



**REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO**  
**ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET UNIVERSITAIRE**



**UNI 50 / Lwiro**

**D.S. BUKAVU, PROVINCE DU SUD KIVU, RDC**

**(Université Publique des Sciences, Technologies et Innovations pour le Développement)**

**FACULTE DES SCIENCES**

**Département de ZOOLOGIE**

Etude de la biodiversité des insectes pollinisateurs : cas  
de la région de Lwiro, Sud-Kivu, RD Congo

Mémoire présenté et défendu en vue de l'obtention  
du diplôme de Bachelier en Ecologie et Gestion des  
Ressources Animales

**Par : TAYI KARUME Irénée**

Directeur : KUSAMBA Chifundera Zacharie,  
Professeur Associé

Co-Directeur : Ir RUBABURA Kituta Jean  
Augustin, Chef de Travaux

**ANNEE ACADEMIQUE 2021-2022**

**EPIGRAPHERS**

Un pays est à l'image de ses animaux. De la protection qu'on leur accorde. Si les gens ont un comportement bestial envers les animaux, aucune démocratie ne pourra leur venir en aide. Pas plus qu'autre chose d'ailleurs.

**OLGA TOKARCZUK**

Sans abeilles, en quatre ans, plus d'herbe, plus de fruits, plus d'hommes sur terre

**EINSTEIN**

**DÉDICACE**

**A** mes Parents KARUME SHABUYANGE Zacharie et CHIKWANINE Jeannette,

**A** mes Sœurs, Frères et Amis : ANDEMA IRAGI Destin, BONANE NDATABAYI David et autres,

**TAYI KARUME Irénée**

## REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent au Professeur Associé CHIFUNDERA Kusamba Zacharie qui en dépit de ses multiples occupations a approuvé de diriger ce présent travail, pour ses multiples conseils et pour toutes les heures qu'il a consacrées pour nous. Nous avons été extrêmement sensible à ses qualités humaines d'écoute et de compréhension tout au long de ce travail.

Au Chef de Travaux RUBABURA Kituta Jean Augustin, co-Directeur de ce présent travail, merci de m'avoir partagé votre talent sur la taxonomie des insectes, ainsi que pour votre soutien affectif sans faille.

Nos remerciements s'adressent à mon père KARUME Shabuyange Zacharie et Ma mère CHIKWANINE Migabo Jeannette pour la volonté de nous avoir payé les frais scolaires et académiques.

Nos gratitude s'orientent vers nos Camarades et Compagnons de lutte. Nous pensons à LUKOLOLA MIGEZI Claude, ISHARA MIHALI Petit Jésus, NGALYA KYATOKEKWA Sarah et WITANDAYI LWATOMWA Crépin.

En fin nos sincères remerciements s'adressent à nos Frères Juvénal MWIKIZANGABO, Dr MUSOLE Robert, CIRHUZA Didier et nos Sœurs NABINTU Esther, NSHOBOLE Jémima, ZAWADI Divine et SHUKURU Dorcas.

## SIGLES ET ABRÉVIATIONS

**%** : pourcentage

**CRSN** : Centre de Recherche en Sciences Naturelles

**Fam** : famille

**Ind** : individus

**MTES** : Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

**Pi** : abondance relative

**PNKB** : Parc National de Kahuzi-Biega

**RDC** : République Démocratique du Congo

**sp** : espèce

**Uni-50** : Université du Cinquantenaire

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1. Inventaire taxonomique et abondance relative de l'entomofaune pollinisatrice dans la région de Lwiro .....	15
Tableau 2. Richesse spécifique (S) par ordre taxonomique au sein des trois biotopes. ....	18

**LISTE DES FIGURES**

Figure 1. Appareil buccal d'une abeille à langue longue ( Eardley et al., 2010). .....	8
Figure 2. Localisation de sites d'échantillonnage .....	12
Figure 3. Proportions des ordres de l'entomofaune de Lwiro.....	16
Figure 4. Structure de la communauté et distribution des abondances .....	17
Figure 5. Indices de Shannon, de Pielou et de Simpson dans chaque biotope .....	19
Figure 6. Pourcentage de similarité entre les biotopes .....	20

## TABLE DE MATIERE

EPIGRAPHES .....	I
DÉDICACE.....	II
REMERCIEMENTS .....	III
SIGLES ET ABRÉVIATIONS .....	IV
LISTE DES TABLEAUX .....	V
LISTE DES FIGURES .....	VI
RESUME.....	X
ABSTRACT .....	XI
CHAPITRE I. INTRODUCTION .....	1
1.1. Aperçu général.....	1
1.2. La problématique.....	2
1.3. Questions de recherche.....	2
1.4. Hypothèses .....	3
1.5. Objectifs de la recherche .....	3
1.6. Choix du sujet.....	3
1.7. Intérêt du sujet .....	4
1.8. Période d'étude .....	4
1.9. Subdivision du travail.....	4
CHAPITRE II. REVUE DE LITTERATURE .....	5
2.1. La pollinisation.....	5
2.1.1. Définition de la pollinisation .....	5
2.1.2. Les modes de pollinisation .....	5
2.1.3. Importance agro-économique et écologique de la pollinisation.....	6
2.2. Les différents ordres des insectes pollinisateurs .....	6
2.2.1. Aperçu général.....	6
2.2.2. Les coléoptères .....	6
2.2.3. Les diptères.....	7
2.2.4. Les lépidoptères.....	7
2.2.5. Les hyménoptères .....	7
2.3. Relation plantes-pollinisateurs .....	8
2.3.1. Coévolution et adaptations morphologiques .....	8
2.3.2. Les syndromes de pollinisation .....	9

2.3.3. Signaux visuels et guides nectarifères .....	9
<b>CHAPITRE III. MATÉRIELS ET MÉTHODES .....</b>	<b>10</b>
3.1. Milieu d'étude .....	10
3.1.1. Localisation et cadre géographique .....	10
3.1.2. Climat, sol et végétation .....	10
3.1.3. Description des sites d'échantillonnage (Biotopes) .....	11
3.2. Méthodologie.....	12
3.2.1. Échantillonnage et collecte des données .....	12
3.2.2. Identification taxonomique.....	13
3.2.3. Analyse statistique des données .....	13
<b>CHAPITRE IV. PRESENTATION DES RÉSULTATS .....</b>	<b>15</b>
4.1. Etat des lieux et Structure de l'entomofaune.....	15
4.1.1 Composition taxonomique globale.....	15
4.1.2. Richesse spécifique et abondance .....	17
4.2. Ecologie comparative de biotopes.....	18
4.3. Analyse de la stabilité et de la similarité écologique .....	18
4.3.1. Equilibre des milieux.....	19
4.3.2. Similarité et connectivité.....	20
<b>CHAPITRE V. DISCUSSION DE RESULTATS .....</b>	<b>22</b>
5.1. Structure taxonomique des pollinisateurs et dominance des Hyménoptères.....	22
5.2. Organisation des abondances et hiérarchisation des espèces .....	23
5.3. Rôle structurant des jachères dans la conservation des pollinisateurs .....	23
5.4. Simplification écologique des champs cultivés.....	24
5.5. Particularité écologique du milieu marécageux .....	24
5.6. Connectivité écologique et similarité des habitats .....	25
5.7. Implications pour la gestion durable des paysages agricoles du Sud-Kivu.....	25
<b>CHAPITRE VI. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>26</b>
6.1. Conclusion.....	26
6.2. Recommandations .....	26
1. Conservation des habitats semi-naturels .....	26
2. Promotion d'une agriculture écologiquement intégrée .....	27
3. Renforcement de la recherche scientifique locale .....	27
4. Sensibilisation et formation.....	27
6.3. Perspectives de recherche.....	27

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	28
ANNEXES .....	36

## RESUME

La diversité des insectes pollinisateurs constitue un indicateur majeur du fonctionnement écologique des agroécosystèmes tropicaux. Dans la région de Lwiro, au Sud-Kivu (République Démocratique du Congo), les connaissances sur la structuration des communautés de pollinisateurs restent limitées malgré l'importance de l'agriculture locale.

La présente étude vise à analyser la composition taxonomique, la diversité et la similarité des communautés d'insectes pollinisateurs dans trois biotopes contrastés de 1 hectare chacun : une jachère, un champ cultivé et un milieu naturel marécageux. L'échantillonnage a été effectué à l'aide d'un filet entomologique, et les spécimens collectés ont été identifiés au niveau spécifique ou morphospécifique. L'analyse écologique s'est appuyée sur les indices de Shannon-Weaver ( $H'$ ), de Simpson ( $D$ ), d'équitabilité de Pielou ( $J$ ) et de similarité de Sorensen ( $C_s$ ).

Les résultats révèlent une dominance nette des Hyménoptères dans l'ensemble des biotopes, confirmant leur rôle structurant dans les réseaux de pollinisation tropicaux. La distribution des abondances met en évidence une organisation caractérisée par quelques espèces dominantes et un ensemble d'espèces rares. La jachère présente les valeurs les plus élevées de richesse spécifique et de diversité (indices de Shannon et de Simpson), soulignant son rôle de réservoir écologique. Le champ cultivé affiche une diversité réduite, traduisant un effet de simplification lié aux pratiques agricoles. Le milieu marécageux présente également une diversité plus faible, probablement en raison de contraintes écologiques spécifiques.

La similarité plus élevée entre la jachère et le champ cultivé indique une connectivité écologique fonctionnelle au sein du paysage étudié. Ces résultats mettent en évidence l'importance des habitats semi-naturels pour la conservation des pollinisateurs dans les agroécosystèmes du Sud-Kivu.

**Mots-clés :** insectes pollinisateurs ; diversité spécifique ; indice de Shannon ; indice de Simpson ; biotopes ; jachère ; Lwiro ; Sud-Kivu ; République Démocratique du Congo.

## ABSTRACT

Pollinator diversity is a key indicator of ecological functioning in tropical agroecosystems. In Lwiro, South Kivu (Democratic Republic of the Congo), information on the structure of insect pollinator communities remains limited despite the importance of local agriculture.

This study aimed to assess the taxonomic composition, diversity, and similarity of insect pollinator communities across three contrasting one-hectare habitats: fallow land, cultivated field, and natural marsh ecosystem. Sampling was conducted using sweep nets, and collected specimens were identified to species or morphospecies level. Ecological analyses were based on the Shannon–Weaver index ( $H'$ ), Simpson's diversity index ( $D$ ), Pielou's evenness index ( $J$ ), and Sorensen's similarity index ( $C_s$ ).

Results show a clear dominance of Hymenoptera across all habitats, confirming their structuring role in tropical pollination networks. Species abundance distribution reveals a pattern characterized by a few dominant species and numerous rare species. Fallow land exhibited the highest species richness and diversity values (Shannon and Simpson indices), highlighting its function as an ecological reservoir. The cultivated field showed lower diversity, reflecting ecological simplification associated with agricultural practices. The marsh ecosystem also displayed reduced diversity, likely due to specific environmental constraints.

Higher similarity between fallow land and cultivated field indicates functional ecological connectivity within the studied landscape. These findings emphasize the importance of semi-natural habitats for pollinator conservation in South Kivu agroecosystems.

**Keywords:** insect pollinators; species diversity; Shannon index; Simpson index; habitats; fallow land; Lwiro; South Kivu; Democratic Republic of the Congo.

## CHAPITRE I. INTRODUCTION

### 1.1. Aperçu général

Les insectes constituent un groupe important de la biodiversité du règne animal et jouent un rôle écologique remarquable comme bio-indicateurs de l'état des écosystèmes (Oudjiane *et al.* 2014). Ils interagissent à de multiples niveaux au sein des écosystèmes. Ils sont alors à l'origine de différents services (Loreau, 2000 ; Lavelle *et al.*, 2006). D'après Wratten *et al.* (2007), les milieux naturels et les agrosystèmes renferment souvent une faune entomologique typique et riche en espèces.

