *I. ertli*, une semi-domestication a été réalisée dans le village Mbenga. Des amas d'œufs ont été collectés sur trois arbres hôtes différents d'*E. africanum* et transférés sur trois autres arbres de la même espèce dans un environnement protégé. Les trois hôtes étaient espacés d'environ six mètres. Les observations ont consisté à enregistrer les dates depuis l'éclosion des larves jusqu'à l'émergence des papillons afin de déterminer la durée totale du cycle de développement et la durée de chaque stade larvaire. Les dates des mues et de la nymphose ont été également notées. Des changements morphologiques potentiels et les comportements des larves durant le cycle ont été aussi mentionnés.

Les informations sur *C. forda* proviennent des savoirs écologiques traditionnels (SET) des populations au travers d'une enquête. Cependant, aucune information n'a été disponible sur *I. truncata*, du moins en ce qui concerne la RDC. Des études appropriées sur l'espèce sont encouragées en raison de son intérêt nutritionnel.

6.2.1. *Cirina forda*

C. forda (Figure 34) est une chenille de la famille de Saturniidae, dont le synonyme est *Imbrasia forda*.

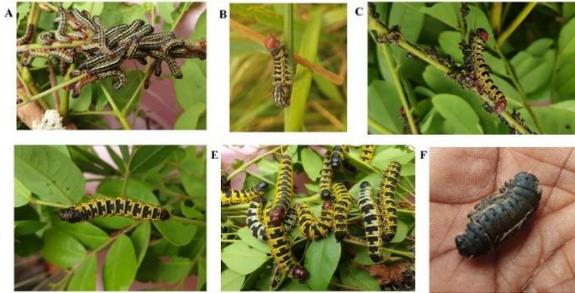


Figure 34. Photos prises à Mbenga, secteur de Kinzenga dans le territoire de Masi-Manimba : Les œufs et les larves d'environ 3 jours après éclosion : a et b ; *C. forda* dénommée « Bimwangu » non comestibles ; c. et d. *Madita* en développement, légèrement comestible ; e. *C. forda* L5 ; f. *C. forda* en nymphose © Madamo Malasi Française

Elle est dénommée, entre autres, Angolu ou Mangolu (Mbala), Mingol (Ngongo), Tshata, Mahungu ou Mingolo (Suku), Mingwel (Yansi), Mikwati ou Mingolo (Kikongo, Ding, Lorri), Pöfomé (Mongo), Baango (Lonkundo), Bihomi (Ngando), Misigi (Lega) (Latham *et al.*, 2024 ; Madamo *et al.*, 2023). Sa plante nourricière principale, dans les savanes boisées de l'Ouest de la RDC, est *Erythrophleum africanum*, d'où la dénomination de « Mikwati ». Il est important de noter qu'elle a été identifiée comme « Makoso », contrairement à la forme « Masese ». Néanmoins, en cas d'abondance, les chenilles de *C. forda* se nourrissent aussi des feuilles de *Burkea africana* Hook pour compléter leur alimentation comme déjà indiqué par Lunga (2017). *C. forda* est donc une espèce oligophage dans la région de recherche comme en Angola (Läutenschläger *et al.*, 2017). Elle est monophage dans les forêts équatoriales de la RDC où les chenilles se nourrissent des feuilles d'*E. suaveolens* (Guill. et Perr.) Brenan (Bocquet *et al.*, 2020 ; Looli *et al.*, 2021). Son mode de nutrition reste donc spécifique (monophage ou oligophage).

L'espèce est d'une importance prépondérante, en raison de son grand intérêt alimentaire et commercial (Nsevolo *et al.*, 2023). En effet, ses larves cuites et séchées sont largement consommées et commercialisées dans les différents marchés sur toute l'étendue de la RDC (Mapunzu, 2004 ; Nsevolo *et al.*, 2023). De plus, sa consommation a été signalée dans presque tous les pays d'Afrique subsaharienne (Adepoju et Daboh 2013 ; Latham *et al.*, 2024 ; Lautenschläger *et al.* 2017 ; Nsevolo *et al.*, 2023). Elles sont également très exportées vers la Belgique et la France, où quelques fois un kg est vendu à 35 euros (Belgique), ce qui fait d'elle une source importante de revenus (Mapunzu, 2004). Malgré la baisse de production constatée pour toutes les chenilles en général dans la province du Kwilu et contrairement aux autres espèces, les chenilles de *C. forda* sont les seules dont la récolte est la plus massive dans la province du Kwilu, avec une estimation d'environ 3.500 à 4.500 chenilles par arbre et par saison de récolte.

Les populations de l'Ouest de la RDC ont un niveau important de connaissances écologiques traditionnelles relatives à la production de *C. forda*. Pour eux, la récolte abondante des chenilles dépend principalement de la période préférentielle de mise à feu des savanes boisées, soit la période du 10-15 juin, ce qui rejoint presque la période estimée (autour de 5 juin) par Leleup et Daems (1969). Cette date est choisie en raison de la chaleur moins intense, ce qui protège les chrysalides souterraines, ainsi que de la synchronisation entre la repousse du feuillage et l'éclosion des œufs comme l'ont déjà signalé certains auteurs (Leleup et Daems, 1969 ; Lunga, 2017). Les répondants soutiennent que l'émergence des papillons, suivie de la ponte de nombreux œufs regroupés en amas sur *E. africanum* commencent environ quatre jours après la mise à feu, ce qui correspond à la deuxième quinzaine de juin indiqué par les auteurs précités. Pour la population locale, la durée d'incubation est d'environ 14 jours, ce qui paraît plus long comparativement aux huit jours d'incubation indiqués par Spitsyn *et al.* (2021) pour la même espèce mais plus courte par rapport à 35 jours indiqués par Numbi *et al.* (2023). Toutefois, la période d'éclosion, de près de sept jours, avec trois interruptions de 1-2 jours, correspond presque à celle de 10 jours signalé par Konda Ku Mbuta et Ambühl (2022). De plus, elle correspond presque au début de la deuxième quinzaine de juillet signalée par Leleup et Daems (1969). Les jeunes chenilles (de 3 jours) restent d'abord groupées sur le lieu de ponte, pouvant être le tronc ou les branches d'hôte, ne s'alimentant pas encore.

Par ailleurs, les populations s'accordent à dire que, les premiers stades larvaires, caractérisés chacun par des modifications morphologiques profondes des chenilles, dure environ sept jours. De plus, leur nom varie en fonction de la morphologie

spécifique de la larve. C'est le cas de « Bimwangu » (Figure 34a), qui désigne de très petites chenilles à fond noire, caractérisée par trois bandes jaune-vert le long du corps et des petits poils blancs comme déjà décrit par Spitsyn *et al.* (2021). Leur capsule céphalique, pattes, bouclier prothoracique et plaque anale sont brun-rouge. Les répondants estiment que les « Bimwangu » résultent de la première mue et se nourrissent en groupe, se déplaçant d'un *E. africanum* à un autre pour compléter leur alimentation.

Parallèlement, les chenilles « Madita » (L4) ont une couleur de fond jaune, avec une grande tache noire à trois sommets sur la face dorsale de chaque segment. Leurs poils sont blancs et disposés en quatre rangées de chaque côté et un très grand spiracle noir latéralement (Spitsyn *et al.*, 2021). Elles sont très voraces et aussi très actives dans la recherche de nourriture, se déplaçant fréquemment, et complétant même leur régime avec *B. africana* en cas de forte population. Pour les répondants, « Madita » (Figure 25b, c, d) atteint sa maturation 12 à 14 jours après conformément aux indications de Umba di M'balu *et al.* (2023) et le début de la récolte a lieu à partir de la seconde quinzaine d'août, pouvant se terminer au début de septembre, ce qui est proche du calendrier de récolte du 1-15 septembre, tel qu'indiqué par Leleup et Daems (1969) pour le Kwango.

Au regard de ce qui précède, les chenilles de *C. forda* sont monovoltines, ne produisant qu'une seule génération par an, en raison des conditions environnementales, spécifiquement la disponibilité des jeunes feuilles (Numbi *et al.*, 2023). Les chenilles de *C. forda* sont grégaires et très actives tout au long de leur vie. Le stade larvaire dure environ 39 jours, ce qui est proche de 35 jours indiqué par Konda Ku Mbuta et Ambühl (2022). Il est intéressant d'indiquer que son développement larvaire se déroule en cinq stades, avec quatre mues dont chacune dure environ trois jours (Umba di M'balu *et al.*, 2023). Par contre, le stade nymphal (souterrain) est exceptionnellement long, soit 270 jours (allant jusqu'au 15 juin) (Leleup et Daems, 1969). Cette durée dépasse largement celle indiquée par Konda Ku Mbuta et Ambühl (2022), en condition de captivité (90-200 jours). La différence serait due à la discordance des conditions environnementales de leur développement. Son cycle de développement est donc d'environ 330 jours.

Cependant, selon l'histoire de sa consommation, les répondants signalent que la consommation des jeunes chenilles est dangereuse pour la santé, celle de « Bimwangu », étant plus dangereuse, voire mortelle, en raison des problèmes digestifs (diarrhées, maux de ventre, des vomissements) qu'elle peut induire. Le

danger peut être atténué, en ce qui concerne les chenilles « Madita », par une cuisson traditionnelle appropriée, faisant partir toute l'eau afin de réduire considérablement la teneur en toxicité dans les substances alimentaires (Oriowolo *et al.*, 2021). Cette situation serait due à la quantité importante des facteurs anti nutritionnels (*e.g.* oxalate : environ 20 mg/100g ; glycosides cyanogènes : environ 12 mg/100 g) reconnue spécifiquement pour *C. forda* (Kanga-Kanga *et al.*, 2018 ; Kapepula *et al.*, 2022 ; Oriowolo *et al.*, 2021).

Parallèlement, la présence de ces substances pourrait être la conséquence de leur alimentation, étant donné l'existence effective de ces métabolites secondaires dans les feuilles d'*E. africanum* (Hassan *et al.*, 2007 ; Mohammed *et al.*, 2014). De plus, les chenilles, comme tous les insectes, ont la capacité de synthétiser des composés phénoliques à travers le processus de sclérotisation (Nino *et al.*, 2021).

6.2.2. *Imbrasia ertli*

I. ertli (Figure 35) est une Saturniidae, moins connue des congolais et très localisée dans certaines zones du territoire de Masi-Manimba (*e.i.* spécifiquement le village Mbenga du secteur Kinzenga et plusieurs zones de Bindungi) dans la province du Kwilu et à l'Ouest de la RDC.



Papillon

Figure 35. Illustration de différents stades larvaires, de chrysalides et de papillon d'*I. ertli* : A. œufs ; B. 4 jours après l'éclosion ; C. 1 jour après la 1ère mue ; D. Préparation de la 2ème mue ; E. Pendant la 2ème mue, se déroulant presque de façon similaire que celle de *I. epimethea* ; F. Après la 2ème mue ; G. Chenille L5 ; H. Chrysalides présentant un dimorphisme sexuel : la chrysalide femelle étant plus grande que la chrysalide mâle. I. Papillon. Village Mbenga, territoire de Masi-Manimba (province du Kwilu) © Madamo Malasi Française

Pour les répondants, elle est une espèce très spécifique dans la zone d'étude, ne s'alimentant que sur *E. africanum* et elle est bivoltine, produisant deux générations par an (décembre-janvier et avril-mai). Malgré sa valeur organoleptique élevée, son intérêt alimentaire et commerciale est moindre, étant donné sa très faible production. Ils soulignent que sa récolte est discrète, en raison de sa faible production qui excède rarement 2 kg par arbre. Ces résultats confirment ceux de Kelemu *et al.* (2015) qui ne comptent pas la RDC parmi les pays consommateurs de l'espèce, mais plutôt les pays

d’Afrique australe. Son identification constitue une première, tant dans la région de l’Ouest de la RDC que sur toute l’étendue du pays. Cela confirme l’idée que le nombre d’insectes comestibles publiés reste approximatif, de nombreuses espèces restent à identifier scientifiquement (van Itterbeeck *et al.*, 2022). Toutefois, la consommation d’une autre forme de l’espèce a été signalée au Katanga et Kasai en RDC (Latham *et al.*, 2024).

Les chenilles d’*I. ertli* sont dénommées Mafumbi en Mbala ; Mafumbi ou Misa masek en Ngongo ; Mambanda en Suku et Misa manshok en Yansi. Les appellations « Misa masek » et « Misa manshok », se traduisant par « *I. epimethea* de savane » et expliquant qu’elles sont des proches parents et sont objets de confusion. En effet, l’observation directe et les enquêtes réalisées indiquent qu’elles partagent des caractéristiques morphologiques très proches, comme par exemple, l’odeur et le type de poils. De plus, la réalisation de leurs mues présente beaucoup de similitudes (Figure 35). Cette relation de proximité avec son parent *I. epimethea* a été déjà signalée par Fogang *et al.* (2019). Cependant, contrairement à son proche parent, *I. ertli* s’alimente sur *E. africanum*, présente dans les savanes boisées et elle est, par le fait même, très spécifique. Toutefois, elle partage le même hôte avec *C. forda* et des espèces de *Lobobunaea* sp.

Les observations in situ montrent que l’espèce est bivoltine et hautement spécifique (monophage stricte), affichant presque les mêmes comportements que *C. forda* avec qui, elles partagent le même habitat et *I. epimethea*. Les œufs (Figure 35), de couleur blanchâtre, ont une période d’incubation estimée à environ 10 jours, comme c’est le cas pour la plupart des Saturniidae. Une fois éclos, les larves sont très grégaires et très défoliatrices, se déplaçant d’un *E. africanum* à un autre, avec un développement larvaire qui dure environ 25 jours. Enfin, le stade nymphal dure près de 159 jours, portant le cycle total d’environ 194 jours, soit environ 6 mois.

Son développement semble être plus proche d’*I. epimethea* notamment par le fait que le développement larvaire s’effectue en cinq stades, avec quatre mues. Ces mues sont caractérisées par la blancheur de leurs poils (Figure 35). La première et la quatrième, plus discrètes, se dérouleraient au niveau des feuilles. En revanche, la deuxième et la troisième ont lieu sur le tronc, où les larves restent regroupées pendant 24 heures avant et après la mue, avant de remonter vers les feuilles (Madamo *et al.*, 2024, Konda Ku Mbuta et Ambühl, 2022). Contrairement à *I. epimethea*, sa nymphose semble être facile, avec une faible mortalité des chrysalides. Il importe de noter qu’aucune littérature n’a été trouvée à ce propos.

6.2.3. *Bunaea alcinoe*

Les chenilles de *B. alcinoe* présentent deux formes rouges et noires évoluant ensemble et sont très généralistes (Latham *et al.*, 2024 ; Konda Ku Mbuta et Ambühl, 2022). Les observations réalisées en captivité dans le cadre de cette thèse ont porté sur les larves du dernier stade (nymphose-éclosion) (Figure 36). Elles révèlent que les œufs ont une incubation d'environ dix jours, ce qui correspond presque à la période de 11 à 12 jours évoquée par Konda Ku Mbuta et Ambühl (2022) ainsi que Coppens (2019). Les données de la littérature indiquent que le développement larvaire se déroule en cinq stades et dure environ 35 jours. Contrairement à Coppens (2019) qui estime que l'élevage des larves est facile, Konda Ku Mbuta et Ambühl (2022) mentionnent la difficulté d'obtenir un grand nombre de chenilles dépassant le L3 au laboratoire, en raison d'exigences liées aux conditions d'habitat sur le lieu d'élevage. Le stade nymphal (Figure 36) a commencé quatre jours après leur maturation et a duré 39 jours, conformément à la plage de 28 à 48 jours indiquée par Konda Ku Mbuta et Ambühl (2022). Leur cycle de vie est estimé à 80 jours. Au regard de ce qui précède, *B. alcinoe* est multivoltine, avec un développement pouvant aller jusqu'à quatre ou cinq générations par année (Konda Ku Mbuta et Ambühl, 2022 ; Coppens, 2019).



Figure 36. Illustration de la nymphose et émergence de *B. alcinoe*. Avant la nymphose, la chenille réduit sa taille, sa valeur gustative augmente. Les antennes du papillon mâle sont bien développées que celles du papillon femelle. Village Mokamo, territoire de Masi-Manimba (province du Kwilu) © Madamo Malasi Française

Cependant, certains entomologistes, comme Coppens (2019), renseignent que la grande difficulté dans l'élevage de cette espèce réside à la synchronisation des chrysalides et à l'accouplement des papillons. Pour résoudre le problème de cette longue diapause, des feuilles de *Piper umbellatum* (L.) ont été utilisées au Nigéria pour envelopper les larves de cinquième stade de *B. alcinoe* qui ne pouvaient pas entrer dans la phase nymphale. Ce qui serait inspiré de l'usage traditionnel de la plante dans le traitement des bébés prématurés, en raison de l'action de ses composants phytochimiques (Ogbalu et Nwauzoma, 2017).

6.2.4. *Gonimbrasia petiveri*

Concernant *G. petiveri* (ou *Nudaurelia dione* (Fabricius, 1793)), elle est une espèce multivoltine et généraliste dont l'élevage est estimé facile et sa croissance est rapide. Elle est désignée comme espèce favorite pour l'élevage (Coppens, 2019 ; Konda Ku Mbuta et Ambühl, 2022). En effet, les observations réalisées en captivité montrent que les œufs, de couleur blanchâtre (Figure 37), ont une durée d'incubation d'environ neuf jours, presque similaire à la période de 10 jours obtenue par Konda Ku Mbuta et Ambühl (2022). Ce qui est contraire à l'information fournie par Coppens (2019) à ce propos, une incubation de 21 jours.

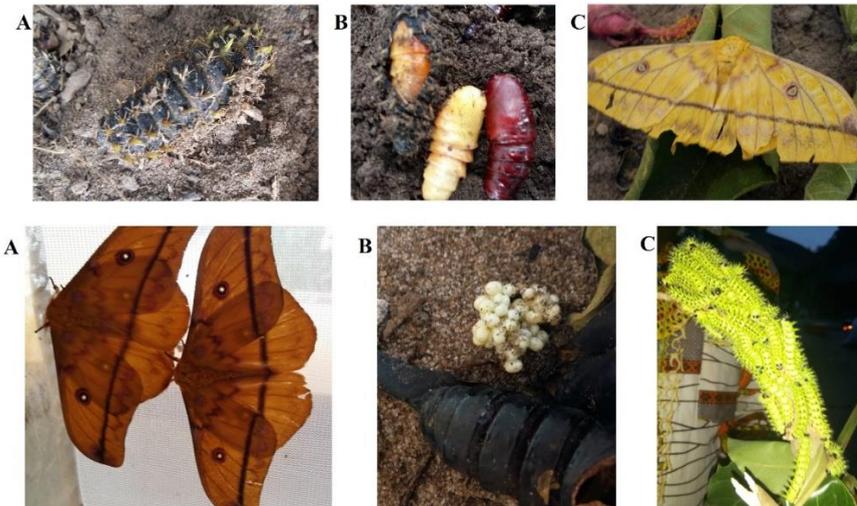


Figure 37. Quelques éléments du cycle biologique de *G. petiveri* A. la chenille s'enfonce dans le sol pour sa nymphose ; B. la nouvelle chrysalide en blanc et la mature en rouge, une autre indiquant l'échec de la nymphose ; C. Emergence du papillon ; D. Accouplement des papillons ; E. Amas d'œufs de *G. petiveri* ; F. Jeunes larves de *G. petiveri*, le développement larvaire de la chenille est marqué par des changements morphologiques remarquables, notamment le changement de la couleur verte aux premiers stades en noir aux derniers stades.

Les larves (Figure 37) sont très grégaires durant tout le cycle, à l'exception du dernier stade où elles deviennent un peu solitaires. Leur développement larvaire comprend cinq stades et il dure entre 34 et 42 jours (Coppens, 2019 ; Konda Ku Mbuta et Ambühl, 2022). Le stade nymphal a commencé cinq jours après leur maturation (L5) et a duré environ 28 jours. Ce résultat est proche de la plage de 29 à 45 jours rapportée par Konda Ku Mbuta et Ambühl (2022) et Coppens (2019).