Plusieurs auteurs tels qu'Andersen *et al.* (2002), Hites *et al.* (2004), Rohr *et al.* (2006) cité par Groc(2007) montrent dans leurs études que la reconnaissance des insectes dans les processus touchant les écosystèmes et comme composants majeurs de la biodiversité a provoqué progressivement une augmentation significative de leur représentation. Cependant, leur incorporation dans les études en particulier pour les écosystèmes terrestres est plutôt considérée comme onéreuse (Andersen *et al.* .2002 ; New, 1996 ; Oliver & Beattie, 1996 ; Schnell *et al.*, 2003 cité par Groc,2007).

Par ailleurs, la pollinisation est un facteur clé dans la reproduction sexuée de nombreuses espèces végétales. La symbiose entre les insectes et les plantes permet le maintien de la biodiversité. Il se fait grâce à la pollinisation croisée et la pérennisation de certains écosystèmes. Cette activité de pollinisation par les insectes a une contribution importante dans l'amélioration de la qualité et de la quantité des fruits et de légumes (Vaissière, 2005).

Ainsi, la connaissance des insectes pollinisateurs des différentes plantes cultivées est très importante. La protection des populations d'insectes pollinisateurs devient alors plus que nécessaire pour préserver la sécurité alimentaire et l'état des écosystèmes.

L'Indice Planète Vivante (2020) montre que la population animale mondiale a diminué de 68 % en moyenne en moins d'un siècle. Le rapport Global Risks (2020) du Forum Economique Mondial montre que les cinq défis les plus urgents auxquels l'Afrique sera confrontée au cours de la prochaine décennie sont tous liés à l'environnement. Ils incluent la perte de biodiversité (WWF, 2020). D'après Peter *et al.* (2012) à peu près 1,3 million d'espèces des insectes sont décrites alors qu'ils constituent 55 % de la biodiversité animale (Mawdsley and Stork, 1995). Leur biomasse est estimée 300 fois supérieure à celle des autres classes du règne animal. Selon Wilson (2008), les insectes sont décrits comme “ les petites choses qui font tourner le monde”.

En Afrique, le déclin des espèces insectes varie selon les espèces et plusieurs chercheurs s'accordent à dire que les causes sont presque toutes d'origine anthropique (MTES, 2019).

## **1.2. La problématique**

Bien que la recherche sur la diversité entomologique en République Démocratique du Congo (RDC) ait connu un essor significatif depuis deux décennies (Lukoki, 2021), la connaissance de l'entomofaune demeure fragmentaire et inégalement répartie sur le territoire national (Milau et al., 2020). À ce jour, un déséquilibre géographique subsiste : si l'ouest du pays, notamment Kinshasa et le Kongo-Central, ainsi que la province de la Tshopo ont bénéficié de nombreuses investigations (Kapiamba, 1980 ; Badjedjea, 2006 ; Desclée, 2017 ; Bukaka et al., 2020 ; Lukoki et al., 2021), l'Est du pays, malgré les travaux récents de Rubabura et al. (2019, 2020, 2021), reste encore largement sous-exploré.

À cette disparité géographique s'ajoute un biais taxonomique majeur. La majorité des études se sont focalisées sur des groupes spécifiques tels que les moustiques, les papillons, les mouches des fruits ou les abeilles, délaissant d'autres taxons essentiels comme les coléoptères. Pourtant, selon Biot, (2011) ce manque de données est d'autant plus préoccupant que les populations d'insectes subissent un déclin mondial sans précédent sous l'effet de pressions anthropiques multiples.

Dans la province du Sud-Kivu, et plus spécifiquement dans la région de Lwiro, le déficit de connaissances est frappant. Si les travaux de Paul et al. (2015) sur la rivière Kalango ont révélé une abondance exceptionnelle d'insectes dans le groupement de Bugorhe, leur étude s'est strictement limitée à la faune aquatique. Or, les insectes pollinisateurs, véritables piliers de la stabilité des écosystèmes et de la sécurité alimentaire par leur rôle dans l'amélioration de la production agricole (Vaissière, 2015), n'ont fait l'objet d'aucune recherche systématique dans cette région.

## **1.3. Questions de recherche**

Quand à cette recherche, il nous a été d'une grande importance d'orienter les questions de la manière suivante :

- Quels sont les insectes pollinisateurs rencontrés à Lwiro ?
- Quelle est la composition de la biodiversité des insectes pollinisateurs de Lwiro ?
- Existe-t-il des biotopes qui soient plus diversifiés en insectes pollinisateurs que les autres à Lwiro ?

## **1.4. Hypothèses**

De ce fait, 3 hypothèses ont été conçues de la manière suivante ;

- La région de Lwiro serait plus diversifiée en termes des insectes pollinisateurs qui seraient composés des hyménoptères, des lépidoptères, des coléoptères et des diptères,
- Au sein de la population des insectes pollinisateurs à Lwiro, certains groupes d'insectes seraient plus abondants que les autres dans les différents les biotopes de Lwiro,
- Certains biotopes de Lwiro seraient plus diversifiés en insectes pollinisateurs que les autres.

## **1.5. Objectifs de la recherche**

### **1.5.1. Objectif principal**

L'objectif principal de cette étude est de caractériser la biodiversité des insectes pollinisateurs dans la région de Lwiro

### **1.5.2. Objectifs Spécifiques**

- Faire la prospection des biotopes et la captures des spécimens d'insectes pollinisateurs
- Déterminer les abondances relatives, des insectes pollinisateurs de la région de Lwiro ainsi que la richesse spécifique de cette région en insectes pollinisateurs
- Comparer les différents biotopes (les jachères, les champs des cultures et milieu naturel) par le biais des indices de biodiversité tels que l'indice de Shannon-Weaver, l'indice de Piélou, l'indice de Simpson et l'indice de Sorensen

## **1.6. Choix du sujet**

Le thème a été orienté sur les insectes pollinisateurs puisqu'ils jouent plusieurs rôles dans la nature. En effet, ils sont des bio-indicateurs des états des écosystèmes. Plus nombreux et les plus diversifiés du règne animal, ils interviennent dans la pollinisation chez les végétaux ainsi que dans la chaîne tropique. Certaines espèces sont menacés d'extinction selon la liste rouge de l'UICN comme le cas des plusieurs espèces d'abeilles sauvages.

## **1.7. Intérêt du sujet**

L'intérêt de ce travail a un triple aspect :

### **1.7.1. Intérêt socio-économique**

L'inventaire des insectes pollinisateurs permet leur conservation puisqu'on ne conserve pas ce qu'on ne connaît pas. Les insectes pollinisateurs garantissent la sécurité alimentaire par leur fonction d'améliorer la productivité chez les végétaux.

### **1.7.2. Intérêt scientifique**

Ce travail met en exergue la richesse spécifique des insectes pollinisateurs de Lwiro et la manière dont ils interagissent avec leur environnement. Le taxon des insectes est le plus diversifié du règne animal.

### **1.7.3. Intérêt personnel**

Personnellement, cette étude va me permettre d'améliorer mes capacités en zoologie animale précisément en entomologie

## **1.8. Période d'étude**

Notre période d'étude va d'Octobre 2022 jusqu'en décembre 2022.

## **1.9. Subdivision du travail**

Ce présent travail est structuré en six chapitres principaux. Le premier chapitre présente l'introduction générale, comprenant le contexte de l'étude, la problématique, les hypothèses, les objectifs ainsi que l'intérêt scientifique du travail. Le deuxième chapitre est consacré à la revue de la littérature, dans laquelle sont développés les fondements théoriques relatifs à la pollinisation entomophile. Le troisième chapitre décrit le milieu d'étude et la méthodologie adoptée. Il présente la région de Lwiro, les caractéristiques des trois biotopes étudiés (jachère, champ cultivé et milieu naturel), les techniques d'échantillonnage ainsi que les méthodes d'analyse des données. Le quatrième chapitre expose les résultats obtenus, présentés de manière descriptive et analytique à l'aide de tableaux et figures. Le cinquième chapitre est consacré à la discussion des résultats, en les confrontant aux données de la littérature scientifique.

Enfin, le sixième chapitre présente la conclusion générale du travail ainsi que les recommandations formulées à l'issue de l'étude.

## CHAPITRE II. REVUE DE LITTERATURE

### 2.1. La pollinisation

#### 2.1.1. Définition de la pollinisation

La pollinisation est un mode de reproduction des plantes angiospermes et gymnospermes. Il s'agit du processus de transport d'un grain de pollen depuis l'étamine (organe mâle) vers les stigmates (organe femelle). Cela peut se faire soit par autofécondation (concerne une minorité de plantes telles que les légumineuses ou les graminées), soit par fécondation croisée c'est-à-dire que le grain de pollen d'une fleur se dépose sur les stigmates d'une autre fleur de la même espèce, faisant souvent intervenir un insecte pollinisateur (Geneves, 1992 ; Pouvreau 2004).

#### 2.1.2. Les modes de pollinisation

Il existe trois modes de pollinisation : l'anémogamie, la zoogamie et l'hydrogamie

- L'anémogamie : correspond au phénomène de transport par le vent. Ce dernier va pouvoir transporter le pollen d'une plante à l'autre. Dans 1/5ème des cas, la fécondation se fait par cette voie
- L'hydrogamie : correspond au transport du pollen par l'eau. Ce phénomène reste très marginal et ne concerne que quelques plantes dont le pollen est de forme très allongée
- La zoogamie : est le transport du pollen par les animaux. C'est le phénomène le plus courant, il concerne 4/5ème de ce cas de pollinisation. Les insectes contribuent à la reproduction de 90% des 250000 espèces angiospermes (espèces à fleurs) recensées dans le monde (Pouvreau, 2004). La pollinisation par les insectes (dite pollinisation entomophile) résulte d'un processus de coévolution. Cela se manifeste notamment par une spécialisation des pièces buccales en fonction du pistil des plantes à polliniser (Vaissiere et *al.*, 2005). Plus de 1000 espèces de vertébrés participent à la pollinisation (Colibris, chauves-souris...), auxquels s'ajoutent de très nombreux insectes. Parmi les insectes, plusieurs ordres sont particulièrement impliqués, comme les lépidoptères, certains coléoptères, les diptères (syrphes notamment) et les hyménoptères (Chagnon, 2008).

### **2.1.3. Importance agro-économique et écologique de la pollinisation**

La pollinisation entomophile est le facteur clé de la reproduction de la majorité des angiospermes. Ecologiquement, c'est aussi un élément primordial pour le maintien de la diversité et de la stabilité des écosystèmes. Elle permet un meilleur brassage génétique. Celui-ci évite la dégénérescence. Elle permet une grande diversité et une résistance accrue des plantes. De ce fait, les insectes pollinisateurs jouent un rôle très important et irremplaçable dans l'évolution des plantes sauvages et cultivées (Vaissiere ,2002).

Par addition près de 75% des plantes angiospermes dépendent des insectes pollinisateurs pour leur reproduction sexuée. Les insectes pollinisateurs constituent ainsi un chaînon essentiel dans l'agriculture et la sécurité alimentaire puisqu'elle forme le vecteur indispensable pour la dissémination de pollen des espèces végétale (Poureau, 1987 ; Vaissiere ,2002 ; Terzo & Ramont, 2007 ; Fourmier, 2008 ; Praz *et al.* 2008 cités par Djebli & Nekkeche, 2016).

En fin l'apport des insectes pollinisateurs aux principales cultures mondiales en 2005 a été évalué à 153 milliards d'euros, ce qui représente 9,5 % de la valeur de la production alimentaire mondiale (Gallai *et al.*, 2009).

## **2.2. Les différents ordres des insectes pollinisateurs**

### **2.2.1. Aperçu général**

On distingue quatre ordres d'insectes ayant une réelle activité sur les fleurs. Le rôle dans la pollinisation des fleurs est lié à leurs caractéristiques morphologiques, Notamment leurs pièces buccales. En fonction de la morphologie de celles-ci, les insectes sont plus ou moins spécialisés dans la pollinisation de certaines fleurs (Pouveau, 2004).