Tableau 16. Host plants of *Imbrasia epimethea* in Kwilu province and Africa. Le tableau explique que le régime de la chenille change selon les sites écologiques.

| Family | Host plant | Country | Author | Kwilu Province (this study) |
|---------------|---|--|--|-----------------------------|
| Annonaceae | <i>Annona senegalensis</i> Pers. | Nigeria, Africa | West De Prins <i>et al.</i> , 2022 | – |
| | <i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf | DRC | Bocquet <i>et al.</i> , 2020 ; Latham, 2003 ; Lisingo <i>et al.</i> , 2010 ; Ngbolua <i>et al.</i> , 2022 ; Okangola <i>et al.</i> , 2016 | Idiofa and Masi-Manimba |
| Apocynaceae | <i>Funtumia elastica</i> (P.Preuss) Stapf | DRC, Nigeria | Ghana, Bocquet <i>et al.</i> , 2020 ; De Prins <i>et al.</i> , 2022 ; Lisingo <i>et al.</i> , 2010 ; Wagner <i>et al.</i> , 2008 | – |
| | <i>Funtumia</i> sp. | Gabon | De Prins <i>et al.</i> , 2022 | – |
| | <i>Holarrhena floribunda</i> T. Durand & Schinz | Ghana, Nigeria | DRC, Bocquet <i>et al.</i> , 2020 ; De Prins <i>et al.</i> , 2022 ; Wagner <i>et al.</i> , 2008 ; Latham, 2003 ; Akanbi, 1973, | Idiofa and Masi-Manimba |
| | <i>Aucoumea klaineana</i> Pierre | Gabon | De Prins <i>et al.</i> , 2022 | – |
| Bursereaceae | <i>Canarium schweinfurthii</i> Angl. | DRC, East Africa | De Prins <i>et al.</i> , 2022 ; Looli <i>et al.</i> , 2021 | – |
| | <i>Pachylobus edulis</i> G. Don | Cameroon | Ngute <i>et al.</i> , 2019 | – |
| | <i>Celtis gomphophylla</i> Baker | Angola, Central African Republic | DRC, Balinga <i>et al.</i> , 2004 ; Bocquet <i>et al.</i> , 2020 ; Lautenschläger <i>et al.</i> , 2017 | – |
| Cannabaceae | <i>Trema orientalis</i> (L.) Blume | Angola, DRC | Lautenschläger <i>et al.</i> , 2017 ; Latham and Konda Ku Mbuta, 2014 | – |
| | <i>Terminalia laxiflora</i> Angl. | West Africa | De Prins <i>et al.</i> , 2022 | – |
| Combretaceae | <i>Terminalia</i> sp. | Gabon, Nigeria, Uganda, West Africa | De Prins <i>et al.</i> , 2022 ; Rougeot, 1949 | – |
| | <i>Discoglyprena caloneura</i> Prain | Cameroon | Ngute <i>et al.</i> , 2019 | – |
| Euphorbiaceae | <i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel | Angola, Cameroon, DRC, Republic of the Congo, Central African Republic | Balinga <i>et al.</i> , 2004 ; Bocquet <i>et al.</i> , 2020 ; Latham, 2003 ; Lautenschläger <i>et al.</i> , 2017 ; Lisingo <i>et al.</i> , 2010 ; Looli <i>et al.</i> , 2021 ; Mabossy <i>et al.</i> , 2022 ; Ngbolua <i>et al.</i> , 2022 ; Ngute <i>et al.</i> , 2019 ; Yabunda <i>et al.</i> , 2019 ; | Idiofa and Masi-Manimba |

| | | | | | |
|--------------|---|--------------------------|--|---|--------------|
| | <i>Acacia auriculiformis</i> A.Cunn. ex Benth. | DRC | | Latham, 2003 | - |
| | <i>Acacia decurrens</i> (JCWendl.) Willd. | East Africa | | De Prins <i>et al.</i> , 2022 | - |
| | <i>Acacia mearnsii</i> De Wild. | Uganda | | De Prins <i>et al.</i> , 2022 | - |
| | <i>Afzelia quanzensis</i> Bien. | DRC | | Malaisse, 1997 | - |
| | <i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W. Wight | DRC | | Bocquet <i>et al.</i> , 2020 | - |
| Fabaceae | <i>Albizia</i> sp. | East Africa (Uganda) | | De Prins <i>et al.</i> , 2022 | - |
| | <i>Amphimas ferrugineus</i> Pierre ex Pellegrin | Cameroon | | Ngute <i>et al.</i> , 2019 | - |
| | <i>Amphimas pterocarpoides</i> Harms | DRC | | Bocquet <i>et al.</i> , 2020 | Masi-Manimba |
| | <i>Bauhinia</i> sp. | Nigeria | | De Prins <i>et al.</i> , 2022 | - |
| | <i>Berlinia</i> sp. | East Africa (Uganda) | | De Prins <i>et al.</i> , 2022 | - |
| | <i>Brachystegia longifolia</i> Benth. | Zambia | | Silow, 1976; Mbata <i>et al.</i> , 2002 | - |
| | <i>Brachystegia</i> sp. | East African (Uganda) | | De Prins <i>et al.</i> , 2022 | - |
| | <i>Burkea africana</i> Crochet. | DRC | | Bocquet <i>et al.</i> , 2020 | - |
| | <i>Entada abyssinica</i> Steud. ex A.Rich. | Angola, DRC | | Bocquet <i>et al.</i> , 2020 ; Lautenschläger <i>et al.</i> , 2017 | - |
| | <i>Erythrophleum africanum</i> (Benth.) | DRC, Zambia | | Malaisse, 1997 ; Bocquet <i>et al.</i> , 2020 ; Ishara <i>et al.</i> , 2022 ; Silow, 1976 ; Mbata <i>et al.</i> , 2002 | - |
| Fabaceae | <i>Erythrophleum suaveolens</i> (Guill. & Perr.) Brenan | Cameroon, DRC | | Ngute <i>et al.</i> , 2019 ; Malaisse, 1997 ; Bocquet <i>et al.</i> , 2020 ; | - |
| | <i>Isobertinia angolensis</i> (Welw. ex Benth.) Hoyle & Brennan | Zambia, DRC | | Bocquet <i>et al.</i> , 2020 ; Silow, 1976 ; Mbata <i>et al.</i> , 2002 | - |
| | <i>Julbernardia paniculata</i> (Benth.) Troupin. | DRC | | Bocquet <i>et al.</i> , 2020 ; Latham, 2003 ; Malaisse, 1997 | - |
| | <i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst. | West Africa | | De Prins <i>et al.</i> , 2022 | - |
| | <i>Samanea</i> sp. | East Africa | | De Prins <i>et al.</i> , 2022 | - |
| | <i>Vachellia lahai</i> (Steud. & Hochst. ex Benth.) Kyal. & Boatwr. | Kenya | | De Prins <i>et al.</i> , 2022 | - |
| Irvingiaceae | <i>Irvingia gabonensis</i> (Aubry- Lecomte ex O'Rorke) Baill. | Gabon | | De Prins <i>et al.</i> , 2022 | - |

| | | | | |
|----------------|---|--|--|-------------------------|
| Lecythidaceae | <i>Petersianthus macrocarpus</i> (P. Beauv.) Liben | Cameroon, DRC, Republic of the Congo, Central African Republic | Balinga <i>et al.</i> , 2004 ; Bocquet <i>et al.</i> , 2020 ; Ngute <i>et al.</i> , 2019 ; Latham, 2003 ; Lisingo <i>et al.</i> , 2010 ; Looli <i>et al.</i> , 2021 ; Mabossy <i>et al.</i> , 2022 ; Ngbolua <i>et al.</i> , 2022 ; Okangola <i>et al.</i> , 2016 ; Payne <i>et al.</i> , 2016 | Idiofa and Masi-Manimba |
| Malvaceae | <i>Theobroma cacao</i> L. | Ghana, Nigeria | De Prins <i>et al.</i> , 2022 ; Wagner <i>et al.</i> , 2008 ; | - |
| Myristicaceae | <i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb. | Cameroon, Republic of the Congo, DRC | Bocquet <i>et al.</i> , 2020 ; Lisingo <i>et al.</i> , 2010 ; Ngute <i>et al.</i> , 2019 ; Mabossy <i>et al.</i> , 2022 | Masi-Manimba |
| Phyllanthaceae | <i>Uapaca guineensis</i> Müll.Arg. | DRC | Looli <i>et al.</i> , 2021 | Idiofa |
| Rhamnaceae | <i>Maesopsis eminii</i> Engl. | East Africa (Uganda) | De Prins <i>et al.</i> , 2022 | - |
| Rhizophoraceae | <i>Rhizophora mangle</i> L. | DRC | Ishara <i>et al.</i> , 2022 | - |
| Rubiaceae | <i>Craterispermum cerinanthum</i> Hiern | DRC | - | Masi-Manimba |

Troisième partie

**Discussion, perspectives et conclusions
générales**

Chapitre 7

**Discussion, perspectives et conclusions
générales**

7.1. Discussion générale

Dans le cadre général de la présente thèse et de ses objectifs spécifiques, diverses avancées scientifiques originales ont été faites afin de préciser l'état de l'entomophagie et de la campéophagie au niveau de l'Ouest de la RDC. L'approche privilégiée est triple et peut donc être déclinée en quelques mots : connaître - conserver – valoriser et développer les chenilles comestibles (CC) dans une perspective durable.

7.1.1. Connaître

7.1.1.1. La Diversité entomologique des CC est importante mais fragile

Soixante trois espèces habituellement consommées ont été répertoriées et scientifiquement étudiées. De ces chenilles, 9 ont été attestées au niveau taxonomique de la famille, 13 au niveau du genre. 41 espèces ont été répertoriées, parmi lesquelles 17 sont les plus connues et les plus consommées en milieu coutumier. Une confirmation de l'occurrence de *I. ertli* dans la zone d'étude a été récemment confirmée, ce qui constitue un apport particulier de cette recherche. La famille des Saturniidae (40 %) et le genre *Imbrasia* (10 %) sont les CC les plus représentés. Cependant, l'étude révèle que seulement 14 espèces sont encore « relativement » disponibles parmi lesquelles 10 sont considérées comme « délicieuses » par les populations locales. Il a donc été démontré que malgré la grande diversité des ressources, seulement environ 20% des espèces sont encore disponibles ce qui correspond à une perte sans conteste au niveau des possibilités de complémentation alimentaire via l'entomophagie au niveau local.

Il est intéressant de signaler que la liste des chenilles établie reste approximative, étant donné que plus de 30 ethno-espèces demeurent méconnus. La dénomination des chenilles en milieu coutumier crée de confusions, en raison de la diversité linguistique (environ 20 ethnies). Ce système taxonomique se réfère principalement au nom de la plante hôte, aux caractères morphologiques et physiologiques de la chenille. De plus, de nombreuses espèces d'une même famille portent un nom vernaculaire commun. Par exemple, en utilisant les noms en langue Yansi, Kesayong pour désigner les Sphingidae ; Mpwokab pour les grosses chenilles solitaires et vertes appartenant à différents genres de Saturniidae (*Lobobunaea*, *Aurivillius*, *Athletes*, *Pseudobunaea*, *Pseudimbrasia*). Entretenir les connaissances, pérenniser les usages et accroître les

ressources s'avèrent donc indispensables. Les chenilles se développent sur des plantes hôtes dont l'identification s'est avérée très utile dans ces perspectives.

7.1.1.2. Les Plantes hôtes des chenilles comestibles sont variées

Les enquêtes botaniques réalisées ont mis en évidence 51 espèces végétales qui appartiennent à 16 familles où prédominent les Fabaceae (23 espèces, principalement des essences forestières) suivie des Apocynaceae, Phyllanthaceae, Rubiaceae et Poaceae, représentées successivement par trois espèces, les autres étant faiblement représentées (1 ou 2 espèces).

Cette thèse met donc en lumière le rôle majeur de neuf arbres dans les cycles de vie de plus de deux espèces de chenilles. Parmi ces espèces ligneuses, citons *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben et *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel, hôtes communs des Saturniidae chez lesquels la polyphagie est très développée en particulier chez les espèces *Bunaea alcinoe*, *Gonimbrasia petiveri* et *Imbrasia epimethea*. Par ailleurs, toujours via des enquêtes ciblées, il a été mis en évidence que les hôtes préférés des chenilles possèdent également d'autres valorisations du fait de leur intérêt pour la vie courante des populations rurales au Kwilu. Citons notamment *R. heudelotii* qui, en plus d'héberger quatre espèces de chenilles, est dotée de vertus médicinales, qu'elle sert de bois-énergie, de matériaux pour les constructions locales ou l'artisanat et fait l'objet d'un usage culturel. Il en est de même pour *P. macrocarpus*, dont les feuilles sont très prisées par cinq espèces des chenilles.

De plus, l'exploitation intensive, notamment pour la fabrication des charbons, des plantes hôtes, comme *E. africanum*, met en danger les chenilles spécialistes dont *C. forda*. Cette espèce est reconnue pour son plus grand intérêt alimentaire et économique dans le pays. Cette multiplicité de valorisations est donc un facteur important à considérer dans le cadre spécifique d'une production plus importante de chenilles. Un équilibre est à définir.

7.1.1.3. La composition proximale de 12 espèces de chenilles parmi les plus consommées est connue.

Les diverses analyses réalisées ont conduit à préciser la composition des principales chenilles (12/17) ciblées dans la présente recherche. Les travaux montrent que :

Les chenilles sont de bonnes sources protéo-oléagineuses. Effectivement, les protéines en sont les constituants majeurs. Leurs teneurs oscillent entre 36,1-57,6 g/100g du poids sec, les plus élevées ayant été observées chez les chenilles de Saturniidae. Les chenilles d'*I. ertli*, *I. epimethea* et *G. petiveri*, sont plus riches en protéines. Cependant, la réalité montre que l'apport en chenilles comestibles reste encore limité.

La protéine de la plupart des espèces contient tous les acides aminés indispensables (AAI). Il est important de souligner que toutes les chenilles analysées sont également très riches en acides aminés aromatiques (phénylalanine et tyrosine), et spécifiquement, *I. epimethea* et *I. truncata*, ont des niveaux très élevés de lysine. N'ayant pas réalisé les analyses sur la base de matière fraîche, il est difficile de formuler des recommandations sur la quantité et les espèces adaptée. Néanmoins, leur consommation suffisante constituerait une solution face à leurs carences dans le maïs et surtout dans le manioc (tubercules et feuilles) qui constituent les aliments de base dans la région d'étude (Oba *et al.*, 2019 ; Ghosh *et al.*, 2016 ; Ravindran et Ravindran, 1988). Le calcul des scores d'acides aminés indispensables (SAAI) et d'autre part l'estimation du score d'acides aminés indispensables digestibles (SAAID), classent *I. epimethea* comme source de protéines de bonne qualité. Elle est suivie d'*I. truncata* et de *C. forda*.

Les chenilles du Kwilu apportent plus de matières grasses que le poisson *Tilapia* sp. et la viande, avec près de 40% pour *I. obscura* et *P. discrepans* et 30% pour *E. lactea* et *I. epimethea*. Elles sont ainsi d'excellents aliments énergétiques dont la consommation en quantité appréciable serait un avantage dans le contexte de marasme dans la province (Illa et Yuguero, 2022). La composition en acides gras révèle des proportions intéressantes en acides alpha-linolénique (ALA), linoléique (LA), ce qui contribue à la qualité nutritionnelle des chenilles. La plupart, ont un ratio ALA/LA élevé proche de 5 qui représente la proportion optimale recommandée par la FAO (Legrand, 2013).

La présente recherche doctorale a aussi mis en exergue une problématique moins documentée en rapport avec le contenu nutritionnel en minéraux des chenilles de la province du Kwilu. A l'exception du phosphore (*e.i.* très abondant chez *Achaea* sp.), les teneurs les plus élevées en minéraux ont été trouvées dans les chenilles de Saturniidae qui représentent aussi des apports intéressants de fer (10 – 53,4 mg/100 g) et de zinc (6,7 – 16,9 mg/100 g).

La qualité nutritionnelle estimées des chenilles est telle que ces ressources alimentaires sont et demeurent des facteurs à prendre en considération, du moins localement, dans l'élaboration de mesures relatives à la sécurité alimentaire à l'Ouest de la RDC, la région très pauvre et aux ressources agricoles soumises à de nombreux aléas.

7.1.2. Conserver et valoriser

Pour conserver les CC, il est utile d'en approcher l'écologie pour espérer en intensifier la production. Cette approche originale a été menée à bien et a permis de sélectionner des espèces prometteuses : *I. epimethea*, *C. forda*, *I. ertli*, *B. alcinoe*, *G. petiveri*. La plus intéressante est sans conteste ***I. epimethea*** qui est utilisée dans un système d'élevage rudimentaire réalisé localement dans la région, notamment dans les territoires d'Idiofa et Masi-Manimba, sur les arbres *P. macrocarpus*, *R. heudelotii* et *F. africana*. Cependant, un facteur limitant a été mis en évidence : le changement de régime alimentaire affecte la croissance des chenilles d'*I. epimethea*. Elles n'acceptent pas leurs transferts de *P. macrocarpus* vers *F. africana*. L'adaptation des chenilles sur les autres hôtes est une preuve de la polyphagie de l'espèce mais leur transfert sur les arbres hôtes de la même espèce est un avantage pour une production plus massive (Konda Ku Mbuta et Ambühl, 2022).

La présente recherche a mis en lumière l'importance de *C. forda*, comme espèce la plus commercialisée, en raison de sa récolte, la plus massive de toutes. Cette production dépend, entre autres, du respect du calendrier de la mise à feu des savanes boisées et du respect de son environnement. Son développement, de même que celui d'*I. ertli*, exige une population importante d'*E. africanum*, en raison de leur activité alimentaire très intense induisant la défoliation parfois sévère de leurs hôtes. Cependant, *E. africanum* est surexploitée par la population, ce qui entraîne la réduction de la production des chenilles. D'où l'importance de sa mise en culture. A ce propos, des essais de la multiplication de la plante ont été amorcés, à travers la pépinière, et la pulvérisation de biostimulant moleibiol à faible dose est l'une des stratégies d'amélioration de la croissance en longueur des plantules recommandée par certains auteurs (Pululu *et al.*, 2020).

L'approche écologique menée dans le cadre de cette thèse a permis de mettre en évidence de nombreuses contraintes à surmonter pour une semi-domestication réussie des chenilles. Il s'agit, entre autres, des mortalités élevées des jeunes larves

enregistrées pendant tout le cycle, l'échec de la nymphose, la longue diapause nymphale et l'accouplement des femelles (Konda Ku Mbuta et Ambühl, 2022). Des préoccupations qui méritent d'être sérieusement abordées pour une semi-domestication réussie.

En RDC, il n'existe pas de nos jours des alternatives efficaces à la collecte d'insectes comestibles dans la nature. L'entomoculture est encore dans sa phase d'expérimentation. Différents types de systèmes d'élevage d'insectes ont été testés sur divers modèles d'insectes, les plus connus étant *Brachytrupes membranaceus* (Drury, 1770) (« Makelele ») et *Rynchohoprus phoenicis* (Fabricius, 1801) « Mpose », « Nsololo » (Nsevolo *et al.*, 2023). En ce qui concerne les chenilles, la semi-domestication potentiellement prometteuse est celle initiée par l'Armée du Salut dans la province du Kongo central où des jeunes larves sont transférées des arbres hôtes sauvages vers les mêmes arbres hôtes domestiques à proximité des habitations des villageois (environnement protégé). Compte tenu de cela, le reboisement de près de 20 espèces d'arbres hôtes est effectué et environ 20 espèces de chenilles sont testées pour une production massive (Konda Ku Mbuta et Ambühl, 2022).

Dans le cadre de cette thèse, trois espèces d'hôtes sont prioritaires : *P. macrocarpus*, *R. heudelotii* et *E. africanum*. De ce point de vue, Konda Ku Mbuta et Ambühl (2022) donnent des directives techniques sur *R. heudelotii*. Pour ces deux auteurs, le lit de germination de cette espèce doit être fait en enterrant de graines sous le sol, suivi d'un arrosage régulier. De plus, la transplantation de plants doit être faite préférentiellement le même jour, après une forte pluie. Mais, d'autres chercheurs, comme Omokhua et Okparaete (2017), recommandent le trempage des graines de *P. macrocarpus* dans l'eau pendant 6 à 9 heures comme la méthode la plus efficace pour améliorer la germination des graines en augmentant le pourcentage de germination et en réduisant la période d'émergence respectivement. Bien plus, Looli *et al.* (2021) indiquent que la scarification des graines améliore la germination et la croissance en pépinière de *P. macrocarpus*. Ainsi, pour la pérennité et la production abondante des chenilles, il est prévu que la récolte ne doit pas être totale (*i.e.* des chenilles seront laissées pour continuer le cycle), qu'aucune récolte ne sera faite la première année et la sécurité de la plantation sera efficace afin d'éviter le vol.

7.2. Perspectives

Les recherches réalisées offrent un champ de perspectives intéressantes. Cependant, tout développement / intensification de l'entomophagie doit répondre aux contraintes locales et prendre en considération les facteurs économiques et sociaux spécifiques de l'Ouest de la RDC. Quelles sont donc les investigations complémentaires qui se dégagent ?

Une réponse est fournie à la figure 38 sous forme graphique.

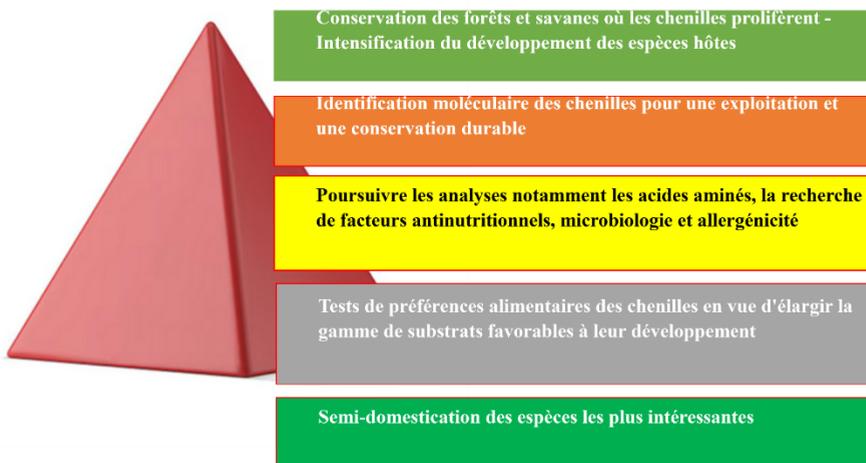


Figure 38. Investigations complémentaires de la thèse

7.2.1. Conservation des forêts et savanes où les chenilles prolifèrent - Intensification du développement des espèces hôtes

L'Ouest de la RDC, principalement province du Kwilu, a été identifiée parmi les zones à forte déforestation, en raison de sa pauvreté qui oblige une dépendance totale de la population et pour sa proximité de la capitale qui pousse à la surexploitation de ses forêts. Face à cette situation, la conservation des forêts (déjà très réduites) et savanes productrices de chenilles apparaît comme la solution la plus rapide. La mise en défens de ces écosystèmes pour une durée déterminée et l'interdiction de couper les arbres hôtes des chenilles seraient un outil incontournable pour la conservation et la restauration de ces habitats des chenilles.

Des campagnes de sensibilisation et des programmes éducatifs sont essentiels pour informer les populations locales sur cette thématique. L'implication de l'autorité compétente de l'État pouvant réglementer ce secteur et imposer des mesures d'application est vivement souhaitée. De plus, cultiver les espèces végétales nourricières des chenilles est une nécessité pour rendre possible la semi-domestication de ces espèces en vue d'une production massive.