### **2.2.2. Les coléoptères**

Bien que les coléoptères constituent 40% des espèces d'insectes, ils sont les insectes les moins adaptés à la pollinisation des fleurs, en raison notamment de leurs pièces buccales courtes et de leur poids important. L'ordre des Coléoptères regroupe un grand nombre d'espèces xylophages et phytophages. Les adultes peuvent aussi être floricoles (Brown, 1991)

La pollinisation par les coléoptères est ainsi assez brutale et peut causer des dommages aux fleurs (stigmates ou pistils endommagés). Il arrive parfois que ces insectes aient un impact négatif sur les cultures lorsqu'ils sont trop nombreux comme c'est le cas des cétoines par exemple (Pouveau, 2004).

Les coléoptères sont caractérisés par :

- La présence d'élytres, qui sont leurs ailes antérieures épaisses. Elles protègent effacement leur abdomen des agressions extérieures.
- Les ailes postérieures, se replient au repos afin de se détendre.
- Ils disposent de mâchoires puissantes, capables de broyer de nombreux aliments.
- Ces insectes effectuent une métamorphose complète. C'est -à-dire qu'ils naissent sous la forme d'un œuf. Ils deviennent ensuite une petite larve, puis une nymphe, avant d'atteindre l'âge adulte. Ces quatre phases de leur vie sont très régulières chez les coléoptères (Pouvreau, 2004).

### **2.2.3. Les diptères**

Les diptères ont la particularité de ne posséder qu'une paire d'ailes, la seconde est modifiée et réduite pour constituer un balancier ou haltère. L'appareil buccal est généralement de type suceur. On distingue les Nématocères aux antennes filiformes (moustiques) et les Brachycères aux antennes courtes et trapues (mouches). Les larves sont terrestres ou aquatiques, très différentes des imagos dans tous les cas (120000 espèces dans le monde). Les diptères possédant un labium court visitent des fleurs aux nectaires accessibles. Certains ont un labium long qui leur permet d'accéder aux nectars moins accessibles chez certaines fleurs avec une corolle étroite. Parmi eux les syrphes sont de bons pollinisateurs (Pouvreau, 2004)

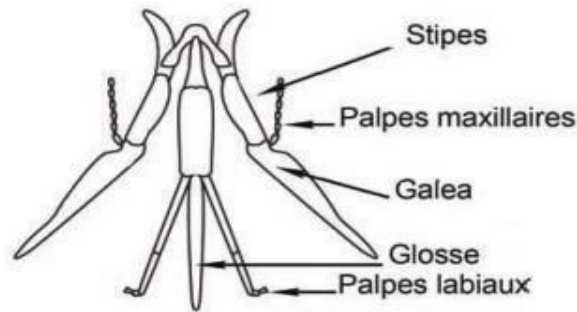
### **2.2.4. Les lépidoptères**

Les Lépidoptères sont un ordre d'insectes holométaboles dont la forme adulte (ou imago) est communément appelée papillon et dont la larve est appelée chenille, et la nymphe chrysalide. Ils se caractérisent à l'état adulte par trois paires de pattes (comme tous les insectes) et par deux paires d'ailes recouvertes d'écailles de couleurs très variées selon les espèces. En outre, Les lépidoptères possèdent une trompe permettant d'atteindre le nectar de fleurs très étroites, moins accessible aux autres pollinisateurs. Ils peuvent avoir une activité nocturne, diurne ou les deux (Pouvreau, 2004)

### **2.2.5. Les hyménoptères**

L'ordre des hyménoptères est celui qui a le plus d'importance en termes de pollinisation. Le rôle principal est tenu par la super-famille des Apoïdes (Pouvreau, 2004)). Les Apoïdes comprennent les bourdons et les abeilles, soit 20 000 à 30 000 espèces dans le monde. Les abeilles solitaires et sauvages représentent 85% des Espèces d'Apoïdes. Leur activité n'est donc pas négligeable et est même plus importante que Celle des abeilles domestiques (Campbell,

1995 ; Pouvreau, 2004). Les abeilles possèdent une langue (glosse) qui leur permet de récolter le nectar des fleurs.



*Figure 1. Appareil buccal d'une abeille à langue longue ( Eardley et al., 2010).*

### 2.3. Relation plantes-pollinisateurs

La relation entre les plantes et les pollinisateurs est l'un des exemples les plus aboutis de mutualisme dans le monde vivant. Au cours de l'évolution, les végétaux ont développé des stratégies d'attraction sophistiquées (signaux visuels, olfactifs et récompenses trophiques) pour assurer leur reproduction (Chittka et Schürkens, 2001). On distingue généralement deux stratégies adaptatives : la généralisation, où la plante attire un large spectre de visiteurs, et la spécialisation, où elle fidélise un groupe restreint de pollinisateurs, augmentant ainsi l'efficacité du transfert de pollen. Dans les cas d'hyper-spécialisation, comme le complexe figuiers-guêpes Agaonidae, la survie des deux partenaires devient strictement interdépendante (Cook et Rasplus, 2003).

#### 2.3.1. Coévolution et adaptations morphologiques

Les interactions plantes-pollinisateurs sont ancestrales. Des découvertes de fossiles dans l'ambre suggèrent que ces relations existaient déjà au Crétacé, il y a environ 100 millions d'années, impliquant initialement des thrips et des gymnospermes (Peñalver et al., 2012). Cependant, c'est l'émergence et la domination des angiospermes qui ont accéléré la diversification des insectes.

Cette coévolution a façonné des adaptations morphologiques remarquables. Les insectes ont développé des pièces buccales spécialisées (proboscis, langues allongées) et des structures de récolte comme les corbeilles (corbiculae) ou les brosses à pollen sur les pattes postérieures des Apidae (Michener, 2007). Ces outils permettent une collecte optimale du nectar et du pollen tout en limitant les dommages aux fleurs. Toutefois, cet équilibre millénaire est aujourd'hui menacé. Le déclin rapide des populations d'insectes avec environ 40 % des espèces

documentées menacées d'extinction (Potts et al., 2010) fait peser un risque systémique sur la stabilité des écosystèmes mondiaux.

### **2.3.2. Les syndromes de pollinisation**

L'ensemble des traits floraux (forme, taille, accessibilité) constitue ce que les chercheurs appellent les syndromes de pollinisation (Fenster et al., 2004). Ces traits permettent de prédire le type de pollinisateurs associés à une plante :

- Lépidoptères : Attirés par des fleurs à corolle tubulaire profonde (éperons) nécessitant une longue trompe.
- Hyménoptères et Diptères : Préfèrent les inflorescences ouvertes et peu profondes (ex : Asteraceae) facilitant l'accès au nectar avec une langue courte.
- Coléoptères : Souvent associés à des fleurs robustes, aplaties et à ovaires protégés, capables de résister à leurs pièces buccales de type broyeur (Tautz, 2009).

### **2.3.3. Signaux visuels et guides nectarifères**

La communication visuelle repose sur une "signalétique" colorée adaptée au spectre de vision des insectes. Chaque groupe possède ses préférences : les papillons de jour privilégient les tons vifs (bleu, rose, violet), tandis que les papillons de nuit sont attirés par le blanc qui reflète la luminosité nocturne. Les abeilles, quant à elles, sont sensibles aux ultra-violets (UV) mais perçoivent le rouge comme du noir (Chittka, 1992).

Pour guider les insectes vers les zones de récolte, de nombreuses fleurs arborent des guides nectarifères. Ces motifs, souvent visibles uniquement dans le spectre UV, agissent comme des balises pointant vers le centre de la fleur. Certaines plantes utilisent même des changements chromatiques post-fécondation, comme le marronnier dont le centre passe du jaune au rouge, signalant ainsi aux insectes que la fleur n'offre plus de récompense (Gori, 1983).

## **CHAPITRE III. MATÉRIELS ET MÉTHODES**

### **3.1. Milieu d'étude**

#### **3.1.1. Localisation et cadre géographique**

La région de Lwiro tire son nom de la rivière éponyme, un affluent du lac Kivu trouvant sa source dans le marais Musisi, au sein du Parc National de Kahuzi-Biega (PNKB). Historiquement, cette zone a été définie pour la première fois comme entité écologique par Rahm et Dieterlen (1966) lors de leurs travaux sur les muridés. Située dans le territoire de Kabare, à environ 50 km au nord de Bukavu, la région englobe les localités des groupements d'Irhambi et de Bugorhe. Elle est drainée par un réseau hydrographique dense comprenant, outre la Lwiro, des affluents tels que la Nyabachiwesa, la Kalengo et la Kamirihembe (Beatra, 2002).

Géographiquement, elle s'étend entre 28° 45' et 28° 85' de longitude Est et 2° 15' et 2° 30' de latitude Sud. Son altitude, marquée par un relief de collines et de vallées, varie entre 1470 m et 2200 m à la lisière du PNKB, sur une superficie totale de 41 km<sup>2</sup>. La population, estimée à environ 152 000 habitants, est majoritairement constituée d'autochtones (Rapports annuels Bugorhe et Irhambi, 2011).

#### **3.1.2. Climat, sol et végétation**

Le milieu repose sur des sols d'origine volcanique particulièrement fertiles. Le climat est de type tropical humide, caractérisé par une alternance saisonnière marquée : une longue saison des pluies de neuf mois (septembre à mai) et une saison sèche de trois mois (juin à août). Avec une température moyenne annuelle de 19,5 °C et une humidité relative oscillant entre 68 % et 75 %, la région offre des conditions optimales pour une grande diversité agricole. La végétation originelle, aujourd'hui fragmentée, est dominée par une savane herbeuse de montagne parsemée d'arbustes et de graminées diversifiées (Beatra, 2002).

Sur le plan institutionnel, Lwiro est un pôle scientifique historique abritant le Centre de Recherche en Sciences Naturelles (CRSN, ex-IRSAC) et l'Institut National pour l'Étude et la Recherche Agronomique (INERA) à Mulungu (Balagizi, 2010).

### 3.1.3. Description des sites d'échantillonnage (Biotopes)

Pour cette étude, trois biotopes d'une superficie d'un hectare chacun ont été sélectionnés afin de comparer la diversité des pollinisateurs.

#### 1. Le biotope de jachère

Situé dans le domaine de Muller à Bishibiru (02° 14' 33,0" S ; 28° 48' 18,3" E), ce site se trouve à une altitude de 1708 m. La végétation y est spontanée et diversifiée, dominée par des espèces telles que *Viguiera dentata*, *Gymnanthemum coloratum*, *Bidens pilosa*, *Lantana camara*, *Ocimum gratissimum*, *Pentas lanceolata*, *Kitaibelia vitifolia* et *Ipomoea asarifolia*.

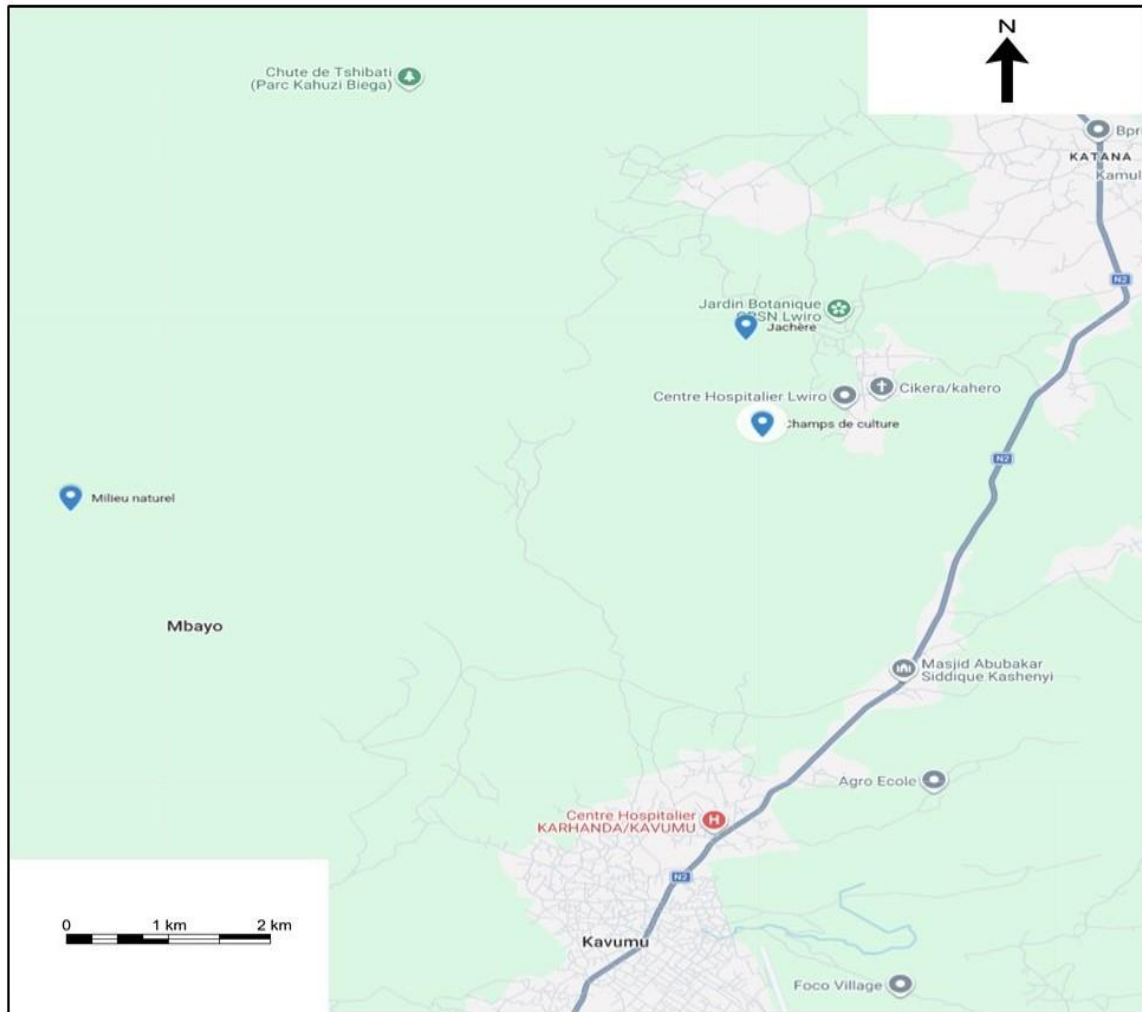
#### 2. Le biotope de culture

Ce site est localisé dans la zone dite « Magnétisme » à 1687 m d'altitude (02° 15' 06,4" S ; 28° 48' 22,8" E). Contrairement au précédent, ce milieu est anthropisé et caractérisé par une faible diversité floristique, principalement représentée par les cultures de haricot (*Phaseolus vulgaris*) et de maïs (*Zea mays*).

#### 3. Le biotope de milieu naturel

Le choix s'est porté sur le marais de Mbayo, situé à une altitude plus élevée de 2122 m (02° 15' 31,8" S ; 28° 45' 18,5" E). Ce milieu humide présente une flore spécifique adaptée, comprenant notamment *Carex oshimensis*, *Solanum mauritianum*, *Canna indica*, *Zantedeschia aethiopica* et *Bidens pilosa*.

La Figure ci-dessous présente la localisation cartographique de nos trois biotopes dans le territoire de Kabare, Province du Sud-Kivu.



*Figure 2. Localisation de sites d'échantillonnage*

Sur la figure 2, les trois points bleus avec un petit trou blanc représentent nos trois biotopes étudiés

### **3.2. Méthodologie**

#### **3.2.1. Échantillonnage et collecte des données**

L'inventaire de l'entomofaune a été réalisé par une méthode de capture active (Louis-Michel et al., 2009). Cette technique consiste à prélever les insectes directement sur la strate herbacée et arbustive à l'aide d'un filet fauchoir. Ce choix méthodologique est justifié par le caractère principalement ailé et la grande mobilité des insectes pollinisateurs ciblés.

L'échantillonnage s'est déroulé sur une période de deux mois, s'étendant du 10 octobre au 2 décembre 2022, couvrant ainsi une phase de floraison importante dans les trois biotopes d'étude.

Les spécimens capturés ont été traités selon leur groupe taxonomique :

- Insectes généraux : Conservés dans des flacons contenant de l'éthanol à 96 % pour une conservation optimale des caractères morphologiques.
- Lépidoptères : Placés individuellement dans des enveloppes en papier cristal (papillotes) afin d'éviter la dégradation de l'écaillage alaire, essentiel pour l'identification.

### 3.2.2. Identification taxonomique

L'identification a été réalisée au Laboratoire d'Entomologie Agricole du Centre de Recherche en Sciences Naturelles (CRSN/Lwiro). Nous avons adopté l'approche Rapid Biodiversity Assessment (RBA), qui permet de classer les spécimens par morpho-espèces afin d'obtenir un relevé de biodiversité complet, même en l'absence de révisions taxonomiques récentes pour certains groupes complexes (Krell, 2004).

La détermination systématique s'est appuyée sur :

- Des clés de détermination spécialisées (Delvare et Aberlenc, 1989 ; Mike et al., 2004).
- La comparaison avec les spécimens de référence conservés dans l'insectarium du CRSN/Lwiro.

Pour l'identification de la flore associée, nous avons combiné l'utilisation d'outils numériques de reconnaissance (Tela Botanica, PlantNet) et la consultation des planches de l'Herbarium du CRSN.

### 3.2.3. Analyse statistique des données

Pour caractériser la structure et la diversité des peuplements de pollinisateurs, les indices suivants ont été mobilisés :

#### 3.2.3.1. Abondance relative (Pi)

Elle exprime la proportion d'une espèce par rapport à l'effectif total et permet de définir la composition de la biodiversité de chaque biotope (Zaïme et Gautier, 1989, cité par Noudjoud, 2006) :

$$P_i = \frac{n_i \cdot 100}{N}$$

Où  $n_i$  représente l'effectif de l'espèce  $i$  et  $N$  l'effectif total toutes espèces confondues.

### 3.2.3.2. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H')

Cet indice mesure la complexité et la diversité spécifique du milieu en tenant compte à la fois de la richesse et de l'équitabilité (Ramade, 2003) :

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Où  $H'$  est l'indice de Shannon-Weaver et  $P_i$  est la fréquence relative de l'espèce  $i$ . La valeur maximale de cet indice ( $H_{\max}$ ) est atteinte lorsque toutes les espèces ont la même abondance, soit  $H_{\max} = \ln(S)$ , où  $S$  est la richesse spécifique (Marcon, 2010).

### 3.2.3.3. Équitabilité de Pielou (J')

Elle permet d'évaluer la régularité de la répartition des individus au sein des espèces d'un biotope (Marcon, 2010).

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}} \quad \text{Avec :}$$

- $J'$  : l'indice de Pielou
- $H'$  : l'indice de Shannon-Weaver
- $S$  : la richesse spécifique d'un point

L'indice  $J$  varie de 0 à 1 ; une valeur proche de 1 indique que les espèces ont des abondances équilibrées au sein du milieu.

### 3.2.3.4. Indice de similarité de Sorensen (S ou K)

Utilisé pour mesurer la diversité bêta, cet indice compare la composition faunistique entre deux biotopes (Triplet, 2020) :

$$K = \left( \frac{2A}{2A+B+C} \right) * 100$$

Avec:

- $A$  : le nombre d'espèces communes aux deux biotopes comparés
- $B$  : le nombre d'espèces présentes dans le biotope B mais absentes dans le biotope C
- $C$  : le nombre d'espèces présentes dans le biotope C mais absentes dans le biotope B

## CHAPITRE IV. PRESENTATION DES RÉSULTATS

### 4.1. Etat des lieux et Structure de l'entomofaune

Ce premier axe d'analyse dresse le profil taxonomique global de l'entomofaune pollinisatrice de Lwiro. Il s'agit de caractériser la structure fondamentale du peuplement afin d'identifier les groupes biologiques dominants de la région. Cet état des lieux constitue le socle nécessaire à la compréhension des équilibres écologiques avant toute analyse comparative des milieux.

#### 4.1.1 Composition taxonomique globale

L'inventaire global réalisé dans la région de Lwiro a permis de recenser une communauté composée de 4 ordres, répartis en 10 familles pour un total de 34 espèces, totalisant un effectif de 554 individus (**Tableau 1**).

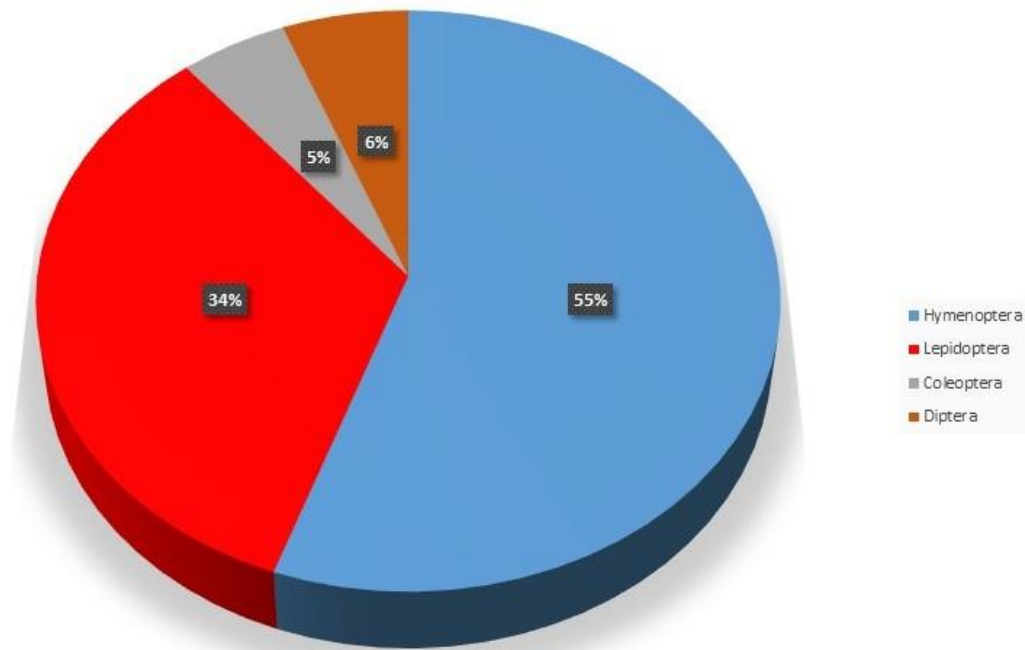
**Tableau 1. Inventaire taxonomique et abondance relative de l'entomofaune pollinisatrice dans la région de Lwiro**

<i>Ordres</i>	<i>Familles</i>	<i>Nombre d'espèces</i>	<i>Effectif</i>	<i>Abondance relative (%)</i>
<i>Hymenoptera</i>	Apidae	8	110	19,86
	Vespidae	5	88	15,88
	Formicidae	2	109	19,68
<i>Lepidoptera</i>	Eribidae	3	17	3,07
	Noctuidae	1	2	0,36
	Nymphalidae	7	44	7,94
	Pieridae	3	118	21,30
	Lycaenidae	1	5	0,90
<i>Coleoptera</i>	Scarabaeidae	2	28	5,05
<i>Diptera</i>	Syrphidae	2	33	5,96
<i>Total</i>	10	34	554	100,00

De plus, l'analyse de la structure de ce peuplement, basée sur les abondances relatives des familles, met en évidence une répartition inégale des abondances. La communauté est numériquement dominée par quatre familles majeures qui représentent, à elles seules, plus de 75 % de l'échantillon total : les Pieridae (21,30 %), les Apidae (19,86 %), les Formicidae (19,68 %) et les Vespidae (15,88 %). Ces groupes constituent le socle de l'entomofaune pollinisatrice locale (**Tableau 1**).