Des espèces prioritaires sont *P. macrocarpus*, *R. heudeloti* et *E. africanum*. En ce sens, il est envisagé d'aménager des fermes de production des chenilles où préalablement des pépinières expérimentales vont être mise en place avec l'appui des étudiants (à travers leurs travaux pratiques) et des élèves des écoles primaires, dans le cadre de leur formation. Des essais sur la plante *P. macrocarpus* dans la ville de Bandundu (capitale de la province du Kwilu, à l'Ouest de la RDC) (Figure 39) donnent déjà des bons résultats.



Figure 39. *Pentachletra macrophylla* en croissance depuis six ans. (a) avant la floraison (b) en pleine floraison après cinq ans de croissance

De plus, en collaboration avec un chercheur de l'Institut Supérieur de Masi-Manimba, une pépinière (Figure 40) a été initiée et dont les premiers résultats sont très encourageants. Il est important de noter qu'il existe des peuplements importants d'*E. africanum* dans les savanes boisées du territoire de Masi-Manimba mais qui sont non productifs des chenilles. Des recherches sur l'ensemencement des œufs de *C. forda* dans ces savanes sont vivement recommandées.

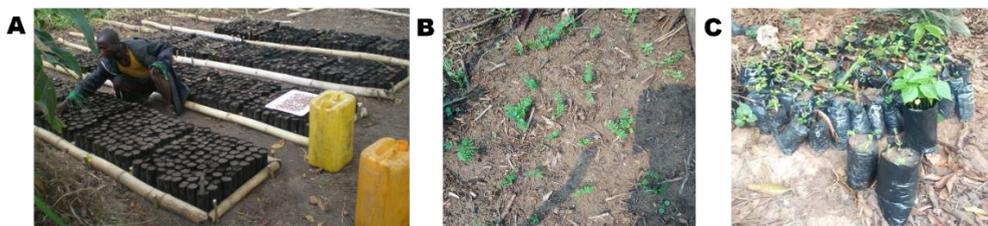


Figure 40. Essai d'une pépinière des plantes hôtes des chenilles : *H. floribunda* (A), *E. africanum* (B), et *P. macrocarpus* (C) dans le territoire de Masi-Manimba

7.2.2. Semi-domestication des espèces les plus intéressantes

Il est connu que l'élevage d'insectes comestibles, spécifiquement celui des chenilles, est pratiquement rare. Par contre, de nombreux essais sont évoqués, ayant permis de déterminer le cycle de vie et l'écologie d'une variété d'espèces. Dans le cadre de cette thèse, le système d'élevage proposé est la semi-domestication et les espèces potentielles ciblées sont les chenilles de *B. alcinoe*, *C. forda*, *G. petiveri*, *I. epimethea*, *I. ertli* et *I. truncata*. Il est suggéré de réaliser des essais d'élevage poussés et répétés de ces espèces de chenilles pour permettre l'élargissement des compétences et l'investissement avec assurance dans l'entreprise de la semi-domestication en vue d'une production massive.

Ces élevages expérimentaux permettront d'acquérir la maîtrise de l'écologie et de la biologie de chacune d'espèces ciblées, des informations qui sont en pénurie en RDC (Numbi *et al.*, 2021). Les comportements des chenilles pendant les élevages peuvent varier selon les espèces. Par exemple, les essais réalisés sur des œufs de *C. forda* récoltés sur *E. africanum* et transférés sur *B. africana* n'ont pas affecté leur production (Umba di M'balu *et al.*, 2023), alors que dans le cas d'*I. epimethea*, la fidélité à l'hôte est favorable pour une production massive. Ils pourront permettre de rompre, par exemple, la longue diapause nymphale qui caractérise la plupart des Saturniidae et de résoudre le défi de mortalité élevée des larves. Des travaux pratiques sur les aspects bioécologiques seront largement effectués avec les étudiants.

7.2.3. Identification moléculaire des chenilles pour une exploitation et une conservation durable

La région de l'Ouest de la RDC, notamment les territoires d'Idiofa et Masi-Manimba, demeure une zone peu étudiée malgré l'intégration profonde des pratiques

entomophages et la recherche sur la diversité entomologique reste peu documentée (Nsevolo *et al.*, 2023). Elargir les inventaires ethnoentomologiques au niveau de chaque territoire, associer à l'identification moléculaire des chenilles comestibles, permettra la constitution d'une banque de données qui servira de référence pour les études ultérieures. Comme déjà recommandé par (Mabossy-Mobouna *et al.*, 2022a), nous pensons qu'une meilleure connaissance de la taxonomie des espèces favoriserait des études sur leur élevage massif.

7.2.4. Tests de préférences alimentaires des chenilles en vue d'élargir la gamme de substrats favorables à leur développement

La connaissance de l'écologie des chenilles est primordiale car leur développement dépend de la disponibilité de leurs hôtes. Cependant, les espèces intéressantes ciblées pour la production massive sont, pour la plupart, très polyphages. C'est le cas, extrême par exemple, de *B. alcinoe* où une de 14 arbres hôtes potentiels appartenant à 9 familles et 7 ordres a été établie. Dans ce contexte, nous suggérons des expériences de tests de préférences alimentaires afin de cibler des espèces d'hôtes les plus appropriées pour les chenilles, induisant une production massive. Pour une approche réaliste, nous préconisons des tests naturalistes sur des plantes entières sur le terrain (Bernays et Weiss, 1996).

7.2.5. Poursuite des analyses notamment les acides aminés, la recherche de facteurs antinutritionnels, microbiologie et allergénicité

Entreprendre des recherches pour déterminer préalablement le profil en AAI des espèces, spécifiquement les plus communes et celles dont les protéines totales ont des teneurs élevées. Une attention particulière doit être portée sur *I. ertli* dont la teneur protéique en MS a été la plus élevée de toute mais qui est moins productive. La détermination des coefficients iléaux des chenilles permettra d'évaluer leur qualité protéique par le SAAID et se fixer sur les espèces à semi-domestiquer. Des analyses en acides gras sur diverses espèces consommées dans la région apporteront plus d'informations pour une bonne gestion.

De surcroit, une exploration approfondie de l'aspect physiologique de la consommation des chenilles de *P. discrepans* pourrait apporter plus de compréhension. Des recherches appropriées qui déterminent les teneurs en fibres alimentaires totales pourront aider à spécifier les teneurs en glucides digestibles et

apprécier leur apport journalier. Des recherches nutritionnelles sur base de la matière fraîche, de même que celles sur la biodisponibilité des minéraux permettront de faire des recommandations adaptées dans le contexte de malnutrition de la région. Pour des raisons de santé et de plus de sécurité alimentaire, il est recommandé d'effectuer des recherches sur les facteurs anti-nutritionnels, microbiologique et les réactions allergiques, mais aussi des analyses sur les métaux lourds. Nous suggérons des analyses prioritaires sur les espèces considérées les plus intéressantes.

7.3. Conclusions générales

L'objectif global de cette thèse était de contribuer à la pérennisation des chenilles comestibles à travers leur étude afin d'améliorer la sécurité alimentaire des populations. Dans ce cadre, un certain nombre de questions ont été posées, notamment en relation avec la diversité des chenilles et de leurs hôtes, leur composition nutritionnelle et la disponibilité et la pérennisation des chenilles comestibles face à leur rareté accentuée de manière notable. Les résultats obtenus ont permis de répondre à ces questions et d'atteindre les objectifs fixés. Ils montrent l'importance de la campéophagie dans la région, en particulier au travers de leur biodiversité entomologique alimentaire, exceptionnelle et unique en RDC.

Des données nouvelles ont été apportées quant à la présence de l'espèce *I. ertli* dans la région. Elles mettent en exergue les espèces les plus connues, les plus consommées et préférées par la population de la région d'étude. Les identifications moléculaires des chenilles pour la constitution d'une base de données fiable et pertinente. La thèse a rapporté une diversité botanique importante pour la croissance des chenilles. Cependant, certaines espèces comme *E. africanum*, *P. macrocarpus* et *R. heudelotii* subissent une forte pression, mettant en danger les chenilles les plus consommées et les plus économiques comme *C. forda*. Le reboisement des espaces avec ces espèces végétales et la semi-domestication des chenilles potentielles est une nécessité. Les résultats révèlent également le potentiel nutritionnel intéressant contenu dans les chenilles analysées, capables de résoudre le problème de l'indisponibilité de viande dans la zone de recherche. Les espèces à fort potentiel nutritionnel doivent faire l'objet des études nutritionnelles ultérieures et de la semi-domestication en vue d'une production massive.

Les études sur la qualité protéique de toutes les chenilles sont vivement recommandées pour documenter leur contribution effective. Des informations sur les cycles biologiques des espèces potentielles, *B. alcinoe*, *C. forda*, *G. petiveri*, *I. epimethea*, *I. ertli* et *I. truncata* et sur leur comportement alimentaire ont été fournies. Nous proposons ainsi la poursuite des études biologiques sur toutes ces espèces pour une semi-domestication réussie et une production massive des chenilles les plus consommées.

Références

- Abd Karim, H.A., Ismail, N.H., Osman, C.P., 2022. Steroidal alkaloids from the Apocynaceae family: Their isolation and biological Activity. *Natural Product Communications* 17(11): 1-14. <https://doi.org/10.1177/1934578X221141265>
- Abboud, R., 2018. Interaction des triterpènes avec les membranes synthétiques et l'albumine humaine : application aux progestatifs et corticostéroïdes et à deux structures pentacycliques. *Biochimie, Biologie Moléculaire*. Université de Lyon, 2016. Français. <https://theses.hal.science/tel-01806331v1> 155 pp.
- Achu Mercy, B., Loh, K.B., Yisa Njowe and Kana Sop, M.M., 2017. Preliminary proximate composition and mineral contents of five edible insects from Cameroon. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 6(3): 1984-1995 <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.603.226>
- ACF (Action Contre la Faim), 2007. Rapport d'évaluation en sécurité alimentaire. Territoires de Bulungu, Masi-Manimba et Gungu, Province de Bandundu. République Démocratique du Congo, 45pp.
- Adepoju, O.T., Daboh, O.O., 2013. Nutrient composition of *Cirina forda* (Westwood)-enriched complementary foods. *Annals Nutrition Metabolism* 63(1-2):139-44. <https://doi.org/10.1159/000353885>
- Administration du territoire, 2020. Rapport annuel du territoire de Masi-Manimba. Kwilu, RDC
- Administration du territoire, 2021. Rapport annuel du territoire d'Idiofa. Kwilu, RDC
- Adriaens, E.L., 1951. Recherches sur l'alimentation des populations du Kwango. *Bulletin Agricole du Congo Belge* 42(2) : 227-270.
- Adriaens, E.L., 1953. Note sur la composition chimique de quelques aliments mineurs indigènes du Kwango. *Annales de la Société Belge de Médecine Tropicale* 33(6) :531-544.
- Agoramorthy, G., Chandrasekaran, M., Venkatesalu, V., Hsu, M.J., 2007. Antibacterial and antifungal activities of fatty acid methyl esters of the blind-your-eye mangrove from India. *Brazilian Journal of Microbiology*. 38(4):739-742 <https://doi.org/10.1590/S1517-83822007000400028>
- Aguilera, J.M., 2021. Le concept d'alimentation et la recherche transdisciplinaire. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 101(5) : 1727-1731 <https://doi.org/10.1002/jsfa.10823>

- Ahmed, 2019. Etude écologique des rhopalocères dans la région de M'sila (Algerie). Thèse de doctorat Université Ibn Khaldoun -Tiaret- (Algérie). <https://dspace.univ-tiaret.dz:8080/jspui/handle/123456789/603>
- Akanbi, M.O., 1973. Comparing two saturniid defoliators of *Holarrhena floribunda* and *Ekebergia sengalensis*, respectively, with notes on their natural enemies. *Journal of Natural History*, 7(3): 307-318. <https://doi.org/10.1080/00222937300770241>
- Akpovo, A.H. et Fandohan, A.B., 2021. Usages, distribution des connaissances traditionnelles et valeur économique de *Ricinodendron heudelotii* au Bénin. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* 9(2) :274-285. www.agrimaroc.org.
- Aligwekwe A. U. and Idaguko C. A., 2021. Phytochemical evaluation and anti-diabetic effects of ethanolic leaf extract of *Petersianthus macrocarpus* on Streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Advances in Medicine and Medical Research*. 33(3): 39-47. <https://doi.org/10.9734/JAMMR/2021/v33i330819>
- Alison, J., Alexander, J.M., Diaz Zeugin, N., Dupont, Y.L., Iseli, E., Mann, H.M.R., Høye, T.T., 2022. Moths complement bumblebee pollination of red clover: a case for day-and-night insect surveillance. *Biology Letters* 18: 20220187 <https://doi.org/10.1098/rsbl.2022.0187>
- Alphandéry, M., Picard, D., et Laboulais, F., 2020. Agriculture et alimentation durables - Agir contre la précarité alimentaire en favorisant l'accès de toutes à une alimentation de qualité. LeLabo de l'Economie Sociale et Solidaire (ESS). 76 pp. <https://www.lelabo-ess.org/agir-contre-la-precarite-alimentaire-enfavorisant-l-acces-de-toutes-a-une-alimentation-de-qualite>.
- Alves, A.V., Freitas de Lima, F., Granzotti da Silva, T., Soares de Oliveira, V., Kassuya, C.A.L., Sanjinez -Argandoña, E.J., 2019. Safety evaluation of the oils extracted from edible insects (*Tenebrio molitor* and *Pachymerus nucleorum*) as novel food for humans. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 102: 90-94 <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2019.01.013>
- Amiet, J.L. et Achoundong, G., 1996. Un exemple de spécialisation trophique chez les Lépidoptères : les *Cymothoe* camerounaises inféodées aux *Rinorea* (Violacées) (Lepidoptera, Nymphalidae). *Bulletin de la Société entomologique de France* 101 (5) : 449-466 <https://doi.org/10.3406/bsef.1996.17277>
- Amos-Tautua, B., Ajileye, O., Ndoni, S., Bamidele, F. and Onigbinde, A., 2017. Evaluation of phenolic contents, free radical scavenging activity and functional

group analysis of the leaf extract of a medicinal plant in Niger Delta Region. *Chemistry International* 3(3) 250-257

Association Nature Alsace Bossue (ANAB), 2018. La pollinisation des plantes par les insectes : chapitre 4, les papillons épisode 4 <https://naturealsacebossue.over-blog.com/2018/02/la-pollinisation-des-plantes-par-les-insectes-4/les-papillons.html>

Ande, A.T. and Fasoranti, J.O., 1998. Some aspects of the biology, foraging and defensive behaviour of the emperor moth caterpillar *Cirina forda* (Westwood). *International Journal of Tropical Insect Science* 18 (3): 177-181. <https://doi.org/10.1017/S1742758400023377>

Anonyme, 2005. Monographie de la province du Bandundu. Ministère de Plan. Gombe. Kinshasa, République Démocratique du Congo, 144 pp.

Anonymous, 2019. Journées de réflexion sur la réduction des importations alimentaires en RDC. Agence congolaise de presse (ACP) : <https://acpcongo.com/index.php/2019/09/17/experiencing-the-new-oculus-rift-vr-headset/> (Consulté le 26/11/2021)

Arbonnier, M., 2009. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. 3^e édition. Editions Quae, Paris, Muséum national d'histoire naturelle (MNHN), Versailles, France, 576 p.

Aremu, M.O., Ibrahim, H., Gwadabe, A-Q.S., Audu, S.S., Mohammed, M.A., Omosebi, M.O. and Arem, E.D., 2021. Nutritional Evaluation of *Clarias gariepinus* and *Tilapia quineesis* Fishes from River Doma in Nasarawa State, Nigeria. *European Journal of Nutrition & Food Safety* 13(11):33-42 <http://dx.doi.org/10.9734/EJNFS/2021/v13i1130464>

Ashton, M.S. and Hall, J.S., 2011. The ecology, silviculture and use of tropical wet forests with special emphasis on timber rich types. In: Gunter, S., Weber, M., Stimm, B., and Mosandl, R. (eds.). *Silviculture in the Tropics*. Springer Verlag, New York. pp.145-192. https://doi.org/10.1007/978-3-642-19986-8_12

Asseng, A.Z., 2008. Gestion durable des Produits Forestiers Non Ligneux dans la Concession Forestière de Palisco. FAO, Rome, Italy. Available at: fao.org/3/k3611f/k3611f00.htm

Atowa, C.O., Okoro, B.C., Umego, E.C., Atowa, A.O., Okezie, E., Ude, V.C., Ugbogu, A., 2021. Nutritional values of *Zonocerus variegatus*, *Macrotermes bellicosus* and *Cirina forda* insects: Mineral composition, fatty acids and amino acid profiles. *Scientific African* 12: e00798 <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00798>

- Azenge, C. et Meniko, J.P.P., 2020. Espèces et usages d'arbres hors forêt sur les terres agricoles dans la région de Kisangani en République Démocratique du Congo. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* 8(2) : 163-169
- Babarinde, S.A., Olaniran, O.A., Ottun, A.T., Oderinde, A.E., Adeleye, A.D., Ajiboye, O., Dawodu, E.O., 2021. Chemical composition and repellent potentials of two essential oils against larger grain borer, *Prostephanus truncatus* (Horn.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 32: 101937 <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.101937>
- Badmus, J.A., Odunola, O.A., Yekeen, T.A., Gbadegesin, A.M., Fatoki, J.O., Godo, M.O., Oyebanjo, K.S., Hiss, D.C., 2013. Evaluation of antioxidant, antimutagenic, and lipid peroxidation inhibitory activities of selected fractions of *Holarrhena floribunda* (G. Don) leaves. *Acta Biochimica Polonica* 60(3): 435-442 <https://doi.org/10.18388/abp.2013>
- Bahuchet, S. and Betsch, J.M., 2012. L'agriculture itinérante sur brûlis, une menace sur la forêt tropicale humide ? Savoirs et savoir-faire des Amérindiens en Guyanne française. *Revue d'ethnoécologie* [En ligne] 1 | 2012, mis en ligne le 30 novembre 2012, consulté le 10 décembre 2021. URL: <http://journals.openedition.org/ethnoecologie/768>; <https://doi.org/10.4000/ethnoecologie.768>
- Bakondongama, B. J., Danakibo, W.M., Juakaly, M.J.L., et Malaisse, F., 2016. Biodiversité et abondance des termites dans la réserve forestière de Yoko (Kisangani, République Démocratique du Congo). *Revue Internationale de Géologie, de Géographie et d'Écologie Tropicales*, 40(2) : 133-144.
- Balinga, M.P., Mapunzu, P.M., Moussa, J.B. and Ngasse, G., 2004. Contribution des insectes de la forêt à la sécurité alimentaire : l'exemple des chenilles d'Afrique centrale. *Produits forestiers non ligneux*, Document de travail N°1. FAO, Rome, Italy, 108pp. Available at : <http://www.fao.org/forestry/site/6367/en>.
- Bama, H.B., Dabire, R.A., Ouattara D., Niassy, S., Ba, M.N., Dakouo, D., 2018. Diapause disruption in *Cirina butyrospermi* Vuillet (Lepidoptera, Attacidae), the shea caterpillar in Burkina Faso. *J Insects Food Feed.* 4(4):239–45.
- Bandundu, 2006. Document de stratégie de la croissance et de la réduction de la pauvreté. Province du Bandundu. République Démocratique du Congo. 44pp.
- Banque mondiale, 2016. République démocratique du Congo RDC – Évaluation de la pauvreté. Rapport n° : ACS19045. GPV01 Afrique 160 pp.
- Banque mondiale (ou Groupe de la Banque mondiale ?), 2024. Banque mondiale en République Démocratique du Congo. Vue d'ensemble.