À l'inverse, les autres familles identifiées présentent une représentativité nettement plus faible. Les Nymphalidae (5,96 %), les Syrphidae (5,96 %) et les Scarabaeidae (5,05 %) apparaissent comme des composantes secondaires du système. Les familles les moins fréquentes, telles que les Lycaenidae, noctuidae contribuent que de manière marginale à l'abondance globale, chacune représentant moins de 3 % de l'effectif total (**Tableau 1**).

Les proportions des ordres de l'entomofaune de Lwiro à l'échelle globale sont représentées par la figure ci-dessous :

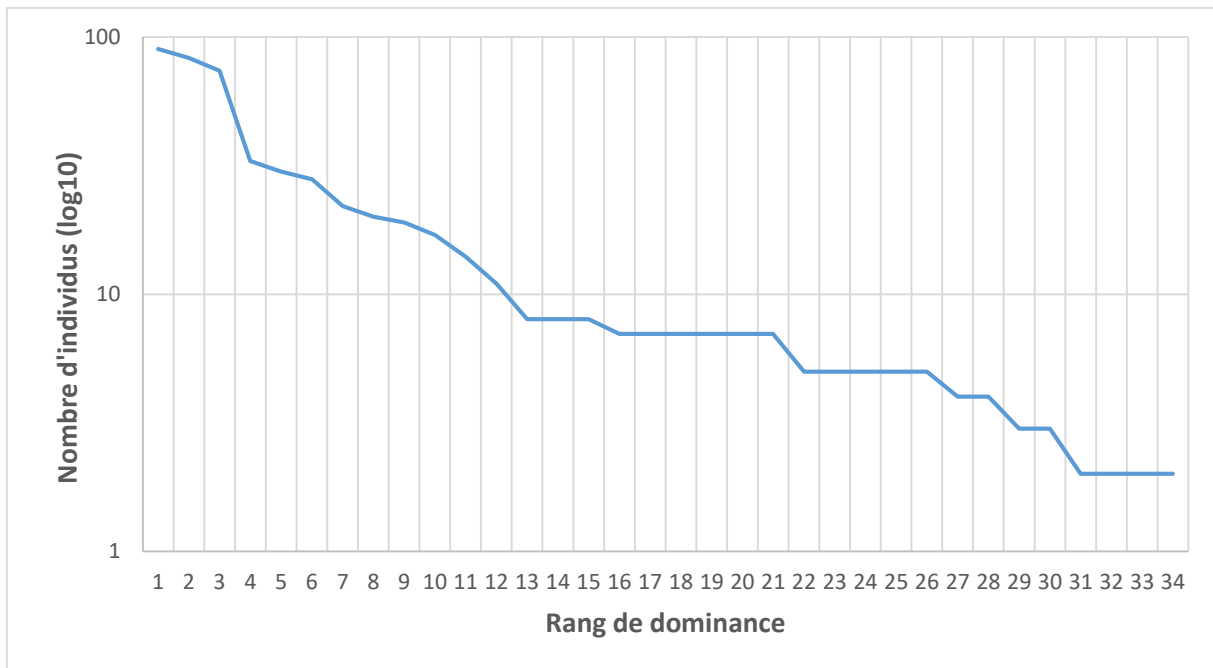


**Figure 3. Proportions des ordres de l'entomofaune de Lwiro**

L'analyse du diagramme circulaire révèle une prédominance marquée des Hyménoptères, qui représentent à eux seuls 55 % de l'abondance totale du peuplement. Les Lépidoptères constituent le second pôle d'importance avec 34 % de l'effectif global. Enfin, les ordres des Diptères (6 %) et des Coléoptères (5 %) complètent la structure de la communauté (**Figure 1**).

#### 4.1.2. Richesse spécifique et abondance

L'analyse de la structure de la communauté, illustrée par la courbe de rang-abondance de whitaker (**Figure 4**), permet d'appréhender l'organisation écologique du peuplement au-delà de sa simple composition taxonomique. Cette courbe, représentée sur une échelle logarithmique, offre une vision précise du partage des ressources entre les 34 espèces recensées.



**Figure 4. Structure de la communauté et distribution des abondances**

Le profil graphique met en évidence une structure typique des écosystèmes tropicaux, caractérisée par une forte disparité entre les taxons dominants et les taxons satellites. La partie initiale de la courbe présente une pente abrupte, révélant la présence de quelques espèces ultra-dominantes qui concentrent l'essentiel de la biomasse numérique. Ce phénomène de dominance est particulièrement marqué pour les trois premiers rangs, correspondant aux espèces *Dorylus niarembensis* (Formicidae), *Leptidea sinapis* (Pieridae) et *Apis mellifera* (Apidae).

À l'opposé, la courbe s'étire en une "longue traîne" horizontale à mesure que l'on progresse vers les rangs supérieurs (du rang 22 au rang 34). Cette morphologie graphique témoigne d'une proportion importante d'espèces rares, représentées par un très faible nombre d'individus, souvent des singletons. Les rangs des toutes les espèces sont repris en annexe 9.

#### 4.2. Ecologie comparative de biotopes

Pour mieux comprendre comment les insectes pollinisateurs se répartissent dans le paysage de Lwiro, nous avons comparé la richesse spécifique au sein de trois biotopes distincts : les jachères, les champs de cultures et le milieu naturel. Cette approche permet de mesurer l'attractivité de chaque milieu et d'identifier précisément ceux qui abritent la plus grande diversité d'espèces au moment de l'étude (**Tableau 2**).

**Tableau 2. Richesse spécifique (S) par ordre taxonomique au sein des trois biotopes.**

<b>Ordres</b>	<b>Jachères (S)</b>	<b>Champs des cultures (S)</b>	<b>Milieu naturel (S)</b>
<i>Hymenoptera</i>	14	3	2
<i>Lepidoptera</i>	13	4	5
<i>Coleoptera</i>	2	1	0
<i>Diptera</i>	2	1	0
<b>Total (Richesse S)</b>	<b>31</b>	<b>9</b>	<b>7</b>

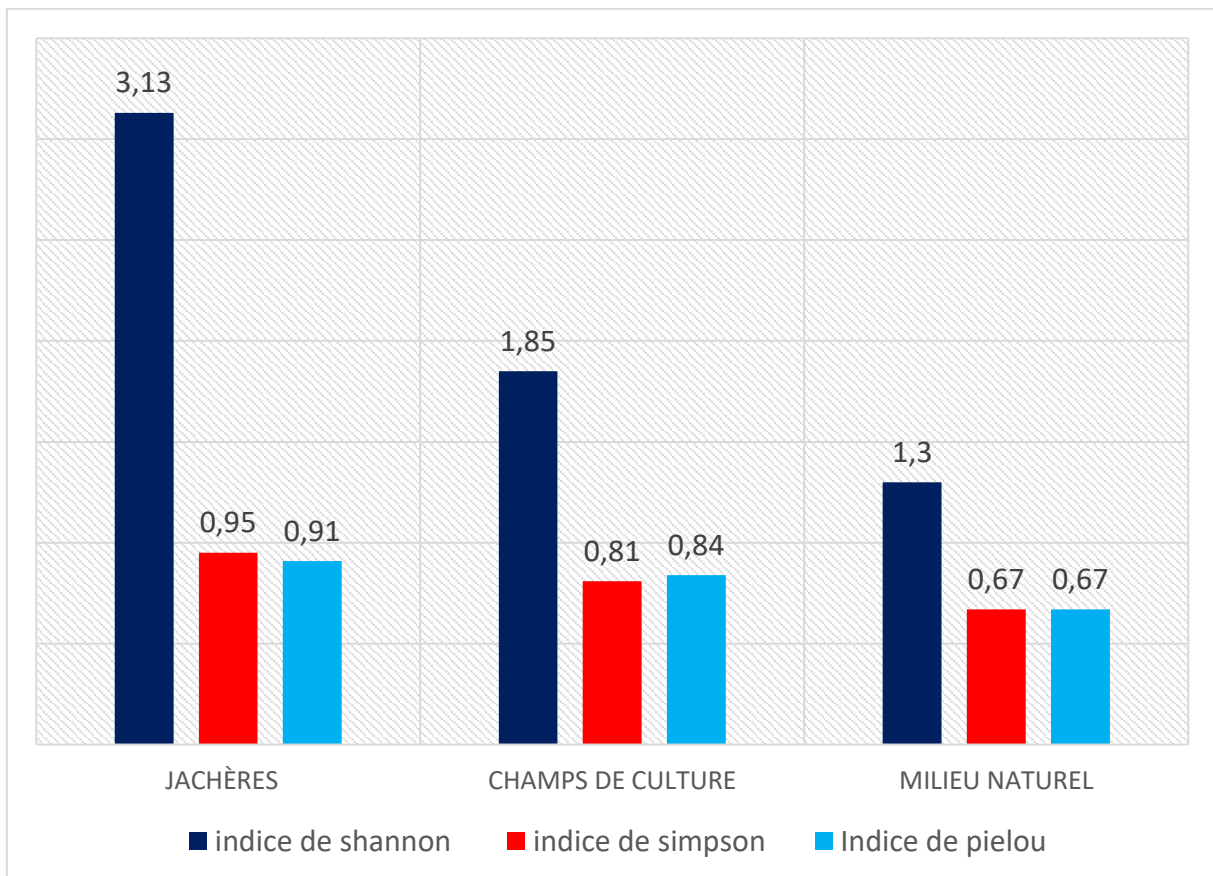
Les données recueillies montrent une nette prédominance de la jachère, qui concentre à elle seule 31 espèces, soit la grande majorité de la diversité totale recensée. Les ordres des Hyménoptères et des Lépidoptères y sont particulièrement bien représentés avec respectivement 14 et 13 espèces identifiées. En revanche, on observe un fléchissement marqué de la richesse spécifique dans les deux autres milieux, les champs de cultures ne comptant que 9 espèces et le milieu naturel seulement 7. Il est également à noter que les Diptères et les Coléoptères sont totalement absents du milieu naturel dans nos relevés, tandis que les Hyménoptères restent le seul groupe présent de manière constante dans l'ensemble des biotopes étudiés, bien que leur nombre d'espèces diminue de moitié en dehors des jachères (**Tableau 2**).

#### 4.3. Analyse de la stabilité et de la similarité écologique

L'analyse de la stabilité et de la similarité écologique permet de passer d'un simple inventaire à une compréhension réelle de la dynamique des milieux. L'objectif est ici d'évaluer la santé interne de chaque biotope et de mesurer les liens qui les unissent, afin de déterminer si l'écosystème de Lwiro forme un ensemble cohérent et résilient pour les insectes pollinisateurs.

### 4.3.1. Equilibre des milieux

Pour évaluer la structure interne de nos peuplements d'insectes, il est nécessaire d'aller au-delà de la simple présence d'espèces et d'analyser la manière dont les individus se répartissent entre elles. L'utilisation conjointe des indices de Shannon, de Simpson et de Pielou permet d'appréhender cet équilibre sous trois angles complémentaires : la complexité du milieu, la probabilité de dominance d'un groupe précis et la régularité de la distribution globale. Cette analyse structurale est déterminante pour juger de la capacité d'un biotope à maintenir une biodiversité fonctionnelle et résiliente



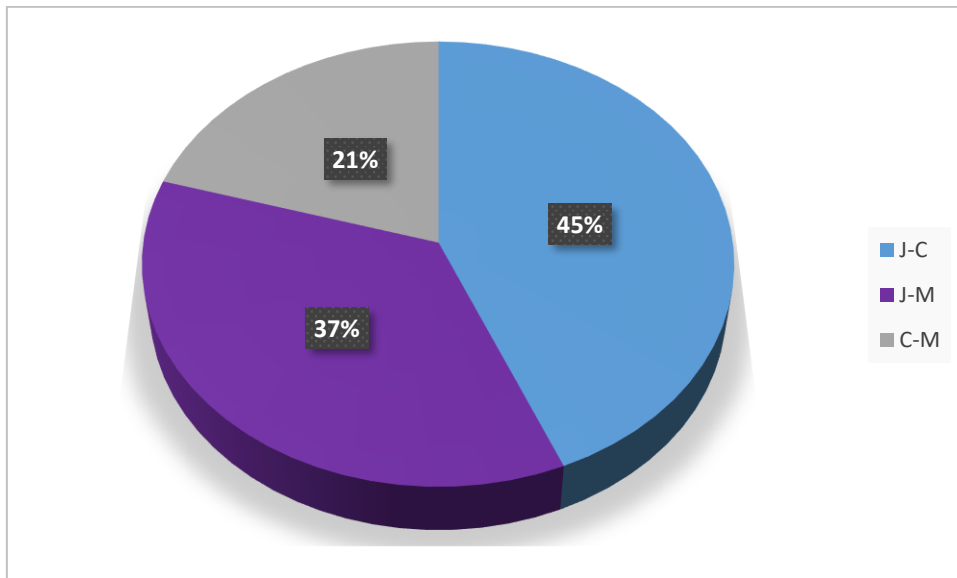
**Figure 5. Indices de Shannon, de Pielou et de Simpson dans chaque biotope**

L'analyse de la figure 5 montre que la jachère est le milieu le plus riche et le mieux structuré de notre zone d'étude. Avec un indice de Shannon de **3,13** et une équitabilité de Pielou de **0,91**, on comprend que les populations d'insectes y sont réparties de manière très homogène. L'indice de Simpson vient confirmer ce constat : il indique une faible dominance, ce qui signifie qu'aucune espèce ne supplante les autres. La jachère offre donc un environnement stable où la diversité peut s'exprimer pleinement.

À l'inverse, le milieu naturel apparaît comme le plus fragile. Son indice de Shannon est bas (**1,3**) et son équitabilité ne dépasse pas **0,67**. Ici, l'indice de Simpson suggère qu'un petit nombre d'espèces domine largement le groupe, rendant l'écosystème moins diversifié et plus instable. Enfin, les champs de cultures présentent un profil intermédiaire. Bien que leur richesse soit modeste avec un Shannon de **1,85**, l'indice de Pielou de **0,84** et l'indice de Simpson de **0,81** montrent que les insectes présents y vivent tout de même de façon assez équilibrée, sans qu'une espèce ne devienne envahissante

#### 4.3.2. Similarité et connectivité

Après avoir étudié l'équilibre interne de chaque milieu, il est crucial de comprendre comment ces biotopes communiquent entre eux. L'indice de Sorensen nous permet ici de mesurer la parenté faunistique, c'est-à-dire le degré de ressemblance entre les communautés d'insectes de deux sites différents. En identifiant la proportion d'espèces partagées, nous pouvons évaluer la connectivité du paysage : plus l'indice est élevé, plus les échanges d'espèces sont facilités, ce qui témoigne d'une continuité écologique entre les habitats.



**Figure 6.** Pourcentage de similarité entre les biotopes

Les résultats de l'indice de Sorensen mettent en évidence des niveaux d'affinité très variables selon les milieux comparés. La similarité la plus forte est observée entre les jachères et les champs de cultures, avec un taux de 45 %. Ce chiffre indique que près de la moitié des espèces sont communes à ces deux habitats, suggérant une circulation fluide des pollinisateurs entre les zones en repos et les zones cultivées (**Figure 6**).

À l'opposé, le lien entre les champs de cultures et le milieu naturel est le plus faible, ne s'élevant qu'à 21 %. Cette faible similarité montre que ces deux biotopes abritent des communautés très différentes, avec peu d'espèces capables de passer de l'un à l'autre. Enfin, la comparaison entre la jachère et le milieu naturel révèle une affinité intermédiaire de 37 % (**Figure 6**).

## **CHAPITRE V. DISCUSSION DE RESULTATS**

### **5.1. Structure taxonomique des pollinisateurs et dominance des Hyménoptères**

L'inventaire réalisé dans la région de Lwiro met en évidence une prédominance nette des Hyménoptères au sein des communautés d'insectes pollinisateurs échantillonnées. Cette configuration est conforme aux observations faites dans plusieurs agroécosystèmes d'Afrique centrale, où les Apoidea constituent le noyau fonctionnel des réseaux de pollinisation.

En République Démocratique du Congo, les travaux de Bukaka (2018) sur les insectes floricoles des systèmes agricoles du Kongo Central montrent une forte représentation des abeilles sauvages dans les milieux semi-naturels et cultivés. De même, Lukoki et al. (2021), dans leurs analyses des interactions plantes–pollinisateurs en RDC, soulignent que les Hyménoptères occupent une position centrale dans les réseaux écologiques en raison de leur efficacité de transport du pollen et de leur fidélité florale.

La dominance observée dans la présente étude peut s'expliquer par plusieurs facteurs écologiques dont la plasticité trophique, la capacité de dispersion, l'organisation sociale pour certaines espèces et aptitude à exploiter des milieux perturbés. Milau et al. (2020), travaillant sur la biodiversité entomologique associée aux cultures vivrières en RDC, ont également mis en évidence que les Hyménoptères résistent mieux aux perturbations agricoles que d'autres ordres comme les Lépidoptères ou les Coléoptères.

Ainsi, la structure taxonomique observée à Lwiro s'inscrit dans une dynamique cohérente avec les tendances décrites dans d'autres régions agroécologiques congolaises.

## **5.2. Organisation des abondances et hiérarchisation des espèces**

La courbe rang-abondance révèle une distribution caractérisée par quelques espèces dominantes et un ensemble d'espèces faiblement représentées. Cette organisation traduit une hiérarchisation écologique typique des milieux soumis à des perturbations modérées.

Dans les agroécosystèmes tropicaux, Munyuli (2013) a montré que la simplification du paysage favorise les espèces généralistes, qui deviennent dominantes, tandis que les espèces spécialistes déclinent. Les observations faites dans la région de Lwiro corroborent cette tendance.

Bukaka (2018) note également que dans les zones agricoles du Kongo Central, certaines espèces d'abeilles et de fourmis présentent des abondances élevées, reflétant leur capacité d'adaptation aux milieux anthropisés. Cette dominance peut être interprétée comme un indicateur de résilience écologique, mais aussi comme un signal d'homogénéisation fonctionnelle progressive.

La présence d'espèces rares dans l'échantillonnage peut traduire soit une spécialisation écologique, soit une faible densité naturelle, soit une limitation temporelle de l'étude. Lukoki et al. (2021) soulignent que les réseaux tropicaux comportent souvent un cortège d'espèces à faible fréquence, contribuant néanmoins à la stabilité globale du système.

## **5.3. Rôle structurant des jachères dans la conservation des pollinisateurs**

Les jachères présentent les indices de diversité les plus élevés. Ce résultat est écologiquement significatif. Les habitats semi-naturels constituent des zones refuges offrant une diversité floristique plus importante et une continuité de ressources trophiques.

En RDC, Milau et al. (2020) ont montré que la diversité entomologique est significativement plus élevée dans les parcelles non intensifiées que dans les cultures homogènes. De même, Munyuli (2013) a démontré que la proximité d'habitats semi-naturels augmente la richesse et l'abondance des pollinisateurs dans les paysages agricoles d'Afrique des Grands Lacs.

Les jachères offrent non seulement des ressources nectarifères diversifiées, mais aussi des sites de nidification pour les abeilles terricoles et cavicoles. Cette hétérogénéité structurelle favorise une meilleure équitabilité, comme le montrent les indices obtenus dans cette étude.

Ainsi, les résultats confirment que les jachères jouent un rôle de réservoir écologique et de corridor biologique dans le paysage agricole de Lwiro.

#### **5.4. Simplification écologique des champs cultivés**

Les champs cultivés présentent une richesse et une diversité inférieures à celles des jachères. Cette tendance correspond aux observations faites par Milau et al. (2020) dans les systèmes agricoles congolais, où l'intensification entraîne une réduction des niches écologiques disponibles.

Bukaka (2018) souligne que les cultures à faible diversité floristique limitent la présence des pollinisateurs spécialistes et favorisent les espèces opportunistes. Cette homogénéisation écologique peut réduire la stabilité des services de pollinisation à long terme.

La dominance de quelques espèces dans les champs étudiés suggère une sélection écologique liée aux contraintes environnementales et aux pratiques agricoles locales.

#### **5.5. Particularité écologique du milieu marécageux**

Le milieu marécageux présente une diversité plus faible que la jachère. Ce résultat peut s'expliquer par la structure floristique spécifique des écosystèmes hydromorphes.

Lukoki et al. (2021) indiquent que la diversité des pollinisateurs dépend fortement de la composition végétale et du type de syndromes de pollinisation dominants. Dans les zones humides, certaines espèces végétales peuvent être moins attractives pour les insectes floricoles généralistes, ce qui limite la richesse spécifique.

Il est également possible que les conditions microclimatiques propres aux marais influencent la distribution des pollinisateurs, notamment en ce qui concerne la nidification des abeilles terricoles.

### **5.6. Connectivité écologique et similarité des habitats**

La similarité plus élevée entre jachères et champs traduit une connectivité fonctionnelle entre ces deux milieux. Munyuli (2013) a montré que les habitats semi-naturels agissent comme sources de recolonisation pour les parcelles cultivées adjacentes.

Cette dynamique semble se confirmer dans le paysage étudié. La faible similarité entre le marais et les champs suggère une différenciation écologique liée aux contraintes environnementales spécifiques de chaque biotope.

### **5.7. Implications pour la gestion durable des paysages agricoles du Sud-Kivu**

Les résultats confirment que la diversité des pollinisateurs dépend fortement de l'hétérogénéité paysagère. Dans le contexte du Sud-Kivu, caractérisé par une pression foncière croissante, la conservation des jachères apparaît comme une stratégie prioritaire pour maintenir les services écosystémiques.

Les travaux de Bukaka, Lukoki et Milau en RDC convergent vers la même conclusion : la simplification des agroécosystèmes entraîne une réduction de la diversité entomologique, tandis que les habitats intermédiaires soutiennent la stabilité écologique.

## CHAPITRE VI. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

### 6.1. Conclusion

La présente étude a permis de caractériser la diversité et la structure des communautés d'insectes pollinisateurs dans trois biotopes contrastés de 1 hectare chacun situés à Lwiro, au Sud-Kivu. Les résultats mettent en évidence une dominance marquée des Hyménoptères, confirmant leur rôle central dans les réseaux de pollinisation locaux. La structuration des abondances révèle une organisation hiérarchisée, avec quelques espèces dominantes et un cortège d'espèces rares.

La jachère apparaît comme le biotope le plus riche et le plus diversifié, soulignant son importance écologique comme réservoir de biodiversité et source potentielle de recolonisation des milieux cultivés. À l'inverse, les champs cultivés présentent une diversité réduite, traduisant un effet de simplification associé aux pratiques agricoles. Le milieu marécageux montre également une diversité plus faible, probablement liée à des contraintes écologiques spécifiques.

Dans l'ensemble, ces résultats confirment que l'hétérogénéité paysagère constitue un facteur déterminant du maintien des pollinisateurs dans les agroécosystèmes du Sud-Kivu. La conservation des habitats semi-naturels apparaît ainsi comme un levier essentiel pour préserver les services de pollinisation.