- <https://www.banquemondiale.org/fr/country/drc/overview> Consulté le 30 août 2024
- Bascoulerges, P. and Bergot, J., 1959. L'alimentation rurale au Moyen - Congo. Service commun de lutte contre les grandes endémies. Section Nutrition. Afrique Equatoriale française. Mâcon (France), Imprimerie Protat Frères.
- Bashige-Chiribagula, V., Bakari-Amuri, S., Mbuyi-Kalonji, S., Kahumba-Byanga, J., Duez, P., Lumbu-Simbi, J.B., 2017. Étude ethnobotanique, phytochimique et évaluation de l'activité antiplasmodiale de 13 plantes réputées antipaludéennes dans la commune du Kenya (Lubumbashi, RDC). *Phytothérapie* 1-10 <https://doi.org/10.1007/s10298-017-1152-x>
- Baudin, B., 2014. Malnutrition et sous-alimentation. *Revue Francophone des Laboratoires* 2014(466) :25-37 [https://doi.org/10.1016/S1773-035X\(14\)72709-1](https://doi.org/10.1016/S1773-035X(14)72709-1)
- Bbosa, T., Tamale Ndagire, C., Muzira Mukisa, I., Fiaboe, K.K.M., Nakimbugwe, D., 2019. Nutritional characteristics of selected insects in Uganda for use as alternative protein sources in food and feed. *Journal of Insect Science* 19(6): 23; 1-8 <https://doi.org/10.1093/jisesa/iez124>
- Behmer, S.T., 2009. Insect herbivore nutrient regulation. *Annual Review of Entomology* 54: 165–187 <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.54.110807.090537>
- Bengwela, M.T., 2019. Essences forestières utilisées dans la fabrication des œuvres d'art dans la ville de Kisangani, RDCongo. *Journal of Agriculture and Research* 5(7): 1-17 <https://doi.org/10.53555/ar.v5i7.3044>
- Bernays, E.A., 1986. Diet-induced allometry among foliage-chewing insects and its importance for graminivores. *Science (Wash., D.C.)* 4737:495-497.
- Bernays, E. and Graham, M., 1988 On the evolution of host specificity in phytophagous arthropods. *Ecology* 69(4), 886–892 <https://doi.org/10.2307/1941237>
- Bernays, E.A., and Chapman, R.F., 1994. Host-plant selection by phytophagous insects. *Contemporary Topics in Entomology* 2 Chapman and Hall, New York 326 pp.
- Bernays, E.A., and Weiss, M.R., 1996. Induced food preferences in caterpillars: the need to identify mechanisms *Entomologia Experimentalis et Applicata* 78: 1-8
- Bernays, E.A. and Minkenbergh, O.P.J.M., 1997. Insect Herbivores: Different Reasons for Being a Generalist. *Ecology* 78(4):1157-1169. Available at: <https://www.jstor.org/stable/2265866>

- Bio-enligne.com, 2018. Lépidoptères : Morphologie de l'adulte, de la chenille et la nymphe <https://www.bio-enligne.com/lepidopteres/249-morphologie.html>
- Blondeau, N. et Schneider, S.M., 2006. Les acides gras essentiels de la famille des oméga-3 et la santé de la mère et de l'enfant. Nutrition clinique et métabolisme 20(2) : 68–72 <https://doi.org/10.1016/j.nupar.2006.04.008>
- Bocquet, E., Maniacky J., Vermeulen C. and Malaisse F., 2020. A propos de quelques chenilles consommées par les Mongo en Province de l'Equateur (République Démocratique du Congo). Revue internationale de géologie, de géographie et d'écologie tropicales 44 (1) : 109-130 Available at : <http://hdl.handle.net/2268/244939>
- Bognounou, F., Thiombiano, P., Boussim, J.I., Odén, P.C., Guinko, S., 2009. Woody vegetation structure and composition at four sites along a latitudinal gradient in Western Burkina Faso. Bois et Forêts des Tropiques N° 300(2)
- Bomolo, O., Niassy, S., Chocha, A., Longanza, B., Bugeme, D.M., Ekesi, S. and Tanga, C.M., 2017. Ecological diversity of edible insects and their potential contribution to household food security in Haut-Katanga Province, Democratic Republic of Congo. African Journal of Ecology 55 (4): 640-653
- Bomolo, O., Niassy, S., Tanga, M.C., Chocha, A., Tartibu, L., Shutcha, M.N., Longanza, B., Ekesi, S. and Bugeme, M.D., 2019. The value chain of the edible caterpillar *Elaphrodes lactea* Gaede (Lepidoptera: Notodontidae) in the Miombo forest of the Democratic Republic of the Congo. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 15(39): 1-11. <https://doi.org/10.1186/s13002-019-0319-y>
- Bonkena, P.B., Poncelet, M., Michel, B., et Kinkela, C.S., 2018. La consommation alimentaire et son évolution à Kinshasa, République Démocratique du Congo, Tropicultura 36(3) : 506-519
- Bonneau, S., 2020. Nourrir le monde de demain : avantages et risques de l'entomophagie. Sciences du Vivant [q-bio]. Dumas-03125122f 147 pp.
- Bonneil, P., 2005. Diversité et structure des communautés de Lépidoptères nocturnes en chênaie de plaine dans un contexte de conversion vers la futaie régulière. Ecologie, Environnement. Museum national d'histoire naturelle - MNHN PARIS. 257 p.
- Borges, A., 2022. Inventaires des lépidoptères (diurnes et nocturnes) sur le site Natura 2000 des buttes gréseuses de l'Essonne - FR1100806 - (Moigny sur Ecole, Champcueil – Essonne). Office pour les insectes et leur environnement pour la DRIEAT. Rapport d'étude - Opie. 99 p

- Botella, C., 2021. Les protéines végétales : intérêts et limites. Sciences pharmaceutiques. Dumas-03210847
- Boudon-Millot, V., 2016. “Que ton alimentation soit ta meilleure médecine !” ou la fortune exceptionnelle d’un adage pseudo-hippocratique (De alimento 19). In: Revue des Études Grecques, tome 129, fascicule 2, Juillet-décembre 2016. pp. 329-348 <https://doi.org/10.3406/reg.2016.8419>
- Bourdrez, V. et Chriki, S., 2022. Qualités nutritionnelle, organoleptique et disposition à payer pour les alternatives à la viande : cas des analogues végétaux, de la « viande *in vitro* » et des insectes. INRAE Productions Animales 35(3) : 217-236 <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2022.35.3.7265>
- Bousquet, A., Chabot, L., Ganahoa, V., 2018. Les habitudes alimentaires et les applications. Les Mondes Numériques. Blog des Masters en Sciences Sociales de l'Université Gustave Eiffel <https://www.lesmondesnumeriques.net/2018/02/04/qui-regarde-la-tele-realite/> Consulté le 20 juillet 2024
- Brasseur, D., Delzenne, N., Henderickx, H., Huyghebaert, A., Kornitzer, M., 2004. Allégations concernant les acides gras omega-3. Version 2004. Conseil Supérieur d’Hygiène : Bruxelles 108 pp.
- Bricas, N., Conaré, D., Walser, M. (dir), 2021. Une écologie de l’alimentation. Versailles, éditions Quæ, 312 p. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3353-3>
- Brouwer, M., 2017, Les forêts d’Afrique centrale pour toujours, Meindert Brouwer Partner, Pays-Bas.
- Bruneau, J-C., 2009. Les nouvelles provinces de la République Démocratique du Congo : construction territoriale et ethnicités. L'Espace Politique [En ligne], 7 | 2009-1, mis en ligne le 30 juin 2009, consulté le 01 mars 2023. : <https://doi.org/10.4000/espacepolitique.1296>
- Büchi, L. and Vuilleumier, S., 2014. Coexistence of specialist and generalist species is shaped by dispersal and environmental factors. The American Naturalist 183(5): 612-624 <https://doi.org/10.1086/675756>
- Bukamba Tshanga, C., P. Malumba, P., Kambashi Mutiaka, B., Bindelle, J. et Debaste, F., 2023. Dynamic vapour sorption isotherms and isosteric heats of sorption of two edibles insects (*Cirina forda* and *Rhyncophorus phoenicis*). Journal of Insects as Food and Feed 9(8): 1017-1026
- Bukkens, S.G.F., 1997. The nutritional value of edible insects. Ecology of Food and Nutrition. 36, 287–319.

- Bukkens S.G.F., 2005. Insects in the human diet: nutritional aspects. In: Paoletti M.G. (Eitor) Ecological Implications of minilivestock; role of rodents, frogs, snails, and insects for sustainable development, Science Publishers, New Hampshire, p. 545-577.
- Byk, C., 2019. La relation de l'homme à son alimentation. Droit, Santé et Société 3(3) : 65-66 <https://doi.org/10.3917/dsso.064.0065>
- CAID (Cellule d'Analyses des Indicateurs de Développement), 2016. Fiche du territoire de Masi-Manimba. Mise à jour le 31 mars 2021. CAID, Kinshasa, RD Congo
- CAID, 2021. Données par territoire, province du Kwilu. <https://www.caid.cd/index.php/donnees-par-province-administrative/#kstn> Mise à jour le 31 mars 2021 (consulté le 02 août 2021)
- Chipanda, B. and Yeboua, K., 2024. RD Congo : Introduction et contexte historique. Special report. African Futures and Innovation Programme 7 pp. Published online at futures.issafrica.org. Retrieved from <https://futures.issafrica.org/special-reports/country/drc-french/> [Online Resource] Updated 16 May 2024
- Chriki S., Ellies-Oury, M.P., Ghimi, S., 2023. Les insectes dans l'alimentation animale. Une voie prometteuse pour un élevage plus durable. Techniques de l'Ingénieur Agroalimentaire, Filière de production : produits d'origine animale 1-14 <https://doi.org/10.51257/a-v1-f9500>
- Churchward-Venne, T.A., Pinckaers, P.J.M., van Loon, J.J.A., van Loon, L.J.C., 2017. Consideration of insects as a source of dietary protein for human consumption. Nutrition Reviews 75(12):1035-1045 <https://doi.org/10.1093/nutrit/nux057>
- Codjia, S., Aoudji, A., Koura, K., Ganglo, J.C., 2018. Systèmes agroforestiers à *Garcinia kola* Heckel au su-est du Bénin : distribution géographique, connaissances endogènes et retombées financières. European Scientific Journal 14(12) : 1-21 <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n12p188>
- Coppens, B., 2019; Written by Bart Coppens; based on a real-life breeding experience [for citations in literature and publications] <https://breedingbutterflies.com/species-list-full/>
- Cornillon, A., 2024. La pyramide de Maslow : Le guide ultime de cette théorie en 2024 ? Ressources Humaines. Dernière date de mise à jour le : 22 février 2024 (Source: <https://www.sortlist.be/fr/blog/pyramide-de-maslow/>) Consulté le 30 juin 2024

- Courtney, S.P. and Duggan, A.E.D., 1983. The population biology of the Orange Tip butterfly *Anthocharis cardamines* in Britain. *Ecological Entomology* 8:271-281
- Crosbie, M., Zhu C., Shoveller A.K., and Huber, L.A., 2020. Standardized ileal digestible amino acids and net energy contents in full fat and defatted black soldier fly larvae meals (*Hermetia illucens*) fed to growing pigs. *Translational Animal Science* 4 :104–114. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa104>
- CSB-CEBioS (Centre de Surveillance de la Biodiversité – Capacities for Biodiversity and Sustainable Development), 2023. Rapport de la 2e conférence internationale sur la biodiversité dans le bassin du Congo. 68 pp. https://congobiodiv23.naturalsciences.be/wp-content/uploads/2023/09/FR_Rapport_Kisangani_Biodiv2023.pdf
- Daboh, O.O., 2021. Chemical composition, nutrient bioavailability and consumer acceptability of *Cirina forda* (Westwood) larva-enriched vegetable soups. Thèse 221 pp.
- Dar, A.A. and Jamal, K., 2021. Moths as ecological indicators: A review. *Munis Entomology and Zoology*, 16 (2): 833-839
- Debroux, L., T. Hart, D., Kaimowitz, A. Karsenty, G. Topa (eds), 2007. La forêt en RDC post-conflit : analyse d'un agenda prioritaire. CIFOR-Banque Mondiale-CIRAD, Bogor. 107 p.
- De Castro, R.J.S., Ohara, A., dos Santos Aguilar, J.G., Domingues, M.A.F., 2018. Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. *Trends in Food Science & Technology* 76, 82-89. <https://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.006>
- De Jongh, R., 2022. *Leptine, tout savoir sur l'hormone de la satiété*. <https://www.la-vie-naturelle.com/blog/post/leptine consulté le 13/10/2024>
- Demaze, M.T. and Manusset, S., 2008. L'agriculture itinérante en Guyane française : la fin des durabilités écologique et socio-culturelle ? Les cahiers d'Outre-Mer. *Revue de géographie de Bordeaux*, Presses universitaires de Bordeaux 61 (241-242) : pp.31-48. Halshs-00308964
- De Prins, J. and De Prins, W., 2011-2021. Afromoths, online database of Afrotropical moth species (Lepidoptera). Word Wide Web electronic publication. Accessible from: <http://www.afromoths.net> (accession 10 july 2021)
- De Prins, J., De Prins, W. and Heughebaert, A., 2022. Afromoths, online database of Afrotropical moth species (Lepidoptera). Version 1.15. Belgian Biodiversity Platform. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/s1kwuw> accessed via GBIF.org on 2023-03-06.

- Devi, S., Varkey, A., Sheshshayee, M.S., Preston, T., Kurpad, A.V., 2018. Measurement of protein digestibility in humans by a dual-tracer method. *American Journal of Clinical Nutrition* 107(6): 984-991
- Dhoquois, A., 2018. S'attaquer à la précarité alimentaire. *Alternatives Economiques*. Consulté le 30 juin 2024. <https://www.alternatives-economiques.fr/sattaquer-a-precarite-alimentaire/00086028>
- Diouf, S., Folquet, M., Mbofung, K., Ndiaye, O., Brou, K., Dupont, C., N'dri, D., Vuillerod, M., Azaïs-Braesco, V., Tetanye, E., 2015. Prévalence et déterminants de l'anémie chez le jeune enfant en Afrique francophone – Implication de la carence en fer, *Archives de Pédiatrie* 22(11): 1188-1197 <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2015.08.015>
- Dube, S., Dlamini, N.R., Mafunga, A., Mukai, M. and Dhlamini, Z., 2013. A survey on entomophagy prevalence in Zimbabwe. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* 13: 7242-7253. <https://doi.org/10.18697/ajfand.56.10435>
- Dyer, L.A., Singer, M.S., Lill, J.T., Stireman, J.O., Gentry, G.L., Marquis, R.J., Ricklefs, R.E., Greeney, H.F., Wagner, D.L., Morais, H.C., Diniz, I.R., Kursar, T.A., Coley, P.D., 2007. Host specificity of Lepidoptera in tropical and temperate forests. *Nature* 448(7154): 696–700 <http://dx.doi.org/10.1038/nature05884>
- EFSA (European Food Safety Authority), 2017. Dietary reference values for nutrients. Summary Report. EFSA Supporting Publication: e15121. 98 pp. <https://dx.doi.org/10.2903/sp.efsa.2017.e15121>
- Elenga, M., Assoba, C.I.O., Mabossy-Mobouna, G., Taty, M.P.E. and Mananga, V., 2024. Fatty acid profile of *Haplozana nigrolineata*, *Acanthacris ruficornis* and *Protomacronema* spp., three edible arthropods in Republic of Congo. *African Journal of Food Science* 18(1): 11-18 <https://dx.doi.org/10.5897/AJFS2023-2282>
- Emberger, C., Larrieu, L. and Gonin, P., 2013. Dix facteurs clés pour la diversité des espèces en forêt. Comprendre l'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP). Document technique. Institut pour le développement forestier (IDF), Paris, 56 pp.
- Enkhtur, K., Pfeiffer, M., Lkhagva, A., Boldgiv, B., 2017. Response of moths (Lepidoptera: Heterocera) to livestock grazing in Mongolian rangelands. *Ecological Indicators* 72 : 667-674 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.08.053>
- Essolomwa, L., 2017. Importations alimentaires : l'Afrique atteindra 110 milliards \$ d'ici à 2030 sans une alternative crédible. Agence d'Information d'Afrique Centrale (ADIAC) : <https://www.adiac-congo.com/content/importations-alimentaires-lafrique-atteindra-110-milliards-dici-2030-sans-une-alternative>

- Ewald, N., Vidakovic, A., Langeland, M., Kiessling, A., Sampels, S., Lalander, C., 2020. Fatty acid composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) - Possibilities and limitations for modification through diet. *Waste Management* 1(102):40-47 <https://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.014>
- Fageyimbo, M.S., Oduniyi, O., Nwatu, C.J., Rotimi, K., 2017. Anti-inflammatory effect of hydroethanol leaf extract of *Mitragyna stipulosa*. *University of Lagos Journal of Basic Medical Sciences* 5(9): 6-12
- FAO/WHO, 2001. Human vitamin and mineral requirements. Food and Nutrition Division, Rome, p. 195-215
- FAO, 2010. Guide pour légiférer sur le droit à l'alimentation. Livre 1. Rome, FAO. 360 pp. <https://www.fao.org/4/i0815f/i0815f.pdf>
- FAO-HCDH (Haut-Commissariat des Nations Unies aux droits de l'homme), 2010. Le droit à une alimentation suffisante. Fiche d'information n° 34. HCDH ONU Genève (Suisse). 65 pp. <https://www.ohchr.org/sites/default/files/FactSheet34fr.pdf>
- FAO, 2013a. Edible insects: prospects for food and feed security food and agriculture organization of the United Nations. Rome. Pp. 161-370.
- FAO, 2013b. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO expert group. FAO food and nutrition paper 92. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations
- FAO, 2016. La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture. Changement climatique, agriculture et sécurité alimentaire. FAO, Rome 234 pp. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6ecc4fb3-c5e2-4230-9483-44277ab081ab/content>
- FAO, 2021. Programme de finalisation et de mise en œuvre du système national de surveillance des forêts de la RDC. Rapport final janvier 2017-juin 2021
- FAO, FIDA, OMS, PAM et UNICEF, 2024. Résumé de l'Etat de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2024. Des financements pour éliminer la faim, l'insécurité alimentaire et toutes formes de malnutrition Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cd1276fr>
- Feeny, P.P., Blau, W.S. and Kareiva, P.M., 1985. Larval growth and survivorship of the black swallowtail butterfly in central New York. *Ecological Monographs* 55:167-187
- Fehr, S., 1990. Climatologie de Kikwit, une ville de la région de Bandundu Central au Zaïre, 68 pp.
- Fehr, S., 1990. Climatologie de Kikwit, une ville de la région de Bandundu Central au Zaïre, 68 pp.

- Ferreira, A.V., 2004. Essential amino acid requirements of meat and milk goats. South African Journal of Animal Science 2004, 34 (Supplement 1) : 46-48
- FIAN Belgique, 2012, Se nourrir est un droit ! Manuel pédagogique. Bruxelles p. 34
- FIDA (Fonds international pour le développement agricole), 2022. République démocratique du Congo. Empowerment through Nutrition-sensitive, Inclusive and Resilient Agricultural and Rural Entrepreneurship. Rapport de conception. 1576 pp.
- Finke, M.D. and Oonincx, D.G.A.B., 2014. Insects as food for insectivores. In Shapiro-Ilan Morales-Ramos, G. Rojas, & D.I. Shapiro-Ilan (Eds.), Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens (pp. 583-616). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391453-8.00017-0>
- Fleurence, J., Morançais, M., Dumay, J., 2018. Seaweed proteins. Proteins in Food Processing. Second Ed. 10: 245–262 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00010-3>
- Fogang Mba, A.R., Kansci, G., Viau, M., Rougerie, R. and Genot, C., 2019. Edible caterpillars of *Imbrasia truncate* and *Imbrasia epimethea* contain lipids and proteins of high potential for nutrition. Journal of Food Composition and Analysis 79: 70-79. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.03.002>
- Folch, J., Lees, M., Sloane Stanley, G.H., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. Journal of Biological Chemistry 226(1):497-509
- Forister, M.L., Novotny, V., Panorska, A.K., Baje, L., Basset, Y., Butterill, P.T., Cizek, L., Coley, P.D., Dem, F., Diniz, I.R., Drozd, P., Fox, M., Glassmire, A.E., Hazen, R., Hreck, J., Jahner, J.P., Kaman, O., Kozubowski, T.J., Kursar, T.A., Lewis, O.T., Lill, J., Marquis, R.J., Miller, S.E., Morais, H.C., Murakami, M., Nickel, H., Pardikes, N.A., Ricklefs, R.E., Singer, M.S., Smilanich, A.M., Stireman, J.O., Villamarín-Cortez, S., Vodka, S., Volf, M., Wagner, D.L., Walla, T., Weiblen, G.D., Dyer, L., 2015. The global distribution of diet breadth in insect herbivores. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 112 (2): 442-447. <https://doi.org/10.1073/pnas.1423042112>
- Fotie, J., Bohle, D.S., Leimanis, M.L., Georges, E., Rukunga, G., Nkengfack, A.E., 2006. Lupeol long-chain fatty acid esters with antimalarial activity from *Holarrhena floribunda*. Journal of Natural products 69(1):62–67. <https://doi.org/10.1021/np050315y>

- Foua Bi, F. G., Meite A., Dally T., Ouattara H., Kouame K. G. et Kati-Coulibaly, S., 2015. Étude de la qualité biochimique et nutritionnelle de la poudre séchée d'*Imbrasia oyemensis*, chenilles consommées au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 96:9039-9048.
- Garraway, E., Bailey, A.J.A. and Emmel, T.C., 1993. Contribution to the ecology and conservation biology of the endangered *Papilio homerus* (Lepidoptera: Papilionidae). *Tropical Lepidoptera* 4(2): 83-91
- Ghazanfar, M., Malik, F.M., Hussain, M., Iqbal, R., Younas, M., 2016. Butterflies and their contribution in ecosystem: a review. *Journal of Entomology and Zoology studies* 4(2):115-118
- Gentry, G.L. et Dyer, L.A., 2002. On the conditional nature of neotropical caterpillar defenses against their natural enemies. *Ecology* 83(11) : 3108-3119 [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[3108:OTCNON\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[3108:OTCNON]2.0.CO;2)
- Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J.M., Machì, M., Cianciosi, D., Navarro-Hortal, M.D., and Battino, M., 2022. Edible insects: A novel nutritious, functional, and safe food alternative. *Food Frontiers* 3(3) : 358–365 <https://doi.org/10.1002/fft2.167>
- Gidenne T., Lebas F., Savietto D., Dorchie P., Duperray J., Davoust C, Lamothe L., 2015. Chapitre 5 : Nutrition et alimentation. in Gidenne, T., *Le Lapin : de la biologie à l'élevage*, Editions Quae Versailles, France 139-184
- Ghosh, S., Jung, C., Meyer-Rochow, V.B., 2016. Nutritional value and chemical composition of larvae, pupae, and adults of worker honey bee, *Apis mellifera ligustica* as a sustainable food source. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 19(2): 487-495 <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2016.03.008>
- Ghosh, S., Lee, S.M., Jung, C., Meyer-Rochow, V.B., 2017. Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 20(2) : 686–694 <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.04.003>
- Gontier, E., Gougeon, S., Guillot, X., Thomasset, B., Méjean, L., Tran, T.L.M., Bourgaud, F., 2004. Les plantes, sources d'acides gras essentiels oméga 3. *Oléagineux, Corps gras, Lipides* 11(2) : 106-111 <https://doi.org/10.1051/ocl.2004.0106>
- Gorski, M.T., Roberto, C.A., 2015. Public health policies to encourage healthy eating habits: recent perspectives. *Journal of Healthcare Leadership* 7: 81–90 <https://doi.org/10.2147/JHL.S69188>
- Gouvernorat du Kwilu, 2017. Rapport annuel de la province du Kwilu. République Démocratique du Congo.

- Groupe de Travail Abris (GTA). RDC, 2019. Cultures constructives locales pour des habitats durables et résilients. Fiche de réponse abris détaillée : RDC (sud-est). Première édition. Disponible sur
- Guillouët, M., 2022. Mieux reconnaître les Savoirs Écologiques Traditionnels : Enjeux de définition, de transmission et de protection. Décryptage de la fabrique écologique N° 41 :1-14
- Gullan, P. J. and P. S. Cranston. 2005. The insects: an outline of entomology. 3rd. Ed. Blackwell Science, Oxford, U.K 529 pp.
- Gutierrez, E.S., Sahdia, K., Créte, E., 2019. Fiche de réponse abris détaillée République Démocratique du Congo (Sud-Est) : cultures constructives locales pour des habitats durables et résilients. CRAterre, 60 pp. hal-02888121 Disponible sur https://sheltercluster.s3.eu-central-1.amazonaws.com/public/docs/fiche_reponse_abris_-_rdc_sud-est_-_version_finale_hq_-_2019_01.pdf
- Habel, J.C., Trusch, R., Schmitt, T., Ochse, M., Ulrich, W., 2019. Long-term large-scale decline in relative abundances of butterfly and burnet moth species across South-Western Germany. Scientific Reports 9 :14921. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51424-1>
- Hajek AE, Eilenberg J., 2018. Rendre la lutte biologique sûre. Dans : Ennemis naturels : une introduction à la lutte biologique. Cambridge University Press 2018: 327-358 <https://doi.org/10.1017/9781107280267>
- Halloran, A., Capparos Megido, R., Oloo, J., Weigel, T., Nsevolo, P. and Francis, F., 2018. Comparative aspects of cricket farming in Thailand, Cambodia, Lao People's Democratic Republic, Democratic Republic of the Congo and Kenya. Journal of Insects as Food and Feed 4(2): 101-114. <https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0016>
- Hahn, M., Brühl, C.A., 2016. Les pollinisateurs secrets : un aperçu de la pollinisation par les papillons de nuit en se concentrant sur l'Europe et l'Amérique du Nord. Arthropod-Plant Interactions 10:21–28 <https://doi.org/10.1007/s11829-016-9414-3>
- Harvey, J.A., Hengeveld, E. and Malcicka, M., 2016. The cabbage moth or the sorrel moth (Lepidoptera: Noctuidae)? European Journal of Entomology 113 :320-324. <https://doi.org/10.14411/eje.2016.041>
- Hassan, S.W., Ladan, M.J., Dogondaji, R.A., Umar, R.A., Bilbis, L.S., Hassan, L.G., Ebbo, A.A, Matazu, I.K., 2007. Phytochemical and toxicological studies of aqueous leaves extracts of Erythrophleum africanum. Pakistan Journal Biological Sciences 10(21) : 3815–3821 [10.3923/pjbs.2007.3815.3821](https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.3815.3821)

- Hartley, S. E. and Jones, T. H., 2003. Plant diversity and insect herbivores: effects of environmental change in contrasting model systems. - *Oikos* 101: 6-17
- Hartley, S.E. and Jones, T.H., 2004. Insect herbivores, nutrient cycling and plant productivity. In Weisser, W.W. et Siemann, E. (éd.). *Insects and Ecosystem Function*. Ecological Studies, 173 : 28-52. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74004-9_2
- Herreman, L., Nommensen, P., Pennings, B., Laus, M.C., 2020. Comprehensive overview of the quality of plant- And animal-sourced proteins based on the digestible indispensable amino acid score. *Food Science & Nutrition* 8:5379–5391 <https://doi.org/10.1002/fsn3.1809>
- Hoekou, Y.P., Tchacondo, T., Karou, S.D., Yerbanga, R.S., Achoribo, E., Da, O., Atakpama, W and Batawila, K., 2017. Therapeutic potentials of ethanolic extract of leaves of *Holarrhena floribunda* (G. Don) Dur. And Schinz (Apocynaceae). *African Journal of traditional, Complementary and Alternative Medicines* 14(2): 227-233 <https://doi.org/10.21010/ajtcam.v14i2.24>
- Houéhanou, D., Assogbadjo, A., Chadare, F., Zanvo, S., Sinsin, B., 2016. Approches méthodologiques synthétisées des études d'ethnobotanique quantitative en milieu tropical. *Annales des sciences agronomiques*, 20 : 187-205.
- Hoffman, A., 2006. Alimentation et précarité. Santé conjuguee n° 36 124-125 https://www.maisonmedicale.org/wp-content/uploads/2008/03/SC36c_hoffman_alim.pdf
- Holton, M.K., Lindroth, R.L. and Nordheim, E.V. 2003. Foliar quality influences tree-herbivore-parasitoid interactions: effects of elevated CO₂, O₃, and plant genotype. *Oecologia* 137(2): 233-244 <https://doi.org/10.1007/s00442-003-1351-z>
- Hosseindoust, A., Mun, J., Ha, S.H., Kim, J. 2023. Effects of meal processing of black soldier fly on standardized amino acids digestibility in pigs. *Journal of Animal Science and Technology* 65(5): 1014-1023 <https://doi.org/doi.10.5187/jast.2023.e28>
- Hulstaert, G., 1966. Notes de botanique Mongo. Académie royale des Sciences d'Outre-Mer, Bruxelles. *Sciences Naturelles et Médicales (N.S)* 15(3) : 212 pp.
- Hussain, M., Debnath, B., Qasim, M., Bamisile, B.S., Islam, W., Hameed, M.S., Wang, L., Qiu, D., 2019. Role of Saponins in Plant Defense Against Specialist Herbivores. *Molecules* 24(11):2067 <https://doi.org/10.3390/molecules24112067>
- ICCN (Institut Congolais pour la Conservation de la Nature), 2012. Stratégie nationale de conservation de la biodiversité dans les aires protégées de la République Démocratique du Congo. 32 pp.

- Illa, J. and Yuguero, O., 2022. An analysis of the ethical, economic, and environmental aspects of entomophagy. *Cureus* 14(7): e26863. <https://doi.org/10.7759/cureus.26863>
- INRAE-CIRAD-AFZ Feed tables. Composition and nutritive values of feeds for cattle, sheep, goats, pigs, poultry, rabbits, horses and salmonids <https://feedtables.com/content/table-feed-profile>
- IPC, 2024a. Analyse IPC de la malnutrition aiguë juillet 2023 – juin 2024. RDC. 34 pp. https://www.ipcinfo.org/fileadmin/user_upload/ipcinfo/docs/IPC_DRC_Acute_Malnutrition_Jul2023_Jun2024_Report_French.pdf
- IPC, 2024b (20 ans d'information pour la prise de décisions). Analyse IPC de l'insécurité alimentaire chronique. RDC 120 pp. https://www.ipcinfo.org/fileadmin/user_upload/ipcinfo/docs/IPC_DRC_Chronic_Food_Insecurity_Jul2023_report_french.pdf
- Ishara, J., Ayagirwe, R., Karume, K., Mushagalusa, G.N., Bugeme, D., Niassy, S., Udomkun, P., Kinyuru, J., 2022. Inventory reveals wide biodiversity of edible insects in the Eastern Democratic Republic of Congo. *12(1576): 2-14* <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05607-y>
- Ishara, J., Cokola, M.C., Buzera, A., Mmari, M., Bugeme, D., Niassy, S., Katcho, K. et Kinyuru, J., 2023. Biodiversité des insectes comestibles et pratiques d'anthropo-entomophagie dans les territoires de Kalehe et Idjwi, RD Congo. *Journal d'ethnobiologie et d'ethnomédecine* 19(3): 1-17 <https://doi.org/10.1186/s13002-022-00575-z>
- ISSeP (Institut scientifique de service public), 2014. Compendium Wallon des méthodes d'échantillonnage et d'analyses (CWEA).
- Iwu, I.C., Onu, I.U., Chijioke-Okere, A., Ukaoma, M.A., Azorji, J.N., 2016. GC-MS, Phytochemical and antimicrobial analysis of *Pentaclethra macrophylla* leaf. *The International Journal of Science & Technology* 4(7):151-159
- Jaenike, J., 1990. Host specialization in phytophagous insects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21(1): 243-273. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.21.1.243>
- Janssen, R.H., Vincken, J.P., van den Broek, L.A.M., Fogliano, V., Catriona, M.M., Lakemond, C.M.M., 2017. Nitrogen-to-protein conversion factors for three edible insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 65(11): 2275–2278 <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00471>

- Janz, N. et Nylin, S., 1998. Butterflies and plants: a phylogenetic study. *Evolution* 52(2): 486-502. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1998.tb01648.x>
- Janz, N. and Nylin, S., 2008. The oscillation hypothesis of host-plant range and speciation. Pp. 203–215. *In*: Tilmon, K. J. (ed.): Specialization, speciation, and radiation. The evolutionary biology of herbivorous insects. – University of California Press, Berkeley. <https://doi.org/10.1525/california/9780520251328.003.0015>
- Janzen, D.H., 1981. Patterns of herbivory in a tropical deciduous forest. *Biotropica* 13(4). <https://doi.org/10.2307/2387805>
- Janzen, D. H., 1984. Two ways to be a tropical big moth: Santa Rosa saturniids and sphingids. *Oxford Surveys in Evolutionary Biology* 1:85-140.
- Janzen, D.H., 1985. A host plant is more than its chemistry. *Illinois Naturel History Survey Bulletin* 33 (3): 141-175.
- Jeffrey, A.H., Hengeveld, E. and Malcicka, M., 2016. The cabbage moth or the sorrel moth (Lepidoptera: Noctuidae)? *Europe Journal of Entomology* 113 :320-324 <https://doi.org/10.14411/eje.2016.041>
- JICA (Agence Japonaise de Coopération Internationale), 2018. Programme intégré REDD+ dans la province du Kwilu - la promotion de l'agroforesterie dans les savanes pour la séquestration de carbone, l'atténuation de la déforestation et l'amélioration de la vie de la population locale. Fonds National REDD+ de la RDC. AMI n°15 142 pp.
- Johnson, L.E., 2023. Carence en minéraux et intoxication par les minéraux. *Le Manuel MSD. Connaissance Médicale Mondiale University of Arkansas for Medical Sciences Etats-unis* <https://www.msdmanuals.com/fr/professional/troubles-nutritionnels/carence-en-minéraux-et-intoxication-par-les-minéraux> Consulté le 03 août 2024
- Jongema, Y., 2017. List of edible insects of the world. Wageningen, the Netherlands: Wageningen University and Research, Wageningen, the Netherlands. Available at: <https://tinyurl.com/2p8nj63w>
- Kabena, O.N., Nyakembe, N.E, Amogu, J.J.D., Asambo, L.S., Lengbiye, E.M., Mboloko, J.E., Mpiana, P.T. et Lukoki, F.L., 2020. Spermicidal and Antibacterial Effects of *Oncoba welwitschii* Oliv. (Salicaceae). *European Journal of Medicinal Plants* 21(17) :59-67 <https://doi.org/10.9734/ejmp/2020/v31i1730336>
- Kamou, K.R., Nanga, Y.Z., Ouattara, A., Kambou, S.P., Gnahoue, G., Bahi, C., Coulibaly, A., 2017. Superficial anticandidosic activity of leaves of *Combretum*

- racemosum* P. Beauv. (Combretaceae) extracts. Journal of Drug Delivery and Therapeutics 7(5): 53-60 <https://doi.org/10.22270/jddt.v7i5.1484>
- Kanga-Kanga, M.R., Mulungu-Lungu, N.D., Nsenga Mpanda, G., Malonga L'kisaten, H., Musala Kiyula, F., Kalaka Mayur, C., Badibanga Kasumpa, D., Ntumba Tshovu, D., Kahazi Sumba, J. and Khang Mate Mpie, N., 2018. Valeur nutritionnelle des chenilles de la ville de Lubumbashi (Province du Haut-Katanga R.D.C.). International Journal of Innovation and Applied Studies 24(4): 1886-1891
- Kapepula P.M., Luzayana, H.W., Mukundi, D.L., Franck T, Lokole, P.B., Mbemba, T.F., Kalenda, P.D., Ngombe, N.K., Serateyn, D., Frédéricich, M., Mouithys-Mickalad, A., 2022. Congolese edible caterpillars, valuable sources of bioactive compounds with human health benefits. Journal of Insects as Food and Feed 9(4): 513-523. <https://doi.org/10.3920/JIFF2022.0072>
- Karim, H.A., Ismail, N.H. and Osman, C.P., 2022. Steroidal Alkaloids from the Apocynaceae Family: Their Isolation and Biological Activity. Natural Product Communications 17(11): 1-14. <https://doi.org/10.1177/1934578X221141265>
- Karowe, D.N., 1989. Facultative Monophagy as a Consequence of Prior Feeding Experience: Behavioral and Physiological Specialization in *Colias philodice* Larvae. *Oecologia* 78(1) :106-111. Available at: <https://www.jstor.org/stable/4218837>
- Karpe, P., Tiouka, A., 2022. Culture et alimentation. HAL Science 1-10 hal-03611202 <https://hal.science/hal-03611202>
- Katembwa, K., Moango, A., Kayisu, K. and Juakaly, L., 2018. Valeurs nutritives, toxiques et paramètres physico-chimiques de la matière grasse de trois variétés des chenilles (*Elaphrodes lactea*, *Bunaepsis aurantiaca*, *Imbrasia epimethea*) vendus au marché de Kisangani et ses environs (RD Congo). International Journal of Innovation and Applied Studies 24(4): 1518-1522
- Kawasaki, K., Osafune, T., Tamahira, S., and Yano, K., 2021. Piglets can secrete acidic mammalian chitinase from the pre weaning stage. Scientific Reports 11(1):1297 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80368-0>
- Kebede, A.T., Raina, S.K. and Kabaru, J.M., 2014. Structure, composition and properties of Silk from the African Wild Silkmoth, *Anaphe panda* (Boisduval) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). International Journal of Insect Science 6: 9-14 <https://doi.org/10.4137/IJIS.S13338>.
- Kelemu, S., Niassy, S., Torto, B., Fiaboe, K., Affognon, H., Tonnang, H., Maniania, N.K. and Ekesi, S., 2015. African edible insects for food and feed: Inventory,

- diversity, commonalities and contribution to food security. *Journal of Insects as Food and Feed* 1(2): 103-119.<https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0016>
- Kibala, K.J., 2020. Pauvreté et chômage en République Démocratique du Congo : état des lieux, analyses et perspectives. hal-02909695
- Kibungu, K.A.O., 2003. Quelques plantes médicinales du Bas-Congo et leurs usages. 197 p. http://www.nzenzeflowerspauwels.be/Plantes_medicinales_Kibungu.pdf
- Konda Ku Mbuta, A. and Ambühl, D., 2019. Mbinzo. Towards the breeding of African edible caterpillars. *Skyfoods*, Unterterzen, Switzerland, 164 pp.
- Konda Ku Mbuta, A. et Ambühl, D., 2022. Cheniculture et reforestation. Domestication des chenilles comestibles africaines. Résultats et perspectives. Projet pionnier de domestication des chenilles de Saturniens, village de Kilueka, République Démocratique du Congo Edition Syfood. Switzerland : Armée du Salut 300 pp.
- Kodondi, K.K., Leclercq, M., Bourgeay-Causse, M., Pascaud, A., Gaudin-Harding, F., 1987. Intérêt nutritionnel de chenilles d'Attacidés du Zaïre : Composition et valeur nutritionnelle. *Cahiers de nutrition et de diététique* 22 (6), 473–477.
- Koné, D., 2009. Enquête ethnobotanique de six plantes médicinales maliennes : extraction, identification d'alcaloïdes - caractérisation, quantification de polyphénols : étude de leur activité antioxydante. *Biologie végétale*. Université Paul Verlaine-Metz 188 p.
- Koni, M.J. and Bostoën, K., 2008. Noms et usages des plantes utiles chez les Nsong (RD Congo, Bandundu, bantu B85F). *Göteborg Africana Informal Series* 6:71 pp.
- Kouchadé S.A., Adjatin, A.R., Adomou, A.C., Dassou, H.G., Akoègninou, A., 2017. Phytochimiques des plantes médicinales utilisées dans la prise en charge des maladies infantiles au Sud-Bénin. *European Scientific Journal* 13(3): 1857-7881 <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v13n3p471>
- Kouitcheu, M.L.B, Kuate, J.R., Oyono, E.J.L., 2011. Screening of some plants used in the Cameroonian folk medicine for the treatment of infectious diseases. *International Journal of Biology* 3(4): 13-21
- Kourimska, L., and Adamkova, A., 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. *Nutritional and Food Science Journal*. 4: 22-26.
- Kozlov, M.V., Castagnyrol, B., Zverev, V., Zvereva, E.L., 2022. Recovery of moth and butterfly (Lepidoptera) communities in a polluted region following emission decline. *Science of the Total Environment* 838(1):155800 <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155800>

- Kroff, F. et Castañeda, A.F., 2020. Le droit à une alimentation et à une nutrition adéquate, et à la souveraineté alimentaire. Série Undrop Fian International. Belgique 15 pp.
- Kuma, J.K., 2020. Pauvreté et chômage en République Démocratique du Congo : état des lieux, analyses et perspectives. hal-02909695
- Kusia, E.S., Borgemeister, C., Khamis, F.M., Copeland, R.S., Tanga, C.M., Ombura, F.L. and Subramanian, S., 2021. Diversity, Host Plants and Potential Distribution of Edible Saturniid Caterpillars in Kenya. *Insects* 12(7): 21 pp. <https://doi.org/10.3390/insects12070600>
- Kusia, E.S., Borgemeister, C. and Subramanian, S. A review of edible saturniidae (Lepidoptera) caterpillars in Africa. *CABI Agric Biosci* 4, 43 (2023). <https://doi.org/10.1186/s43170-023-00186-y>
- Kyale, J. and Maindo, A., 2017. Pratiques traditionnelles de conservation de la nature à l'épreuve des faits chez les peuples riverains de la réserve de biosphère de Yangambi (RDC). *European Scientific Journal March Volume* 13(8): 29pp. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n8p328>
- Lamarre, G. et Baraloto, C., 2012. Plantes et insectes herbivores : une course évolutive à l'armement. *Dossier Insectes* 84-87
- Latham, P., 2003. Edible caterpillars and their food plants in Bas-Congo. Mystole, Canterbury, UK, 60 pp.
- Latham, P., 2005. Edible Caterpillars and Their Food Plants in Bas-Congo Province, Democratic Republic of Congo, 2nd edn. United Kingdom Department for International Development : Canterbury.
- Latham, P., 2008. Les chenilles comestibles et leurs plantes nourricières dans la province du Bas-Congo. *Armée du Salut* 44 pp.
- Latham, P. and Konda Ku Mbuta, A., 2014. Plantes utiles du Bas-Congo, République Démocratique du Congo. 3^{ème} Edition. *Armée du Salut* 409 pp.
- Latham, P., 2015. Edible caterpillars and their food plants in Bas-Congo Province, Democratic Republic of Congo. Third edition. The Salvation Army International, 47 pp.
- Latham, P., 2016. Les chenilles comestibles et leurs plantes nourricières dans la province du Kongo-central. *Armée du Salut* 47 pp.
- Latham, P., 2021. Edible caterpillars and their food plants in Kongo Central Province, Democratic Republic of Congo. Third edition. The Salvation Army International. 49 pp.