### 6.2. Recommandations

Au regard des résultats obtenus, plusieurs recommandations peuvent être formulées à l'intention des gestionnaires, des agriculteurs et des décideurs locaux :

#### 1. Conservation des habitats semi-naturels

- Maintenir et valoriser les jachères dans les paysages agricoles, en évitant leur conversion systématique en cultures permanentes.
- Encourager l'installation de bandes fleuries ou de haies diversifiées en périphérie des parcelles cultivées.
- Préserver les mosaïques paysagères favorisant la connectivité écologique.

## **2. Promotion d'une agriculture écologiquement intégrée**

- Réduire l'usage non contrôlé des pesticides susceptibles d'affecter les pollinisateurs.
- Encourager les pratiques agroécologiques favorisant la diversification des cultures.
- Intégrer des cultures à floraison étalée afin d'assurer une disponibilité continue des ressources nectarifères et polliniques.

## **3. Renforcement de la recherche scientifique locale**

- Mettre en place un suivi pluriannuel des communautés pollinisatrices afin d'évaluer leur dynamique saisonnière et interannuelle.
- Diversifier les méthodes d'échantillonnage (pièges colorés, pan traps, observation directe) pour réduire les biais méthodologiques.
- Étudier les interactions spécifiques plantes-pollinisateurs afin d'évaluer l'efficacité pollinisatrice réelle des différents groupes.

## **4. Sensibilisation et formation**

- Sensibiliser les agriculteurs à l'importance des insectes pollinisateurs pour la productivité agricole.
- Intégrer l'éducation à la biodiversité dans les programmes scolaires et universitaires locaux.
- Encourager la collaboration entre chercheurs, communautés locales et autorités environnementales.

### **6.3. Perspectives de recherche**

Des recherches futures devraient intégrer :

- Une approche fonctionnelle (taux de pollinisation, rendement agricole associé),
- Une analyse paysagère à l'aide d'outils de télédétection (ce qui pourrait être particulièrement pertinent compte tenu de ton intérêt pour la cartographie et la dynamique spatiale),
- Une évaluation de l'impact des changements climatiques sur la phénologie des plantes et des pollinisateurs.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### A. Ouvrages

1. Agosti & Johnson, N.F. Editors. 2005. Antbase. World Wide Web electronic AGOSTI Publication.
2. Bray, J.R. & Curtis, J.T. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27 : 325-349
3. Campbell, N.A. 1995. Biologie. DeBoek Université. 1190p
4. Chagnon, M. (2008). Causes et effets du déclin mondial des pollinisateurs et les moyens d’y remédier. Fédération canadienne de la faune, Québec, 75p.
5. Delvare, G. & Aberlenc, H. (1999). Les insectes d’Afrique et d’Amérique tropicale. Clés pour la recommandation des familles. Clamecy : Imprimerie caballery.
6. Eardley, C., Kuhlmann, M. & Pauly, A., (2010), Les genre et sous genre d’abeilles de l’Afrique subsaharienne. *Abc taxa*, Volume 9. 144p
7. Jean- Prost, P. & Le Conte, Y. (2005). Apiculture, connaître l’abeille, conduire le Rucher. 7<sup>ème</sup> édition *Lavoisier*, 698p
8. Krell, F.T. (2004). Parataxonomy vs. Taxonomy in biodiversity studies—pitfalls and applicability of ‘morphospecies’ sorting, *Biodiversity Conservator* 13, 795– 812.
9. Laurent, C. (2013)., les fourmis : une biodiversité méconnue. *Rev. Sc. Bourgogne-Nature*. 18, 233-242
10. Louis –Michel, N., Christophe, B. & Philippe, B. (2009). L’étude des insectes en forêt : Méthodes et techniques, éléments essentiels pour standardisation. Paris. 144p.
11. Marcon, E. (2010). Mesure de la biodiversité, écologie des forêts, 58p. CNRS, INRA.
12. Maurice, P. (1980). Initiation à la morphologie, la systématique et la biologie des insectes. Paris. 258p
13. Michener, C.D. (2007), the hymenoptera of the world. 2eme Ed. The Johns Hopkins University Press Baltimore. 953p.
14. Mike P, Charles G & Alan W. (2004). Field Guide to insects of South Africa. 2<sup>e</sup> édition. Stuk Nature. ISBN : 9781770070615
15. Ministère de l’Agriculture et l’Agroalimentaire au Canada (2014). Les insectes indigènes et l’agriculture au Canada, AA121926. Version électronique disponible sur [www.agrgcca.com](http://www.agrgcca.com)
16. Ndayikeza, L., Nzigidahera, B., Mpawenimana, A., Bernadette, H. (2014). Abondance et distribution des abeilles du genre *Xylocopa* Latreille, 1802 (Hymenoptera: Apoidea) du Burundi. *Bull. sci. Inst. natl. environ. conserv. nat.* 11: 38-48

17. Pouvreau, A., 2004. Les insectes pollinisateurs. La bibliothèque du naturaliste, 190p
18. Ramade ,F. (2003). Eléments d'écologie- écologie fondamentale. 3<sup>e</sup> édition. Dunod. Paris

## **B. Articles**

1. Badjedjea, B. (2006). Contribution à l'inventaire de l'entomofaune de la réserve de la biosphère de Yangambi (RDC). [Mémoire de licence inédit]. Université de Kisangani. Belgique, de Suisse Et du Grand-Duche de Luxembourg. Bull. Soc. Ent. France, 100 (H.S) : 1-98
2. Briot, M. (2011). Menaces sur les insectes pollinisateurs. Rapport d'information, Assemblée Nationale, France. (Référence citée sous "Mathilde, 2011").
3. Bukaka, M. M. (2018). Diversité et abondance des insectes floricoles dans les agroécosystèmes du Kongo Central (République Démocratique du Congo). *Revue Congolaise des Sciences et Technologies*, 4(2), 45-58.
4. Bukaka, P., Lukoki, L., & Baya, B. (2020). Diversité et abondance des insectes associés aux cultures maraîchères dans la zone de Kinshasa, RD Congo. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 8(2).
5. Bukaka, W., Belade, Z., Nsabatien, N. & Nagahuedi, M. 2020. Etude de la structure des communautés des abeilles sauvages (Hymenoptera, Apoidea) de Kinshasa (R.D. Congo), cas de la Vallée de la Funa, des Symphonies Naturelles et de Lutendele. *International Journal of Applied Research*. 6(10) :941-951.
6. Chittka, L. (1992). The colour strategy of flies appearing at flowers and various other targets. *Journal of Comparative Physiology A*, 170(6), 769-781.
7. Chittka, L., & Schürkens, S. (2001). Successful invasion of North America by European bumblebees (*Apis mellifera*) and their impact on native pollinators. *Nature*, 411, 684-687.
8. Cook, J. M., & Rasplus, J. Y. (2003). Mutualists with attitudes: Coevolving fig wasps and figs. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(5), 241-248.
9. Desclée, B. (2017). Inventaire et diversité des insectes pollinisateurs en milieu urbain : Cas de la ville de Kinshasa. [Thèse de doctorat].
10. Djebli, Z.E., Nekkeche, M. 2016. Inventaire des insectes butineurs et comportement de butinage de l'abeille domestique (Hyménoptère Apoïdea) sur deux rosacés fruitiers : le pommier (*Malus communis*) et le cerisier (*prunus cerasus*) de la région de Hama

- Bouziane (Constantine). Mémoire de mastère, Université Mentouri de Constantine. 53p
11. Fenster, C. B., Armbruster, W. S., Wilson, P., Dudash, M. R., & Thomson, J. D. (2004). Pollination syndromes and floral specialization. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 375-403.
  12. Free, J. B., 1966. The pollination of the beans *Phaseolus multiflorus* and *Phaseolus vulgaris* by Honeybees. *Journal of Apicultural Research*, 5 : 87–91.
  13. Gallai, N., Salles, J. M., Settele, J. & Vaissiere, B. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68 : 810-821
  14. Geneves, L. 1992. Reproduction et développement des végétaux. Bioscience Dunod, Paris. 233p
  15. Gori, D. F. (1983). Post-pollination environmental and developmental changes in flowers: Their effect on pollinator behavior. In B. Bentley & T. Elias (Eds.), *The Biology of Nectaries* (pp. 31-49). Columbia University Press.
  16. Groc, S. 2007. Structure taxonomique et application de la notion de minimalisme taxonomique à la mymécofaune des Nouragues, Guyane Française. Mémoire de Master 2 SEP (systématique, Evolution et paléontologie, parcours systématique et évolution). Université Pierre et Marie Curie-Paris VI, 32 p.
  17. Innocent, K., Serge, N., Hermes, M., Trésor, M., Alphonse, B., Bajope, B. et Mwapu, I. 2013. Perspectives de gouvernance environnementale durable dans la région de Lwiro (Sud Kivu, République Démocratique du Congo). Hors-série. Vers une bonne gouvernance des ressources naturelles dans la région des Grands Lacs africains
  18. Jacob-Remacle, A., 1990, Abeilles sauvages et pollinisation. Faculté des sciences Agronomiques de Gembloux. 39p
  19. Kapiamba, W. (1980). Étude des populations d'insectes dans la région de Kisangani. [Mémoire de licence]. UNIKIS.
  20. Kearns, C.A. 2001. North American Dipteran Pollinators: Assessing Their Value and Conservation Status, *Ecology and Society*, 5
  21. Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P. & Rossi, J.P. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services, *European Journal of Soil Biology*, 42, p 3–15.

22. Le Féon V. (2010). Insectes pollinisateurs dans les paysages agricoles : approche pluri-échelle du rôle des habitats semi-naturels, des pratiques agricoles et des cultures entomophiles. *Ecologie, Environnement*. Université Rennes 1.
23. Longin, N., Benoît, N., Alexis, M. & Habonimana, B. 2014. Abondance et distribution des abeilles du genre *Xylocopa*. Latreille, 1802 (hymenoptera : Apoidae) du Burundi. *Bull, Sci, Nat. Environ. Conserv. Nat.* 11 :38-28
24. Loreau M. 2000. Biodiversity and ecosystem functioning: recent theoretical advances, *Oikos* 91,
25. Louis, J. 1970. Etude sur les ailes des hyménoptères. L'aile des hyménoptères mellifères. *Apidologie* (4) :375-400
26. Lukoki, N., Kikufi, B. & Lukoki, L. 2021. Etude des choix floraux des pollinisateurs entomophiles. Etude des réseaux d'interactions plantes-pollinisateurs : Cas du Jardin Botanique de Kisantu et de la Vallée de la Funa. Editions Universitaires Européennes. ISBN: 978-620-2-54819-9. 2021, 111.
27. Lukoki., Joël I., Trésor B. & Félicien L. 2021. Preliminary study of the ecology and community wasps (Hymenoptera) in the Luki Biosphere reserve (Kongo Central/Democratic Republic of Congo). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 9(6) : 31-41
28. Mawdsley, N. & Stork, N. 1995. Species extinctions in insects: ecological and biogeographical consideration, in insects in a changing environment, eds R. Harrington and N Stork. *Academic Press*, 321-369.
29. Michener, C. D. (2007). *The Bees of the World* (2nd ed.). Johns Hopkins University Press.
30. Mike, P., Charles, G., & Alan, W. 2004. *Insectes of South Africa*. Struck Nature. 444p
31. Milau, E., Aloni, K., Mahele, E., Lema, K. & Francis, F. 2020. Contribution à l'étude de la biodiversité entomologique associée à la culture de manioc (*Manihot esculant Crantz*) dans le territoire de Mbanza Ngungu (RDC). *Entomologie Faunistique–Faunistic* ;(73) :15-25.
32. Milau, M., Bakina, J., & Musanda, K. (2020). Inventaire préliminaire de l'entomofaune du Kongo-Central : Diversité et menaces. *Revue Congolaise des Sciences de la Vie*, 4(2).
33. Munyuli, B. T. (2011). Pollinator biodiversity in Uganda and DR Congo agricultural landscapes: Habitat and landscape effects. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 3(6), 217-228.