- Latham, P., Konda Ku Mbuta, A., Alliez, J.L., 2021. Plantes utiles du Kongo-Central, République Démocratique du Congo. Volume 1 et 2. Quatrième édition. University Library Johann Christian Senckenberg 921 pp. <https://doi.org/10.21248/gups.61777>
- Latham, P., Malaisse, F., Konda Ku Mbuta, A., Razafimanantsoa, T.M., Mabossy-Mobouna, G., Madamo Malasi, F., Bouyer, T., 2024. Caterpillars and chrysalises eaten in Africa. Paul Latham, Scotland, 301 pp.
- Latunde-Dada, G.O., Yang, W., Aviles, M.V., 2016. In vitro iron availability from insects and sirloin beef. Journal of Agricultural and Food Chemistry 64: 8420-8424 <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b03286>
- Lautenschläger, T., Neinhuis, C., Kikongo, E., Henle, T. and Förster, A., 2017a. Impact of different preparations on the nutritional value of the edible caterpillar *Imbrasia epimethea* from northern Angola. European Food Research and Technology 243(5): 769-778. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2791-0>
- Lautenschläger, T., Neinhuis, C., Monizi, M., Mandombe, J.L., Förster, A., Henle, T. and Nuss, M., 2017b. Edible insects of Northern Angola. African Invertebrates 58(2): 55-82. <https://doi.org/10.3897/AfrInvertebr.58.21083>
- Lebon, A., 2014. La compensation dans les interactions plantes-insectes : modélisation, simulation et expérimentation. Thèse de doctorat. Université Montpellier2. France 239 pp.
- Legrand, P., 2013. New French nutritional recommendation for fatty acids. ICN2 Second International Conference on Nutrition better nutrition better lives. FAO et WHO : 1-10
- Leleup, N. and Daems, H., 1969. Les chenilles alimentaires du Kwango. Causes de leur raréfaction et mesures préconisées pour y remédier. Journal d'Agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée 16(1): 1-21.
- Lill, J.T. Marquis R.J., 2001. The effects of leaf quality on herbivore performance and attack from natural enemies. Oecologia 126(3):418-428 <https://doi.org/10.1007/s004420000557>
- Lisingo, J., Wetsi, J-L. and Ntahobavuka, H., 2010. Enquête sur les chenilles comestibles et les divers usages de leurs plantes hôtes dans les districts de Kisangani et de la Tshopo (R.D. Congo). Revue Internationale de Géologie, de Géographie et d'Écologie Tropicales 34: 139-146.
- Lisingo Wa Lisingo, J., Lokinda Litalema, F., Wetsi J.L. et Ntahobavuka, H, 2012. L'exploitation artisanale du bois et des chenilles comestibles par les habitants de la ville de Kisangani et ses environs. In C. Benneker, D.H. Assumani, A. Maindo,

- F. Bola, G. Kimbuani, G. Lescuyer, J.-L. Esuka, E. Kasongo & S. Begaa (Eds.) « Le bois à l'ordre du jour. Exploitation artisanale du bois d'œuvre en R.D. Congo: Secteur porteur d'espoir pour le développement des petites et moyennes entreprises. 248-261.
- Looli, B.L., Dowiya, B., Bosela, O., Salumu, P., Monzenga, J.C., Posho, B., Mabossy-Mobouna, G., Latham, P. and Malaisse, F., 2021. Techniques de récolte et exploitation durable des chenilles comestibles dans la région de Yangambi, R.D. Congo. *Revue Internationale de Géologie, de Géographie et d'Ecologie Tropicales* 45(1): 113-129
- Loxdale, H. D., Lushai, G., & Harvey, J. A., 2011. The evolutionary improbability of 'generalism' in nature, with special reference to insects. *Biological Journal of the Linnean Society*, 103, 1–18 <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2011.01627.x>
- Lubini, A. and Mandango, A., 1981. Phytosiological and ecological study of *Uapaca guineensis* forests in the north-eastern central forest district (Zaire). *Bulletin de Jardin botanique National de Belgique* 51 (3/4): 231-254.
- Lubini, A.C., 2001. Analyse phytogéographique de la flore forestière du secteur du Kasai au Congo-Kinshasa. *Plant Systematics and Phytogeography for the Understanding of African Biodiversity* 71(2): 859-872 <https://www.jstor.org/stable/3668724>
- Lunga, Z.R., 2017. Impacts environnementaux des modes de cueillette de chenilles *Cirina forda* (Westwood) sur l'espèce *Erythrophleum africanum* dans la chefferie Pelende-nord en R.D. Congo. *Congo Sciences Volume 5* (1): 1-9.
- Lykke, A.M., Kristensen, M.K. & Ganaba, S., 2004. Valuation of local use and dynamics of 56 woody species in the Sahel. *Biodiversity and Conservation* 13, 1961–1990 <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000035876.39587.1a>
- Mabossy-Mobouna, G., Kinkela T., Lenga A. et Malaisse F., 2013. *Imbrasia truncata* Aurivillius (Saturniidae) : Importance en Afrique centrale, commercialisation et valorisation à Brazzaville. *Revue internationale de géologie, de géographie et d'écologie tropicales* 37 (2), 313-330
- Mabossy-Mobouna, G., Lenga, A., Latham, P., Kinkela, T., Konda Ku Mbuta, A., Bouyer, T., Roulon-Doko, P. and Malaisse, F., 2016a. Clef de détermination des chenilles de dernier stade consommées au Congo-Brazzaville. *Revue internationale de géologie, de géographie et d'écologie tropicales* 40(2) : 75-103.
- Mabossy-Mobouna, G., Bouyer, T., Latham, P., Roulon-Doko, P., Konda Ku Mbuta, A, and Malaisse, F., 2016b. Preliminary knowledge for breeding edible caterpillars in Congo-Brazzaville. *Revue internationale de géologie, de géographie et*

- d'écologie tropicales 40(2) : 145-174. Available at : <http://hdl.handle.net/2268/206206>
- Mabossy-Mobouna, G., Kinkela, T., Lenga, A., 2017. Apports nutritifs des chenilles d'*Imbrasia truncata* consommées au Congo-Brazzaville. Journal of Animal & Plant Sciences 31(3), 5050–5062.
- Mabossy-Mobouna, G., Malaisse, F., Richel, A., Maesen, P., Latham, P., Roulon-Doko, P., Madamo, M.F. and Lognay, G., 2018. *Imbrasia obscura*, an edible caterpillar of tropical Africa: chemical composition and nutritional value. Tropicultura, 36(4) : 798-811 <https://doi.org/10.25518/2295-8010.522>
- Mabossy-Mobouna G., Ombeni, B.J and Malaisse, F., 2021a. Consommation et modalités de préparation des chenilles comestibles en République du Congo. Revue internationale de géologie, de géographie et d'écologie tropicales 45 (3) : 435-453.
- Mabossy-Mobouna, G., Ombeni, B.J. and Malaisse, F., 2021b. Profile in amino-acids and fatty-acids of *Imbrasia epimethea* caterpillar eaten in the Northern area of the Republic of the Congo. International Journal of Tropical Geology, Geography and Ecology 45: 383-396.
- Mabossy-Mobouna, Latham, P., G., Bouyer, T., et Malaisse, F., 2022a. Actualisation de la Clef de détermination des chenilles de dernier stade consommées par la population locale en République du Congo. Revue internationale de géologie, de géographie et d'écologie tropicales 46, 2 : 245-265
- Mabossy-Mobouna, G., Looli, B.L., Bouyer, T., Latham, P., Ombeni, J.B., Monzenga, J.C., Munyuli, T., Madamo Malasi, F., Konda Ku Mbuta, A., Malaisse, F., 2022b. Concerning some taxonomic confusions in African edible caterpillars. African Journal of Tropical Entomology Research 1(2): 105-115 <https://doi.org/10.5281/zenodo.6968727>
- Mabossy-Mobouna, G., Ombeni, J.B., Bouyer, T., Latham, P., Bisaux, F., Bocquet, E., Brinck, B., Konda Ku Mbuta, A., Madamo-Malasi, F., Nkulu Ngoie, L., Pamela Tabi Ekebil, P. and Malaisse, F., 2022c. Diversity of edible caterpillars and their host plants in the Republic of the Congo. African Journal of Tropical Entomology Research 1(1): 3-27
- Macgregor, C. J., Pocock, M. J., Fox, R. & Evans, D. M. 2015. Pollination by nocturnal L epidoptera, and the effects of light pollution: a review. Ecological entomology, 40 (3): 187-198.
- Madamo Malasi, F., Malaisse, F., Latham, P., Francis, F. and Megido, R.C., 2023. Caterpillars consumed in Masi-Manimba territory (Kwilu), Democratic Republic

- of the Congo. *Journal of Insects as Food and Feed* 9(1):3-13
<https://doi.org/10.3920/JIFF2022.0032>
- Madamo Malasi, F., Francis, F. and Caparros Megido, R., 2024. Bioecology of *Imbrasia epimethea* (Drury, 1773) caterpillars consumed in Kwilu province, Democratic Republic of the Congo. *Journal of Insects as Food and Feed* 10(11):1-16 <https://doi.org/10.1163/23524588-20230113>
- Malaisse, F., Malaisse-Mousset, M. and Evrard, A., 1969. Aspects forestiers et sociaux des pullulations de «Tunkubiu». Faut-il détruire ou protéger *Elaphrodes lactea* (Gaede) [Notodontidae]? *Bulletin Trimestriel du Centre d'Étude des Problèmes Sociaux Indigènes*, 86, 27-36
- Malaisse, F. and Parent, G., 1980. Les chenilles comestibles du Shaba méridional. *Les Naturalistes Belges* 61 (1) : 2-24.
- Malaisse, F., 1997. Se nourrir en forêt claire africaine. Approche écologique et nutritionnelle. Les Presses agronomiques de Gembloux / Centre technique de coopération agricole et rurale 384 pp. Available at: <https://hdl.handle.net/10568/60903>
- Malaisse, F. and Lognay, G., 2003. Les chenilles comestibles d'Afrique tropicale. Colloque les « insectes » dans la tradition orale. In Motte-Florac, E. and Thomas, J.M.C. (Eds.). Leuven (België), Peeters, *Ethnoscience* 11, SELAF 407, 279-302
- Malaisse, F., 2010. How to live and survive in Zambezian open forest (Miombo ecoregion). Les Presses agronomiques de Gembloux, Gembloux (Belgique), 422 pp.
- Malaisse, F. and Latham, P., 2014. Human consumption of Lepidoptera in Africa: an updated chronological list of references (370 quoted!) with their ethnozoological analysis. *Revue internationale de géologie, de géographie et d'écologie tropicales* 38(2) : 339-372. Available at : <http://hdl.handle.net/2268/189275>
- Malaisse, F., 2016. La production de lépidoptères pour l'alimentation des populations d'Afrique : état de la question. *Proceedings of the Royal Academy for Overseas Sciences* 1 (2020 – 1): 47-64 <https://doi.org/10.5281/zenodo.6538779>
- Malla, N., Nørgaard, J.V., Lærke, H.N., Heckmann, L., and Roos, N., 2022a. Some insect species are good-quality protein sources for children and adults: digestible indispensable amino acid score (DIAAS) determined in growing pigs. *The Journal of Nutritional* 152(4):1042–1051. <https://doi.org/10.1093/jn/nxac019>.
- Malla, N., Nørgaard, J.V., and Roos, N., 2022b. Protein quality of edible insects in the view of current assessment methods. *Animal Frontiers* 13(4): 50-63 <https://doi.org/10.1093/af/vfad015>

- Manditsera, F.A., Lakemond, C.M.M., Fogliano, V., Zvidzai, C.J., and Luning, P.A., 2018. Consumption patterns of edible insects in rural and urban areas of Zimbabwe: taste, nutritional value and availability are key elements for keeping the insect eating habit. *Food Security* 10:561–570 <https://doi.org/10.1007/s12571-018-0801-8>
- MAPED (Ministère de l’agriculture, pêche, élevage et développement rural), 2009. Conseil agricole et rural de gestion (CARG) du Territoire de Masi-Manimba. Priorités du plan de développement agricole et rural du territoire. Province du Bandundu. 55 pp.
- Mapunzu, M.P., 2004. 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: Balinga, M., Mapunzu, M.P., Moussa, J.B. and N’Gasse, G. (eds.) Contribution des insectes de la forêt à la sécurité alimentaire: l’exemple des chenilles d’Afrique Centrale. Département des Forêts, FAO, Rome pp. 35-54. Available at : <https://www.fao.org/3/j3463f/j3463f00.htm>
- Maroyi, A., 2018. *Albizia Adianthifolia*: Botany, Medicinal Uses, Phytochemistry, and Pharmacological Properties. *Scientific World Journal* 2018(1): 1-18 <https://doi.org/10.1155/2018/7463584>
- Mathew T.J., Ndamitso M.M., Shaba E.Y., Mustapha S1., Muhammed S.S2. and Salihu A. S, 2014. Physicochemical and Phytochemical Composition of locust bean tree emperor moth larvae (*Bunaea alcinoe*) from Gurara Local Government Area, Niger state, Nigeria. *International Journal of Engineering Science Invention* 3(1):14-18
- Matos, F.M. and Castro, R.J.S., 2021. Edible insects as potential sources of proteins for obtaining bioactive peptides. *Brazilian Journal of Food Technology* 24: e2020044 <https://doi.org/10.1590/1981-6723.04420>
- Mazhangara, I.R., Chivandi, E., Mupangwa, J.F. and Muchenje, V., 2019. The Potential of Goat Meat in the Red Meat Industry. *Sustainability* 11(13): 3671. <https://doi.org/10.3390/su11133671>
- Mbata, K.J., Chidumayo, E.N., Lwatula and C.M., 2002. Traditional regulation of edible caterpillar exploitation in the Kopa area of Mpika district in northern Zambia. *Journal of Insect Conservation* 6: 115–130
- Mbemba, F.L.T., 2013. Aliments et denrées alimentaires traditionnels du Bandundu en R.D. Congo : répertoire et composition en nutriments, French Edition. Editions Le Harmattan, Paris, France, 332 pp.

- Mbemba Fundu, T., Kapepula, P.M., Mbo, J.P.N., Esimo, J.M., and Kabamba, N.N., 2023. Congolese Traditional Foods as Sources of Antioxidant Nutrients for Disease Prevention. *In* Recent Developments in Antioxidants from Natural Sources. Intech Open. <https://doi.org/10.5772/intechopen.109319>
- Mbuyi, K.S., Kalunga, M.R., Kalonda, M., Cimanga, C.C., Numbi, W.I., Kahumba, B.J., Lumbu, S.J., 2019. Aperçu ethnobotanique de plantes réputées antipaludéennes utilisées dans la ville de Lubumbashi et ses environs, dans le Haut-Katanga en RD Congo. *Ethnopharmacologia* 61: 75–83.
- MEDD (Ministère de l'Environnement et Développement Durable) – Direction des Inventaires et Aménagement forestiers (DIAF), 2017. Guide opérationnel-Liste des essences forestières de la République Démocratique du Congo. Série : Généralités - N°2. Oréade-Brèche / FRMi / EGIS-International 66 pp.
- MECNT (Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature et Tourisme), 2009. Quatrième rapport national sur la mise en œuvre de la convention sur la diversité biologique. République Démocratique du Congo. 77 pp.
- Mejia, L.B., Arnal, P., Hallwachs, W., Haxaire, J., Janzen, D., Kitching, I.J., Rougerie, R., 2020. A Global food plant dataset for wild silkmoths and hawkmoths and its use in documenting polyphagy of their caterpillars (Lepidoptera: Bombycoidea: Saturniidae, Sphingidae). *Biodiversity. Data Journal* 8: e60027 <https://doi.org/10.3897/BDJ.e60027>
- Melgar-Lalanne, G., Hernandez-Alvarez, A. and Salina-Castro, A., 2019. Edible insects processing: traditional and innovative technologies. *Comprehensive Reviews in Food Safety* 18(4): 1166-1191 <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12463>
- Ministère du Plan, 2014. Rapport, Résultats de l'Enquête sur l'Emploi, le Secteur Informel et sur la Consommation des Ménages/2012
- Michaelsen, K.F., Hoppe, C., Roos, N., Kaestel, P., Stougaard, M., Lauritzen, L. and Mølgaard, C., 2009. Choice of foods and ingredients for moderately malnourished children 6 months to 5 years of age. *Food and Nutrition Bulletin*, 30(3): 343–404. <https://doi.org/10.1177/15648265090303S303>
- Mignon J., 2002. L'entomophagie : une question de culture ? Notes techniques. *Tropicultura* 20 (3) : 151-155
- Ministère de la Santé Publique/RDC, 2022. Lignes Directrices du Cluster Nutrition 45 pp. <https://reliefweb.int/report/democratic-republique-congo/republique-democratique-du-congo-lignes-directives-du-cluster-nutrition-2022>

- Mohammed, M., Musa, A.M., Garba, M.A., Adeiza, A.A. and Hanwa, U.A., 2014. Phytochemical and antimicrobial study on the leaf extracts of *Erythrophleum africanum* (Caesalpiniaceae) African Journal of Biotechnology 13(4): 598-603 DOI: 10.5897/AJB2013.1305
- Mongeke, M. M., Ngbolua, K., Bakola, R. D., Inkoto, C. L., Elikanpani, P. N., and Mouli, C., 2018. Enquête sur les plantes utilisées en médecine traditionnelle par les Bambenga: pygmées du secteur de Dongo en République Démocratique du Congo. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires 6(4), 469–475.
- Mosallanezhad Z, Jalali M, Bahadoran Z, Mirmiran P, Azizi F. Dietary sodium to potassium ratio is an independent predictor of cardiovascular events: a longitudinal follow-up study. BMC Public Health 23(1):705. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-15618-7>
- Muteba, K.D., 2014. Caractérisation des modes de consommation alimentaire des ménages à Kinshasa : Analyse des interrelations entre modes de vie et habitudes alimentaires. Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech
- Muvatsi, P., Snook, L.K., Morgan, G., Kahindo, J.M., 2021. The yield of edible caterpillars *Imbrasia oyemensis* and *Cirina forda* from timber trees logged on concessions in the Democratic Republic of the Congo: A contribution to managing tropical Forests for multiple resources. Trees, Forests and People 4 100079
- Muvundja, F.A., Uwikunda, S.H., Mande, P., Alunga, L.G., Balagizi K.I. and Isumbisho, M.P., 2013. Valorisation de la chenille comestible *Bunaeopsis aurantiaca* dans la gestion communautaire des forêts du Sud-Kivu (République Démocratique du Congo). Vertigo – la revue électronique en sciences de l’environnement <https://doi.org/10.4000/vertigo.13929>
- Muyay, T., 1981. Les insectes comme aliments de l’homme. Centre d’Etudes Ethnologiques de Bandundu (CEEBA), Bandundu (Zaire), 177 pp.
- Nayim, P., Mbaveng, A.T., Wamba B.E.N., Fankam, A.G., Dzotam, J.K., Kuete, V., 2018. Antibacterial and antibiotic-potentiating activities of thirteen Cameroonian edible plants against Gram-negative resistant phenotypes. The Scientific World Journal 1-14 <https://doi.org/10.1155/2018/4020294>.
- Ndoye, O. and Awono, A., 2005. The markets of non timber forest products in the provinces of Equateur and Bandundu, Democratic Republic of Congo. Center for International Forestry Research (CIFOR), Central Africa Regional Office, Yaounde, Cameroon. 57pp. <https://doi.org/10.13140/2.1.1028.7685>
- N’Gasse, G., 2003. Contribution des chenilles/larves comestibles à la réduction de l’insécurité alimentaire en République centrafricaine. In Balinga M. P., P. M.

- Mapunzu, J-B. Moussa et G. Ngasse, 2004. Contribution des insectes de la forêt à la sécurité alimentaire : L'exemple des chenilles d'Afrique Centrale. Produits Forestiers non Ligneux. Document de Travail N°1. F.A.O., Rome, Italy, 108 pp.
- Ngbolua, K.N., Inkoto, C.L., Mongo, N.L., Ashande, C.M., Masens, Y.B., Mpiana, P.T., 2019. Étude ethnobotanique et floristique de quelques plantes médicinales commercialisées à Kinshasa, République Démocratique du Congo [Ethnobotanical and floristic study of some medicinal plants marketed in Kinshasa, Democratic Republic of Congo]. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques & Vétérinaires* 7 (1): 118-128.
- Ngbolua, K-N., Baholy, R.R., Norosoa, R.J.I., Djolu, R.D., Ashande, C.M., Mune, F.M., Wangombe-Dawe, J.K., Mongeke, M.M., Amogu, J-J.D., Mbembo-Wa-Mbembo, B., Mawunu, M.M., 2022. Survey of Edible Caterpillars in Gbado-Lite City (North Ubangi, Democratic Republic of the Congo) and Medicinal Value of Their Host Plants. *Britain International of Exact Sciences (BioEx) Journal* 4(2) :102-114. <https://doi.org/10.33258/bioex.v4i2.731>
- Ngunde te Ngunde, S., Inkoto L.C., Kowozogono K.R., TZua G.T., Mayundo, K.B., and Iteku, B.J., 2021. Etudes ethnobotanique des plantes utilisées en médecine traditionnelle à Gini (Yakoma, Nord-Ubangi, République Démocratique du Congo *International Journal of Applied Research* 7 (1): 36-43
- Ngute, A.S.K., Dongmo, M.A.K., Effa, J.A.M., Onguene, E.M.A., Lontchi, J.F. and Cuni-Sanchez, A., 2019. Edible caterpillars in central Cameroon: host plants, value, harvesting, and availability. *Forests Trees and Livelihoods* 29(1):16-33. <https://doi.org/10.1080/14728028.2019.1678526>
- Nicolai, H. (1963). *Le Kwilu. Etude géographique d'une région congolaise*. Ed. CEMUBAC. Bruxelles. 472 p.
- Nielsen, S.S., 2021. Correction to: Food Analysis Fifth Edition. In *Food Analysis*; Nielsen, S.S., Ed.; Food Science Text Series; Springer: Cham, Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5_36
- Nino, M.C., Reddivari, L., Osorio, C., Kaplan, I. and Liceaga, A.M., 2021. Insects as a source of phenolic compounds and potential health benefits. *Journal of Insects as Food and Feed* 7: 1077-1087 <https://doi.org/10.3920/jiff2020.0113>
- Nowak, J., 2014. L'homme et l'insecte : L'entomophagie : petites bêtes dans nos assiettes. *entomologic.jimdo.com* 17 pp.
- Nowak, V., Persijn, D., Rittenschober, D., Charrondiere, U.R., 2016. Review of food composition data for edible insects, *Food Chemistry* 193: 39–46 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.114>

- Nsevolo, P., Taofic, A., Caparros Megido, R., Sablon, L., Haubruge, E. and Francis, F., 2016. La biodiversité entomologique comme source d'aliments à Kinshasa (République Démocratique du Congo), *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)* 52(2) : 57-64. <https://doi.org/10.1080/00379271.2016.1186467>
- Nsevolo, M.P., Taofic, A., Kiatoko, N., Kambashi, M., Francis, F. and Megido, R.C., 2023a. Protein Content and Amino Acid Profiles of Selected Edible Insect Species from the Democratic Republic of Congo Relevant for Transboundary Trade across Africa. *Insects* 13(11): 994 <https://doi.org/10.3390/insects13110994>
- Nsevolo, M.P., Kiatoko, N., Kambashi, M.B., Francis, F. and Megido, R.C., 2023b. Reviewing entomophagy in the Democratic Republic of Congo: species and host plant diversity, seasonality, patterns of consumption and challenges of the edible insect sector. *Journal of Insects as Food and Feed* 9(2): 225-244. <https://doi.org/10.3920/JIFF2022.0024>
- N'teba, M.A., 2010. « La mission de la Compagnie de Jésus au Kwilu : contribution à la transformation d'une région Congolaise (1901-1954) ». Edition Pontificia Università Gregoriana 578 p.
- Numbi Muya, G. M., Mutiaka, B. K., Bindelle, J., Francis, F., & Caparros Megido, R., 2021. Description of the development cycle of *Aegocera rectilinea* (Lepidoptera: Noctuidae), a caterpillar consumed in western Democratic Republic of Congo. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(4), 439-446. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0093>
- Numbi Muya, G.M., Mutiaka, B.K., Bindelle, J., Francis, F., Caparros Megido, R., 2022. Human Consumption of Insects in Sub-Saharan Africa: Lepidoptera and Potential Species for Breeding. *Insects*. 13(10):886. <https://doi.org/10.3390/insects13100886>
- Numbi Muya, G.M., Kambashi, B., Bindelle, J., Francis, F., & Megido, R.C., 2024. Nutritional composition of three edible caterpillars in the Democratic Republic of Congo. *Journal of Insects as Food and Feed* 10(5) :1-11 <https://doi.org/10.1163/23524588-00001021>
- Nwajagu I.U., Garba, A., Nzelibe, H.C., Chukwuekezie, N.E., Abah, C.R., Umar, A.T., Anarado, C.S., Kahu, J.C., Olagunju, A., Oladejo, A.A., Bashiru, I., 2021. Effect of Processing on the Nutrient, Anti-nutrient and Functional Properties of *Mucuna flagellipes* (Ox-eyed Bean) Seed Flour; An Underutilized Legume in Nigeria. *American Journal of Food and Nutrition* 9(1): 49-59 <https://doi.org/10.12691/ajfn-9-1-7>
- Nwandu, C.J., Nyananyo, B.L., Ozimede, C.O., 2019. Phytochemical screening of leaf extracts of eleven selected tropical plants species from Eastern and Southern

- Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management* 23(10): 1867-1873 <https://dx.doi.org/10.4314/jasem.v23i10.16>
- Nylin, S., Slove, L., Janz, N., 2014. Host plant utilization, host range oscillations and diversification in Nymphalid butterflies: a phylogenetic investigation. *Evolution* 68(1): 105-124 <https://doi.org/10.1111/evo.12227>
- Oba, P.M., Utterback, P.L., Parsons, C.M., de Godoy, M.R.C., Swanson, K.S., 2019. Chemical composition, true nutrient digestibility, and true metabolizable energy of chicken-based ingredients differing by processing method using the precision-fed cecectomized rooster assay. *Journal of Animal Science* 97(3):998–1009 <https://doi.org/10.1093/jas/sky461>
- Observatoire Agricole Biodiversité (OAB), 2016. Les papillons : des indicateurs de biodiversité. Flavia APE 23pp.
- Odebiyi, J.A., Omoloye, A.A., Bada, S.O., Awodoyin, R.O. and Oni, P.I., 2009. Response of larvae of *Cirina forda* Westwood (Lepidoptera: Saturniidae) to spatio-temporal variation in the nutritional content of foliage of *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f. (Sapotaceae) Ghana *Journal of Agricultural Science* 42(1-2): 105-113 <https://doi.org/10.4314/gjas.v42i1-2.60649>
- Odunayo, A.T., Bársony, P., 2020. Insect based-protein: A new opportunity in animal nutrition; *Acta Agraria debreceniensis* 2020-1 <https://doi.org/10.34101/actaagrar/1/3744>
- Ogbalu, O. K And Nwauzoma, A. B., 2017. The Use Of Piper Umbellatum Leaves In The Rearing Of Immature Stages Of Bunaea Alcinoe [Lepidoptera: Saturniidae], An Edible Larva Of The Niger Delta. *N Y Sci J* 10(12):27-31]. ISSN 1554-0200 (print); ISSN 2375-723X (online). <http://www.sciencepub.net/newyork>. 4. doi:10.7537/marsnys101217.04
- Oibiokpa, F.I., Akanya, H.O., Jigam, A.A., Saidu, A.N., 2017. Nutrient and Antinutrient Compositions of Some Edible Insect Species in Northern Nigeria. *Fountain Journal of Natural and Applied Sciences* 2017; 6(1): 9-24. <https://doi.org/10.53704/fujnas.v6i1.159>
- Ojha, S., Bekhit, A.E.D., Grune, T., Schlüter, O.K., 2021. Bioavailability of nutrients from edible insects, *Current Opinion in Food Science*, 41: 240-248 <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.08.003>
- Okangola, E., 2007. Contribution à l'étude biologique et écologique des chenilles de la région de Kisangani. Cas de Réserve de la Yoko (Ubundu, République Démocratique du Congo). Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA). Université de Kisangani ; 99 pp.

- Okangola, E., Solomo, E., Lituka, Y., Tchatchambe, W.B., Mate, M., Upoki, A., Dudu, A., Asimonyio, A.A., Mpiama, P.T. and Ngbolua, K-N., 2016. Etude ethnobotanique et floristique de quelques plantes hôtes des chenilles comestibles à usage médicinal dans le secteur de Bakumu-Mangongo (Territoire d'Ubundu, Province de la Tshopo, RD Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* 26(1):146-160. <http://www.ijisr-issr-journals.org/>
- Okwu, D.E., Emenike, I.N., 2006. Evaluation of the phytonutrients and vitamin contents of Citrus fruits. *International Journal of Molecular Medicine and Advanced Sciences* 2(1):1-6
- Olagbemide, P.T., 2015. Nutritional Values of Smoked *Clarias Gariepinus* from Major Markets in Southwest, Nigeria. *Global Journal of Science Frontier Research: D Agriculture and Veterinary* 15(6):32-42.
- Omasombo, T.J., Mumbanza, J., Stroobant, E., Krawczyk, J., Lomema, L.G., Liyongo, E.J., Mobembo, O.P. and Laghmouch, M., 2016. Equateur : au cœur de la cuvette congolaise. Musée royal de l'Afrique centrale (MRAC). Tervuren. Volume 9 : 512 pp. Available at : <http://www.africamuseum.be/research/publications/rmca/online/>
- Ombeni, B.J., Munyuli, T., Mwangi, T., Nabintu, F., Izuba, E. and Betu, M., 2018. Profile in amino and fatty acids of *Bunaeopsis aurantiaca* caterpillars eaten in South Kivu province, eastern of the Democratic Republic of Congo. *Annals. Food Science and Technology*, 19(3):566-576
- Ombeni, B.J., Munyuli, T., 2019. Nutritional quality evaluation of complementary foods flour based on edible caterpillars: *Bunaeopsis aurantiaca*, *Imbrasia oyemensis* and *Cirina forda* eaten in South Kivu province, D.R. Congo. *Annals. Food Science Technology* 20(2): 362-379
- Ombeni, J.B., Mabossy-Mobouna, G., Boyombe, L.L., Latham, P., Malaisse, F., Monzenga, J.C. and Munyuli, T.B.M., 2022. Entomophagy in the Democratic Republic of Congo: Challenges and Ways Forward for the Edible Insect Sector. *African Journal of Tropical Entomology Research* 1(2): 11 6-139 <https://doi.org/10.5281/zenodo.6968717>
- Omokhua, G. E., Fredrick, C. and Okparaete, M. A., 2017. Effects of water pre-treatment on germination and early seedling growth of *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv). *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*. 13(4):86-91
- Omotoso, O. T and Adesola, A. A, 2018. Comparative studies of the nutritional composition of some insect orders. *International Journal of Entomology and Nematology Research* 2(1): 1-9

- Onefeli, A.O., Akinyele, A.O., Fatoba, H.T., 2019. Agroforestry potential of *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Pax in Nigeria. *Žemės Ūkio Mokslai* 26(2): 94–102 <https://doi.org/10.6001/zemesukiomokslai.v26i2.4063>
- Ooninx, D.G.A.B. and Finke, M.D., 2021. Nutritional value of insects and ways to manipulate their composition. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2021 ; 7(5): 639-659
- Oriolowo, O.B., Abubakar, D.S., Bidda, R.D. and Masa'udu, S., 2021. Nutritional comparison of the pallid emperor moth, *Cirina forda* and the Atlantic mackerel, *Scombrus scomber* *Acta Entomology and Zoology* 2(1): 24-31 <https://doi.org/10.33545/27080013.2021.v2.i1a.26>
- Osabor, V. N., Okonkwo, P. C. and Ikeuba, A. I., 2017. Chemical profile of leaves and seeds of *Pentaclethra macrophylla* Benth. *Journal of Medicinal Plant and Herbal Therapy Research* 5 :11-17
- Osier, T.L., Lindroth, R.L., 2001. Effects of genotype, nutrient availability, and defoliation on aspen phytochemistry and insect performance. *Journal of Chemical Ecology* 27(7): 1289-1313 <https://doi.org/10.1023/A:1010352307301>
- Ouachinou, J.M.A.S., Adomou, A.C., Dassou, G.H., Yedomonhan, H., Tossou, G.M., Akoegninou, A., 2017. Connaissances et pratiques ethnobotaniques en médecines traditionnelles vétérinaire et humaine au Bénin : similarité ou dissemblance ? *Journal of Applied Biosciences*, 113: 11174-11183 <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v113i1.6>
- Oyaseiye, P.E., Tautua, B.M.A. and Songca, S.P., 2022. A mini-review of pharmacological and economical values of *Funtumia africana*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 11(3): 62-64. <https://doi.org/10.22271/phyto.2022.v11.i3a.14418>
- Pagezy, H., 2013. Biodiversité et équilibre du régime alimentaire. Le cas des Ntomba de la forêt inondée (Cuvette centrale, République du Congo). *Revue d'ethnoécologie* (En ligne), 3/2013, mis en ligne le 12 novembre 2013, consulté le 10 décembre 2021. <https://doi.org/10.4000/ethnoecologie.1424>
- Parmentier, N., 2023. Se nourrir à Nuuk (Groenland), entre pratiques traditionnelles, transition alimentaire et sécurisation de l'approvisionnement. *Géoconfluences* (ens-lyon.fr)
- Payne, C.L.R., Mato, B. and Fruth, B., 2016. Entomophagy in the area surrounding Luikotale Salonga National Park, Democratic Republic of Congo. *African Studies Monographs* 37(1): 1-12. <https://doi.org/10.14989/209030>

- Poelaert, C., F. Francis, T. Alabi, R. Caparros Megido, B. Crahay, J. Bindelle, and Y. Beckers. 2018. Protein value of two insects, subjected to various heat treatments, using growing rats and the protein digestibility-corrected amino acid score. *Journal of Insects as Food and Feed* 4(2): 77-87 <https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0003>
- Pélessier, C., de Marcken, P., Cherel, E., et Mapilanga, J., 2018. Le réseau des aires protégées de la République démocratique du Congo : Évaluation pour sa consolidation et son extension. IUCN et WWF. 132 pp.
- Pietrobelli, A., Agosti, M. and the MeNu Group, 2017. Nutrition in the First 1000 Days: Ten Practices to Minimize Obesity Emerging from Published Science; *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(12):1491 <https://doi.org/10.3390/ijerph14121491>
- Pinhey, E.C.G., 1956. The emperor moths of Eastern Africa. The East Africa Natural History Society: Nairobi, Kenya, Volume 23.
- Pisani, D.F., and Ailhaud, G., 2019. Involvement of polyunsaturated fatty acids in the control of energy storage and expenditure. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids* 26(37): 1-9 <https://doi.org/10.1051/ocl/2019032>
- Poelaert, C., F. Francis, T. Alabi, R. Caparros Megido, B. Crahay, J. Bindelle, and Y. Beckers. 2018. Protein value of two insects, subjected to various heat treatments, using growing rats and the protein digestibility-corrected amino acid score. *Journal of Insects as Food and Feed* 4(2): 77-87 <https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0003>
- Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H.T., Aizen, M.A., Biesmeijer, J.C., Breeze, T.D., Dicks, L.V., Garibaldi, L.A., Hill, R., Settele, J., Vanbergen, A.J., 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature* 540(7632):220-229. doi: <https://doi.org/10.1038/nature20588>
- Priddle, T.R., 1966. Techniques for reducing mortality when rearing larvae of *Cecropia* moth (Saturniidae). *Journal of the Lepidopterist's Society* 20(2) :119-121.
- Pululu, B.H., Umba di M'balu, J., Metena, M.M., Telamanu, E.B., 2020. Isolement des souches de Rhizobiaceae colonisant le mikwati (*Erythrophleum africanum* Afzel.) plante à chenilles (*Cirina forda*), et croissance en longueur de plantules issues de boutures caulinaires et de graines. *Journal of Animal et Plant Sciences* 43(3): 7483-7490 <https://doi.org/10.35759/JANmPlSci.v43-3.4>
- Ramazani A, Zakeri S, Sardari S, Khodakarim N, Djadid N., 2010. *In vitro and in vivo* antimalarial activity of *Boerhavia elegans* and *Solanum surattense*. *Malaria Journal* 9:124 <https://doi.org/10.1186/1475-2875-9-124>

- Ramos Elorduy, J., 2009. Anthro-entomophagy: cultures, evolution and sustainability. (Special issue: trends on the edible insects in Korea and abroad). *Entomological Research*, 39: 5: 271–288
- Ranganathan, J., Ranjit, D.R.J., Subash, C. V., Ehrlich, P.R., and Gretchen C. D, 2008. Sustaining biodiversity in ancient tropical countryside. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* 105(46): 17852-17854 <https://doi.org/10.1073/pnas.0808874105>
- Ravindran, G. and Ravindran, V., 1988. Changes in the Nutritional Composition of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Leaves During Maturity. *Food Chemistry* 27 (1988) 299-309 [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(88\)90014-3](https://doi.org/10.1016/0308-8146(88)90014-3)
- RDC, 2023. Plan national stratégique multisectoriel de nutrition de la RDC (PNSMN 2023 – 2030). Présidence de la République, Coordination Nationale Multisectorielle de Nutrition, RDC. 203 pp
- Rivas-Navia, D.M., Dueñas-Rivadeneira, A.A., Dueñas-Rivadeneira, J.P., Aransiola, S.A., Naga Raju Maddela, N.R., Prasad, R., 2023. Bioactive compounds of insects for food use: Potentialities and risks. *Journal of Agriculture and Food Research on Science Direct* 14(4): 100807 <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100807>
- Rosenthal, G. A., and Berenbaum, M. R., 1991. *Herbivores: Their Interactions with Secondary Plant Metabolites: Volume I: The Chemical Participants.* (2 ed.) Academic Press.
- Roudart, L., 2002. L'alimentation dans le monde et les politiques publiques de lutte contre la faim. Ed. de Boeck Supérieur Mondes en développement 1(117) : 9-23 <https://doi.org/10.3917/med.117.0009>
- Roudot-Algaron, F., 1996. Le goût des acides aminés, des peptides et des protéines : exemple de peptides sapides dans les hydrolysats de caséines. *Lait* 76, 313-348
- Rougeot, P-C., 1949. Description des stades post-embryonnaires de quelques Saturnioïdes gabonais. *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon* 18(10) : 208-217. <https://doi.org/10.3406/linly.1949.8592>
- Roulon-Doko, P., 1998. *Chasse, cueillette et culture chez les Gbaya de Centrafrique.* Editions L'Harmattan, Collection Anthropologie – Connaissance des hommes, Paris, France, 539 pp.
- Roux, J., 2015. République Démocratique du Congo. Secteurs prometteurs. Approche du marché. *Recommandations.*
- Rumpold, B.A., Schlüter, O.K. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research* 57, 802–823.

- Sagara, B., Cissé, M.B.M., Coulibaly, A., 2019. Quelques aspects de la bioécologie de *Gonimbrasia hecate* (Lepidoptera : Saturniidae) dans la zone Soudano Sahélienne au Mali. *Revue malienne de sciences et de technologie* 21 : 26-40
- Salako, K.V., Moreira, F., Gbedomon, R.C., Tovissodé, F., Assogbadjo, A.E., Kakai, R.L.G., 2018. Traditional knowledge and cultural importance of *Borassus aethiopum* Mart. in Benin: interacting effects of socio-demographic attributes and multi-scale abundance. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 14(1):3-16
- Sannier, M., 2017. Clé simplifiée des rhopalocères d'Aquitaine. LPO 30 pp. Aquitaine/www.faune-aquitaine.org
- Santos Oliveira, J. F., Passos De Carvalho, J., Bruno De Sousa, R. F. X., and Madalena Simao, M., 1976. The nutritional value of four species of insects consumed in Angola. *Ecology of Food and Nutrition* 5 : 91-97. <https://dx.doi.org/10.1080/03670244.1976.9990450>
- Saxena, S.N., Pant, D., Jain, C., Bhakuni, R.S., 2003. Antimalarial Agents from Plant Sources. *Current Science* 85(9):1314–1329 <https://www.jstor.org/stable/24108135>
- Schoonhoven, L.M., Jermy, T. and Loon, J.J.A., 1998. *Insect-Plant Biology: From Physiology to Evolution*. Chapman & Hall, London, UK 409 pp.
- Scriber, J.M., 1979. The effects of sequentially switching food plants upon biomass and nitrogen utilization by polyphagous and stenophagous *Papilio* larvae. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 25:203-215.
- Shaheen, N., Islam, S., Mummun, S., Mohiduzzaman, M., Longvah, T., 2016. Amino acid profiles and digestible indispensable amino acid scores of proteins from the prioritized key foods in Bangladesh. *Food Chemistry* 213: 83-89 <https://doi.org/10.1016/j.food-chem.2016.06.057>
- Shockley, M. and Dossey A.T., 2014. Insects for human consumption. In Morales-Ramos, Guadalupe Rojas, M. and Shapiro-Ilan, D.I. (eds) *Mass production of beneficial organisms: Invertebrates and entomopathogens*. Amsterdam. Elsevier, Academic Press 617-652. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391453-8.00018-2>
- Sigh, S., Lauritzen, L., Wieringa, F.T., Laillou, A., Chamnan, C., Stark, K.D., Roos, N., 2023. Changes in polyunsaturated fatty acids during treatment of malnourished children may be insufficient to reach required essential fatty acid levels - A randomised controlled trial. *Clinical Nutrition* 42(9):1778-1787 <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2023.08.003>

- Silow, C.A., 1976. Edible and other insects of mid-western Zambia. Studies in ethnobotany II. Occasional Papers (5). Institutionen För Allmän och Jämförande Etnografi vid Uppsala Universitet. Uppsala: Almqvist & Wiksell 223 pp.
- Simmonds, S.J., 2003. Flavonoid–insect interactions: recent advances in our knowledge. *Phytochemistry* 64(1): 21-30 [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00293-0](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00293-0)
- SOFRECO, 2021, Fiche technique : Formes et mesures de la malnutrition. Plateforme nationale d'information pour la nutrition (PNIN) Niger 10 pp.
- Spitsyn, V.M., Potapov, G.S. et Spitsyna, E.A., 2021. The morphology of preimaginal stages and male genitalia of *Cirina forda* (Westwood, 1849) (Lepidoptera: Saturniidae). *Ecologica Montenegrina* 45: 12-15 (2021). <http://dx.doi.org/10.37828/em.2021.45.3>
- Stahl, E., Hilfiker, O., and Reymond, P., 2018. Plant–arthropod interactions: who is the winner? *The Plant Journal* 93(4): 703–728 <https://doi.org/10.1111/tpj.13773>
- Stireman, J.O., Dyer, L.A., Janzen, D.H., Singer, M., Lill, J., Marquis, R.J., Ricklefs, R.E., Gentry, G., Hallwachs, W., and Coley, P.D., 2005. Climatic unpredictability and parasitism of caterpillars: Implications of global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102(48), 17384–17387 <https://doi.org/10.1073/pnas.0508839102>
- Stone, S.E., 1991. Foodplants of World Saturniidae. *Memoirs of the Lepidopterists' Society* 4: 1-186 <https://www.lepsoc.org/catalog/memoirs>
- Suliman, G.M., Al-Owaimer, A.N., Swelum, A.A., Alhotan, R., Qaid, M.M., Azzam, M.M., Hussein, E.O.S., 2023. Does slaughter age affect amino acids and fatty acids profiles and health and nutritional values of male and female ROSS 308 broiler chicken breast muscle? *Poultry Science* 102(4):103085. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103085>
- Summerville, K.S., Ritter, L.M., Crist, T.O., 2004. Forest moth taxa as indicators of lepidopteran richness and habitat disturbance: a preliminary assessment. *Biological Conservation* 116(1): 9-18 [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(03\)00168-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00168-X).
- Suwarno, Salmah, M.R.C., Hassan, A.A. and Norani, A., 2007. Effect of different host plants on the life cycle of *Papilio polytes* Cramer (Lepidoptera: Papilionidae) (Common mormon butterfly). *Jurnal Biosains* 18(1): 35-44.
- Tailfer, Y., 1989. The dense forest of Central Africa. Practical identification of the main trees; botanical and systematic approach. Wageningen, Belgium. Vol. 2 1-1271 p.

- Tamesse, J.L., Kekeunou S., Tchouamoa Djuideu, C.L. and Meupia, M.J., 2018. Villagers' knowledge of some edible insects in southern Cameroon: crickets, termites, honeybees and cockchafer. *Journal of Insects as Food and Feed* 4(4): 203-209. [https://doi.org/ 10.3920/JIFF2017.0077](https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0077)
- Tan, X., Yang, H.S., Wang, M., Yi, Z.F., Ji, F.J., Li, J.Z. and Yin, Y.L., 2020. Amino acid digestibility in housefly and black soldier fly prepupae by growing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 263:1-7. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci2020.114446>
- Tang, C., Yang, D., Liao, H., Sun, H., Liu, C., Weil, L. and Fanfan, L., 2019. Edible insects as food source: a review. *Food Production, Processing and Nutrition* 1(8): 1-8. <https://doi.org/10.1186/s43014-019-0008-1>
- Tansil, F., Pezzali, J.G., Cargo-Froom, C., Huber, L.A., Kiarie, E.G., Courtney-Martin, G., Levesque, C.L., Shoveller, A.K., 2023. Evaluation of standardized ileal digestibility of amino acids and metabolic availability of methionine, using the indicator amino acid oxidation method, in black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) meal fed to growing pigs. *Journal of Animal Science* 101: 1-12 <https://doi.org/10.1093/jas/skac420>
- Tekulsky, M., 2015. The art of butterfly gardening: How to make your backyard in to beautiful home for butterflies, Skyhorse publishing, New York, NY
- Thériault, S., Otis, G., 2003. Le droit et la sécurité alimentaire. *Les Cahiers de droit* 44(4) : 573-596 <https://doi.org/10.7202/043768ar>
- Thiombiano, A., Ouoba, P. & Guinko, S., 2002. Place des Combretaceae dans la société gourmantché à l'est du Burkina Faso. *Etudes flore et la végétation de Burkina Faso et des pays environnants* 7 : 17-22
- Tighiouart, K., 2021. Effets des interactions trophiques complexes sur la structure et la stabilité des communautés d'arthropodes : implications pour le biocontrôle. Thèse de doctorat. Université de la Réunion 218 pp.
- Tollens, E., 2003. « Sécurité alimentaire à Kinshasa : un face à face quotidien avec l'adversité » ; Working Paper, n°82, Département d'Economie Agricole et de l'Environnement, Katholieke Universiteit Leuven 42 pp.
- Tonon, F., Di Bella, S., Giudici, F., Zerbato, V., Segat, L., Koncan, R., Misin, A., Toffoli, B., D'Agaro, P., Luzzati, R., Fabris, B., Bernardi, S., 2022. Discriminatory Value of Adiponectin to Leptin Ratio for COVID-19 Pneumonia. *International Journal of Endocrinology* 2022(11):1-9 <https://doi.org/10.1155/2022/9908450>
- Torrellio, L., 2022. République démocratique du Congo : les prémices de la transformation d'un système économique. *Macroéconomie et*

- Développement. Working Paper Éditions Agence française de développement. N° 45 : 1-44
- Traoré, L., Ouedraogo, I., Ouedraogo, A. et Thiombiano, A., 2011. Perceptions, usages et vulnérabilité des ressources végétales ligneuses dans le Sud-Ouest du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 5(1): 258-278 <https://doi.org/10.4314/jjbc.v5i1.68103>
- Traughber, Z.T., He, F., Hoke, J.M., Davenport, G.M., Rodriguez-Zas, S.L., Southey, B.R., de Godoy, M.R.C., 2021. Ancient grains as novel dietary carbohydrate sources in canine diets, *Journal of Animal Science* 99(6): 1-13 <https://doi.org/10.1093/jas/skab080>
- Tungmunnithum, D., Thongboonyou, A., Pholboon, A., Yangsabai, A., 2018. Flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants for pharmaceutical and medical aspects: an overview. *Medicines (Basel, Switzerland)* 5(3):93 <https://doi.org/10.3390/medicines5030093>
- Tuwisana Masunda, A., Inkoto, C.L., Bongo, G.N., Oleko Wa Oloko, J.D., Ngbolua, K.N., Tshibangu, D.S.T., Tshilanda, D.D., Mpiana, P.T., 2019. Ethnobotanical and Ecological Studies of Plants Used in the Treatment of Diabetes in Kwango, Kongo Central and Kinshasa in the Democratic Republic of the Congo. *International Journal of Diabetes and Endocrinology*. 4(1): 18-25. <https://doi.org/10.11648/j.ijde.20190401.14>
- Twine, W., Moshe, D., Netshiluvhi, T. and Siphugu, V., 2003. Consumption and direct-use values of savanna bio-resources used by rural households in Mametja, a semi-arid area of Limpopo province, South Africa. *South African Journal of Science* 99(9-10): 467-473. Available at: <https://hdl.handle.net/10520/EJC97689>
- Tzompa-Sosa, D.A., Yi, L.Y., Van Valenberg, H.J.F., Van Boekel, M.A.J.S., Lakemond, C.M.M., 2014. Insect lipid profile: Aqueous versus organic solvent-based extraction methods. *Food Research International* 62: 1087-1094 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.05.052>
- UE (Union Européenne), 2006. Règlement N° 1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. *Journal officiel de l'Union européenne* L364/5 20 pp.
- Ukoha, P.O., Cemaluk, E.A., Nnamdi, O.L., Madus, E.P., 2011. Tannins and other phytochemical of the *Samanea saman* pods and their antimicrobial activities. *African Journal of Pure and Applied Chemistry*. 5(8): 237-44.
- Umba di M'balu, J., Pululu, B.H., Mumba D.A., Bamuene, S.D. et Khasa, D., 2023. Conception d'un modèle entomo-agroforestier à légumineuses restauratrices de

- fertilité et nourricières de *Cirina forda*. Journal of Animal et Plant Sciences 55(1): 710043-10052 <https://doi.org/10.35759/JAnmPISci.v55-1.4>
- Uzoekwe, N.M., Hamilton-Amachree, A., 2016. Phytochemicals and nutritional characteristics of ethanol extract of the leaf and bark of Njangsa (*Ricinodendron Heudelotii*) Plant. Journal of Applied Sciences and Environmental Management. 20 (3): 522 – 527 <http://dx.doi.org/10.4314/jasem.v20i3.5>
- Vandermeersch, C., 2018. Caractéristiques des produits issus de l'élevage d'insectes, débouchés et usages de ces produits, précautions et mises en garde. Thèse. Sciences pharmaceutiques. Université de Bordeaux. Available at : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01711123>
- Van Hecke, E., 2024. L'évolution des consommations alimentaires dans le monde », Belgeo [En ligne], 1 | 2024, mis en ligne le 22 février 2024, consulté le 27 mai 2024. <https://doi.org/10.4000/belgeo.65772>
- Van Huis, A., 2003. Insects as food in sub-Saharan Africa. Insect Science and its Application 23(3): 163-185. <https://doi.org/10.1017/S1742758400023572>
- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. and Vantomme, P., 2014. Insectes comestibles : perspectives pour la sécurité alimentaire et l'alimentation animale. FAO, Rome, Italy, 207 pp. Available at: <http://www.fao.org/3/a-i3253f.pdf>
- Van Huis, 2016. Edible insects are the future? Proceedings of The Nutrition Society 75(3): 294-305 <https://doi.org/10.1017/S0029665116000069>
- Van Huis, A., 2020. Importance of insects as food in Africa. In: Mariod, A.A. (ed.) African edible insects as alternative source of food, oil, protein and bioactive components. Springer Nature, Cham, Switzerland, pp. 1-17. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3>
- A. van Huis, A. Halloran, J. Van Itterbeeck, H. Klunder and P. Vantomme, 2022. How many people on our planet eat insects: 2 billion? *Journal of Insects as Food and Feed*, 2022; 8 (1): 1-4
- Van Itterbeeck, J., Pelozuelo, L. 2022. How many edible insect species are there? A not so simple question. *Diversity* 14(143): 1-11 <https://doi.org/10.3390/d14020143>
- Vantomme, P., Göhler, D. and 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* 4(3): 1-4.
- Vincent, A., Grande, F., Compaoré, E., Amponsah Annor, G., Addy, P.A., Aburine, L.C., Ahmed, D., Bih Loh, A.M., Dahdouh Cabia, S., Deflache, N., Dembélé, F.M., Dieudonné, B., Edwige, O.B., Ene-Obong, H.N., Fanou Fogny, N.,

- Ferreira, M., Omaghomí Jemide, J., Kouebou, P.C., Muller, C., Nájera Espinosa, S., Ouattara, F., Rittenschöber, D., Schönfeldt, H., Stadlmayr, B., van Deventer, M., Razikou Yiagnigni, A. and Charrondière, U.R., 2020. FAO/INFOODS Food Composition Table for Western Africa. User Guide & Condensed Food Composition Table/Table de composition des aliments FAO/INFOODS pour l'Afrique de l'Ouest (2019). Guide d'utilisation & table de composition des aliments condensée. Rome, FAO.
- Vivre en ville, 2022. Nourrir tous les milieux : trousse d'accompagnement pour la réalisation d'un portrait-diagnostic de l'accès à une saine alimentation. Version 1.0 Collection Vers des collectivités viables 220 pp.
- von Grebmer, K., Bernstein, J., Wiemers, M., Reiner, L., Bachmeier, M., Hanano, A., Ní Chéilleachair, R., Foley, C., Sheelhan, T., Gitter, S., Larocque, G., and Fritschel, H., 2023. Global Hunger Index. The power of youth in shaping food systems. Bonn: Welthungerhilfe; Dublin: Concern Worldwide. 62 pp.
- Wagner, M.R., Cobbinah, J.R. and Bosu, P.P., 2008. Forest Entomology in West Tropical Africa: Forests Insects of Ghana. Second Edition. Springer. Vol. Second Edition 305 pp.
- Wang, H., Holloway, J., Janz, N., Braga, M.P., Wahlberg, N., Wang M., Nylin, S., 2017. Polyphagy and diversification in tussock moths: Support for the oscillation hypothesis from extreme generalists. *Ecology and Evolution* 7 (19): 7975-7986. <https://doi.org/10.1002/ece3.3350>
- WHO (World Health Organization), 2002. The World health report 2000: Reducing risks, promoting healthy life. Geneva, World Health Organization 236p. <http://www.who.int/whr/2002/>
- Wiemers, M., Bachmeier, M., Hanano, A., Ní Chéilleachair, R., Vaughan, A., Foley, C., Mann, H., Weller, D., Radtke, K. and Fritschel, H., 2024. Global Hunger Index. How gender justice can advance climate resilience and zero hunger. Bonn: Welthungerhilfe; Dublin: Concern Worldwide. 66 pp. www.fsinplatform.org/grfc2024
- Wijendran, V., Bell, S.J., 2019. Relationship of Dietary Sodium, Potassium and The Sodium-to-Potassium Ratio to Blood Pressure. *Journal of Medical - Clinical Research & Reviews* 3(5): 1-5
- Wink, 2013. Evolution of secondary metabolites in legumes (Fabaceae). *South African Journal of Botany* 89: 163-175 <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2013.06.006>

- Wolfe, K.L. and Pescador, A., 1994. *Caio richardsoni*: its immature stages and natural history (Lepidoptera: Saturniidae: Arsenurinae). *Tropical Lepidoptera* 5(1):29-32
- Womeni, H.M., Linder, M., Tiencheu, B., Mbiapo, F.T., Villeneuve, P., Fanni, J. and Parmentier, M. 2009. Oils of insects and larvae consumed in Africa: potential sources of polyunsaturated fatty acids. *Oléagineux Corps Gras Lipides*, 16(4): 230–235. <https://doi.org/10.1051/ocl.2009.0279>
- Woodhall, S., Coetzer, A., Webb, P., Gardiner, A., 2024. Qu'est-ce qui mange les papillons (et les mites !). *L'Écho du Léopard*. <https://le.kloofconservancy.org.za/what-eats-butterflies-and-moths/>
- WRI (World Resources Institute) et MECNT (Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature et Tourisme de la République Démocratique du Congo). 2010. Atlas forestier interactif de la République Démocratique du Congo - version 1.0 : Document de synthèse. Washington, D.C. : World Resources Institute 68 p.
- Yabuda, K.H., Mbembo, M.B., Bongo, N.G., Gbendo, G.T., Tshil, M.F., Kogba, S.L. and Ngbolua K.N., 2019. Contribution to the ecological study of edible caterpillars in Gbado-lite city and its surroundings, Nord-Ubangi, Democratic Republic of the Congo. *Plants and Environment* 1(2): 109-114.
- Yakubu, O.F., Adebayo, A.H., Famakinwa, T.O., Adebite, O.S., Ishola, T.A., Imonikhe, L.O., Adeyemi, O.A., Awotoye, O.A. et Iweala, E.E.J., 2018. Antimicrobial and toxicological studies of *Ricinodendron heudelotii* (Baill.). *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research* 11(1): 299-305. <http://dx.doi.org/10.22159/ajpcr.2018.v11i1.21251>
- Yemoa, A., Gbenou, J., Affolabi, D., Moudachirou, M., Bigot, A., Anagonou, S., Portaels, F., Martin, A., Quetin-Leclercq, J., 2015. Beninese Medicinal Plants as a Source of Antimycobacterial Agents: Bioguided Fractionation and In Vitro Activity of Alkaloids Isolated from *Holarrhena floribunda* Used in Traditional Treatment of Buruli Ulcer. *BioMed Research International* 2015(3):1-5 <http://dx.doi.org/10.1155/2015/835767>
- Yuma-Amornpitak, T., Luchai Butkhur, L., Pa-Nag Yeunyaw, P.N., 2020. Amino acids and antioxidant activities of extracts from wild edible mushrooms from a community forest in the Nasrinual District, Maha Sarakham, Thailand. *Food Science and Technology Campinas*, 40(3): 712-720 <https://doi.org/10.1590/fst.18519>
- Zalucki, M.P., Clarke, A.R., Malcolm, S.B., 2002. Ecology and behavior of first instar larval Lepidoptera. *Annals Review of Entomology* 47: 361-393 <http://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145220>

ANNEXES

ANNEX 1

SURVEY QUESTIONNAIRE / KWILU

No. card.....

Name of investigator:

Date.....

Place.....

A. Demographic information

Name of respondent.....

Sex: M W

Age: 15- 20 years 21- 30 years 31- 40 years 41- 50 years > 50 years

Education: Primary Secondary Humanities University Other

Profession:

B. Main part

1. How long have you been collecting edible caterpillars?

A. 0 to 10 years B. 11 to 20 years C. 21 to 30 years D. > 30 years

2. Complete this table on the caterpillars that are currently being harvested by giving the vernacular names of each caterpillar and its host plant(s) in your language (please specify) and if possible, in another related language.

| N° | Names of the caterpillars collected | | Names of their host plants | |
|----|-------------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|
| | Ethnicity of origin | Neighboring ethnicity | Ethnicity of origin | Neighboring ethnicity |
| | | | | |

3. Indicate for each of the species mentioned, the habitat (Primary forest - "mbalaka", Secondary Forest, savannah), month(s) of collection, duration of collection, quantity collected per day (number of yellow ekolos = 1 kg), method(s) of collection (manual collection, tree felling, branch pruning, other to be specified), the proportion of sales (25%, 50%, 75%, 100%) and the price per sales unit.

| Caterpillar number | Habitat | Month/pickup | Duration/collection | Quantity harvested | Fashion/picking | ratio / sale | Price/sale |
|--------------------|---------|--------------|---------------------|--------------------|-----------------|--------------|------------|
| | | | | | | | |

4. What species of caterpillars do you currently harvest but did not exist in your area in the past?

Answers/.....
.....

And this for how many years already:

A. < 1 year (current year) B. 1 to 3 years C. 4 to 6 years D. 7 to 10 years

5. Give the local names (in your language and if possible, in another language to be specified) of the caterpillars that have disappeared in your area, as well as those of their host plants.

| N° | Names of the missing caterpillars | | Names of their host plants | |
|----|-----------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|
| | Ethnicity of origin | Neighboring ethnicity | Ethnicity of origin | Neighboring ethnicity |
| | | | | |

6. For each of the disappeared caterpillars (according to their number), indicate the habitat, the month of collection, the method of collection, the period when you noticed the disappearance, the probable causes of disappearance (felling of trees, deforestation, non-respect of customary rules) and the taste value (very good, good, fairly good).

| Caterpillar number | Habitat | Month/pickup | Fashion/picking | Report of disappearance | Probable causes of disappearance | Gustatory value |
|--------------------|---------|--------------|-----------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------|
| | | | | | | |

NB: For the collection of samples, please always collect about 500 g of fresh caterpillars and 500 g of its feeder leaves from the same place. The same caterpillar species should be collected from three different villages (or locations) if possible (*i.e.*, three replicates to make 1.5 kg of each material). Never mix them. For caterpillars, weigh them, clean them and put them in the freezer if possible; if not, dry them (as well as the leaves), always separated according to the samples, under cover at a maximum temperature of 40°C.

Thank you very much

ANNEXE 2 : Usage médicinal des plantes hôtes des chenilles et leur importance culturelle (IC) en termes des citations des maladies soignées : ID = Idiofa ; MS = Masi-Manimba

| Plante hôte | Maladie | IC ID | IC MS |
|--------------------------------|--|-------|-------|
| <i>Albizia adianthifolia</i> | Asthénie générale, asthme, céphalées, conjonctivite, diabète, douleur gastrique, fracture, hémorroïde, hernie, morsure du serpent, otite, rhumatisme | 9,38 | 9,77 |
| <i>Albizia lebbek</i> | Hépatite | 0,88 | 0,91 |
| <i>Alstonia congensis</i> | Asthénie générale, diarrhée, douleur abdominale, dysménorrhées, hémorroïde, rhumatisme | 4,33 | 4,61 |
| <i>Amphimas pterocarpoides</i> | Anémie | 00 | 0,40 |

| | | | |
|------------------------------------|---|------|------|
| <i>Antidesma membranaceum</i> | Diabète, douleur gastrique | 1,76 | 0,87 |
| <i>Brachystegia laurentii</i> | Hernie, maux des dents, rhumatisme | 0,41 | 0,29 |
| <i>Burkea africana</i> | Epilepsie, toux | 0,27 | 0,70 |
| <i>Combretum racemosum</i> | Abcès, céphalées, douleur abdominale, douleur intercostale, dysménorrhées, épistaxis, hémorroïde, plaies, rhumatisme, rougeole, | 7,13 | 7,17 |
| <i>Entandrophragma angolense</i> | Douleur gastrique, otite, dysfonctionnement rénal, ulcère | 3,04 | 2,89 |
| <i>Entandrophragma cylindricum</i> | Complication de l'accouchement | 0,52 | 0,58 |
| <i>Eriosema psoraleoides</i> | Asthme, douleur abdominale, TBC | 0,83 | 2,50 |
| <i>Erythrophleum africanum</i> | Epilepsie, maux de dents, rhumatisme | 0,83 | 1,37 |
| <i>Funtumia africana</i> | Abcès, diarrhée, douleur gastrique, hémorroïde, paludisme | 3,61 | 3,23 |
| <i>Mitragyna stipulosa</i> | Douleur abdominale, douleur gastrique, dysménorrhées, Epilepsie, hémorroïde, hernie, lombalgie, mastodynie, menace d'avortement, pneumonie, troubles mentaux, verminose | 8,03 | 9,78 |
| <i>Holarrhena floribunda</i> | Aménorrhée, diabète, diarrhée, fièvre, paludisme | 4,71 | 5,14 |
| <i>Hymenocardia acida</i> | Anémie, courbatures, diarrhée, grippe, morsure du serpent, œdèmes, palpitations cardiaques, polyménorrhées, toux, vertiges | 3,90 | 7,70 |
| <i>Hyparrhenia diplandra</i> | Fausse couches | 0,00 | 0,09 |
| <i>Imperata cylindrica</i> | Morsure du serpent, palpitations cardiaques, toux | 0,00 | 2,34 |
| <i>Leptoderris fasciculata</i> | Hernie, maladie des ongles, paludisme, | 1,02 | 1,40 |
| <i>Macaranga monandra</i> | Impuissance sexuelle, stérilité | 1,44 | 1,48 |
| <i>Milicia excelsa</i> | Carie-dentaire, filariose, gale, paludisme, rhumatisme | 3,76 | 4,23 |
| <i>Millettia drastica</i> | Asthénie Générale, carie-dentaire, diarrhée, hémorroïde, oreillon, stérilité, verminose | 6,19 | 6,13 |
| <i>Millettia eetveldeana</i> | Diabète, dysménorrhée, épilepsie, laryngite, ménorragie, rhumatisme, sciatique, varicelle, variole | 5,12 | 6,98 |
| <i>Millettia laurentii</i> | Diabète, hémorroïde, lombalgie, | 1,71 | 2,48 |

| | | | |
|------------------------------------|--|-------|-------|
| <i>Milletia versicolor</i> | Dysfonctionnement des reins, épilepsie, impuissance sexuelle, mycose, | 2,71 | 2,52 |
| <i>Caloncoba welwitshii</i> | Carie-dentaire, céphalées, complication accouchement, douleur oculaire, douleur post-accouchement, fausses couches, hémorroïde, hernie, menace d'avortement, paludisme, rhumatisme, rougeole, troubles mentaux, verminose | 11,28 | 11,21 |
| <i>Pentaclethra eetveldeana</i> | Varicelle, variole | 1,76 | 1,82 |
| <i>Pentaclethra macrophylla</i> | Céphalées, constipation, douleur gastrique, fracture, hémorroïde, hernie, hypertension, morsure du serpent, rhumatisme, troubles mentaux | 8,99 | 9,11 |
| <i>Petersianthus macrocarpus</i> | Anémie, céphalées, diabète, douleur gastrique, douleur post-accouchement, hémorroïde, jaunisse, MST, microfilaires, œdèmes, plaies, pneumonie, stérilité | 11,16 | 10,50 |
| <i>Piptadeniastrum africanum</i> | Abcès, carie-dentaire, convulsions, douleur abdominale, dysfonctionnement rénal, lombalgie, MST, plaies, rhumatisme, verminose | 9,23 | 9,49 |
| <i>Pycnanthus angolensis</i> | Carie-dentaire, toux, troubles mentaux | 0,00 | 1,09 |
| <i>Ricinodendron heudelotii</i> | Abcès, anémie, constipation, diarrhée, douleur gastrique, dysfonctionnement rénal, dysménorrhée, fausses couches, fièvre, fièvre typhoïde, impuissance sexuelle, jaunisse, MST, Menace d'avortement, morsure du serpent, œdèmes, rhumatisme, stérilité, toux, troubles mentaux | 16,20 | 16,00 |
| <i>Nauclea latifolia</i> | Ascite, convulsions, diabète, dysfonctionnement des reins, Epilepsie, MST | 2,71 | 3,20 |
| <i>Sterculia tragacantha</i> | Complication de l'accouchement, lombalgie, rhumes, toux | 2,68 | 3,27 |
| <i>Symphonia globulifera</i> | Asthénie générale, impuissance sexuelle, sciatique | 1,28 | 1,62 |
| <i>Trilepisium madagascariense</i> | Douleur gastrique | 0,17 | 0,91 |
| <i>Uapaca guineensis</i> | Asthénie générale, épilepsie, impuissance sexuelle, stérilité | 2,64 | 1,46 |

ANNEX 3

SURVEY QUESTIONNAIRE / KWILU

No. card.....

Name of investigator:

Date.....

Place.....

A. Demographic information

Name of respondent.....

Sex: M W

Age: < 40 years > 40 years

Education: Primary Secondary Humanities University Other

Profession:

B. Main part

1. Do you commonly harvest I. epimethea caterpillars?

A. Oui B. Non

2. On which plants do you harvest them?

Answers/.....

.....

3. What would be, in your opinion, the main host plant for them and why?

Answers/.....

.....

4. Are there any other caterpillars that feed on the leaves of these same host plants?

Which ones?

Answers/.....

.....

5. Could you please provide further examples of how the local community makes use of these host plants?

Answers/.....

.....