34. Munyuli, B. T. (2013). Drivers of pollinator biodiversity in African agricultural systems. *Journal of Insect Conservation*, 17, 111-123.
- of the Congo, and preliminary prospects for biological control. *Adv Plants Agric Res*. 9(1):41–48.
35. Oudjiane, A., Doumandji, S., Daoudi-Hacini, S. & Boussad, F. 2014. Biodiversity of entomological inventories in the Tizirt region. AFPP-Proceedings of the Tenth International Conference on Agricultural Pests, 22-23, Montoellier France, 1-7.
36. Paul, M., Arthur, M., Pascal, M. & François, M. 2015. Etude de la macrofaune aquatique de la rivière Kalengo, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo. Vol. 13, *International Journal of Innovation and Scientific Research* .388397
37. Peñalver, E., Labandeira, C. C., Barrón, E., Delclòs, X., Nel, P., Nel, A., Tafforeau, P., & Miret, C. S. (2012). Thrips pollination of Mesozoic gymnosperms. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 109(22), 8623-8628.
38. Peter, H., Linda, R. & David, M. 2012. *Environment*. John Wiley Son, 1 326.
39. Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345-353.
40. Pouvreau, A. 2004. Les insectes pollinisateurs. Dela chaux & Niestlé, 157 p
41. Praz, C., Carron, G. & Michez, D. 2008 ; *Dasydabraccata* EVERSMANN (Hymenoptera, Dasypo-daidae), espèce nouvelle pour la faune d'Italie. *Osmia* (2) :16-20
42. Rahm, U. & Dieterlen, F. 1966. Les muridés de la région de Lwiro. Bruxelles, Musée Royal de Tervuren, 41 p.
43. Rasmont, P., Ember, A.W., Benaszak, J. & Zanden, G., Van der. 1995. Hymenoptera Apoidea Gallica. Liste taxonomique des abeilles de France, de
44. Roche, M. 2014. Prévention et prise en charge des piqûres d'hyménoptères en France Métropolitaine : Rôle du pharmacien d'officine ; Thèse Doctorat ; Université d'Angers France ; 18p.
45. Rubabura, J. A., Basengere, B., & Katuala, P. (2019). Diversité des insectes dans les agro-écosystèmes du Sud-Kivu : Cas de la région de Kabare. *Revue de l'Environnement et de la Biodiversité en RDC*, 3(1).
46. Rubabura, K. JA, Munyuli, B.M.T., Bisimwa, B.E. & Kazi, K.S. 2015. Invasive fruit fly, *Ceratitidis* species (Diptera: Tephritidae), pests in South Kivu region, eastern of

Democratic Republic of Congo, *International Journal of Innovation and Scientific Research*, ISSN 2351-8014 Vol. 16 No. 2 , 403-408

47. Rubabura, K. JA., Chihire, B.P. & Bisimwa, B.E.2019. Diversity and abundance of fruit flies (family: Tephritidae) in the Albertine rift zone, Democratic Republic
48. Rubabura, K.JA. & Muhigwa, B. JB. 2021. Current status of the Solanum fruit fly *Bactrocera latifrons* (Hendel) in the eastern part of Democratic Republic of Congo. *Insect Environment*. Vol. 24 (3), 370-380
49. Rubabura, K.JA. & Muhigwa, B. JB.2022. Infestation Rate and Abundance of Fruit Fly Species (Diptera, Tephritidae) on *Solanum aethiopicum*, *Solanum lycopersicum*, and *Capsicum* spp in Eastern of Democratic Republic of Congo. *NASS Journal of Agricultural Sciences*. Vol.1, 21-32
50. Scheuchl,E., 1995 *Illustrierte Bestimmungstabellen der Wildbienen Deutschlands und Österreichs*. Band I- Anthophoridae, 150p
51. Stephenw, P., Bohart, G. E. & Torchio ,P. F., 1969, *The Biology and External Morphology of Bees*. The Agricultural Experiment Station and printed by the Department of Printing, Oregon State University, Corvallis, Oregon, 140 p
52. Tautz, J. (2009). *L'étonnant monde des abeilles*. Belin.
53. Vaissiere, B. 2002. Abeilles et pollinisation. *Le courrier de la Nature* 196, Spécial Abeilles : 2427.
54. Vaissière, B. E. (2015). *La pollinisation des cultures par les insectes : Un service écosystémique essentiel*. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO).
55. Vaissiere, B., Morison, N. & Carre, G. 2005. Abeilles, pollinisation et biodiversité. *Abeilles et compagnie*, 106, 5p.
56. Wilson, J., Grsiwold, T., Messinger, O.2008. Sampling Bee Communities (Hymenoptera: Apiformes) in a desert Landscape: Are Pan Traps Sufficient. *Journal of the Kansas Entomological Society*; 81(3):288-300.
57. Wratten, S.D., Gurr, G.M., Tylianakis J.M. & Robinson, K.A. 2007. Cultural control. In van Emden, H.F. & Harrington R. (éd.), *Aphids as Crop Pests*, p. 423-445. CAB International, Cambridge, Massachusetts.

### C. Rapports

1. MTES (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire), (2019). Rencontre avec les pollinisateurs, 17.
2. WWF (2020). Living Planet Report: Bending the curve of biodiversity loss 2020.

### D. TFC, Memoires; Theses

1. Armand, L. (2011). Biodiversité des abeilles de Kinshasa : cas de l'université de Kinshasa. Mémoire de licence
2. Badjedjea, B. (2006). Contribution à l'étude de la Biodiversité des Lépidoptères Rhopalocères de la Réserve Forestière de MASAKO à Kisangani (R.D.Congo). Mémoire inédit : Université de Kisangani (RDC) 2006, 31.
3. Chergui, L. (2011). Inventaire et efficacité pollinisatrice des insectes butineurs de la courgette (*Cucurbita pepo* L.) (Cucurbitaceae) et du piment (*Capsicum annuum* L.) (Solanaceae). Mémoire master : faculté des sciences de la nature et de la vie. Université des Frères Mentouri Constantine 53p.
4. Desclee, D. (2017). Vers l'intégration des dynamiques humaines Et spatiales dans un processus systémique de diagnostic Multidimensionnel du 'Livelihoods' pour un Développement durable : Cas d'étude de la Réserve de Biosphère de Luki en RDC. Thèse de doctorat : Cotutelle, Université de Kinshasa/Université catholique De Louvain (RDC).
5. Maghni, N. (2006). Contribution à la connaissance des abeilles sauvages (Hymenoptera ; Apoidea) dans les milieux naturels et cultivés de la région de Khenchela. Mémoire de Magister; Université Mentouri Constantine.
6. Noudjoud, M. (2006). Contribution à la connaissance des abeilles sauvages (Hyménoptère, Apoidea) dans les milieux naturels et cultivés de la région de khenchela, Mémoire de Master, Université de Constantine, 139p.

## E. Webographie

1. <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-1050-coleopteres-especes-insectes.html>. Consulté le 26 octobre 2022
2. <https://www.insectescomestibles.fr/content/12-les-coleopteres-qu-est-ce-qu-uncoleopteres>. Consulté le 26 octobre 2022
3. <https://www.pollinis.org/publications/plantes-et-pollinisateurs-une-histoiredamour-et-de-dependance-millenaire/>. Consulté le 07 novembre 2022
4. <https://www.pollinisateurs-nouvelle-aquitaine.fr/la-pollinisation/>. Consulté le 26 octobre 2022
5. <https://www.quelestcetanimal.com/dipteres/>. Consulté le 26 octobre 2022
6. <https://www.bonosworld.org/fr/glossaire/indice-de-sorensen>. Consulté le 03 décembre 2022

## ANNEXES

## ANNEXE 1. Calculs des indices de Shannon-Weaver et de piéλου pour les jachères

Espèce	N.ind	pi	Lnpi	piLnpi
<i>Xylocopa caffra</i>	3	0,01	-4,61	-0,05
<i>Xylocopa nigrita</i>	5	0,02	-3,91	-0,07
<i>Xylocopa combusta</i>	2	0,01	-4,61	-0,03
<i>trigona spinepes</i>	7	0,02	-3,91	-0,10
<i>Apis mellifera</i>	20	0,07	-2,66	-0,18
<i>frieseomelitta nigra</i>	5	0,02	-3,91	-0,07
<i>Diadasia bituberculata</i>	7	0,02	-3,91	-0,10
<i>Polistes gigas</i>	15	0,05	-3,00	-0,16
<i>Polistes badius</i>	10	0,03	-3,51	-0,12
<i>Delta emarginatum</i>	5	0,02	-3,91	-0,07
<i>Delonogaster griseus</i>	17	0,06	-2,81	-0,17
<i>Delonogaster juncea</i>	8	0,03	-3,51	-0,10
<i>Dorylus niarembensis</i>	40	0,14	-1,97	-0,27
<i>Lasius niger</i>	19	0,07	-2,66	-0,18
<i>Asota speciosa</i>	3	0,01	-4,61	-0,05
<i>Paralacydes arborifera</i>	7	0,02	-3,91	-0,10
<i>Spilosoma lutescens</i>	5	0,02	-3,91	-0,07
<i>Cynthia cardui</i>	6	0,02	-3,91	-0,08
<i>Chalaxe jacijs</i>	4	0,01	-4,61	-0,06
<i>Eurytela dryope</i>	5	0,02	-3,91	-0,07
<i>Phalantha phalantha</i>	5	0,02	-3,91	-0,07
<i>Acropetes turbaghia</i>	2	0,01	-4,61	-0,03
<i>Protogonimorpha parhassus</i>	7	0,02	-3,91	-0,10
<i>Melanitis leda</i>	5	0,02	-3,91	-0,07
<i>Belenois aurota</i>	2	0,01	-4,61	-0,03
<i>Leptidea sinapis</i>	8	0,03	-3,51	-0,10
<i>Anthene definita</i>	5	0,02	-3,91	-0,07
<i>Pochnoda interrupta</i>	20	0,07	-2,66	-0,18
<i>Taurhina splendens</i>	8	0,03	-3,51	-0,10

<i>Volucella inanis</i>	22	0,08	-2,53	-0,19
<i>Eristalinus taeniops</i>	11	0,04	-3,22	-0,12
<b>S =31</b>				<b>-3,13</b>
indice de shannon-weaver	<b>3,13</b>			
Hmax	<b>3,43</b>			
Indice de piélou	<b>0,91</b>			

## ANNEXE 2. Les calculs des indices de Shannon-weaver et piélou dans les champs des cultures

Espèce	N.ind	pi	Lnpi	piLnpi
<i>Apis mellifera</i>	30	0,20	-1,62	-0,32
<i>frieseomelitta nigra</i>	3	0,02	-3,93	-0,08
<i>polistes gigas</i>	13	0,09	-2,46	-0,21
<i>polistes badius</i>	20	0,13	-2,03	-0,27
<i>Dorylus niarembensis</i>	50	0,33	-1,11	-0,37
<i>Spilosoma lutescens</i>	2	0,01	-4,33	-0,06
<i>Cynthia cardui</i>	8	0,05	-2,94	-0,15
<i>Belenois aurota</i>	7	0,05	-3,08	-0,14
<i>Leptidea sinapis</i>	19	0,13	-2,08	-0,26
<b>S=9</b>				<b>-1,85</b>
indice de shannon-weaver	<b>1,85</b>			
Hmax	<b>2,20</b>			
Indice de piélou	<b>0,84</b>			

**ANNEXE 3. Les calculs de l'indice de Simpson dans les champs des cultures**

<b>Espèces</b>	<b>n.ind</b>	<b>(n-1)</b>	<b>n (n-1)</b>
<i>Apis mellifera</i>	30	29	870
<i>frieseomelitta nigra</i>	3	2	6
<i>polistes gigas</i>	13	12	156
<i>polistes badius</i>	20	19	380
<i>Dorylus niarembensis</i>	50	49	2450
<i>Spilosoma lutescens</i>	2	1	2
<i>Cynthia cardui</i>	8	7	56
<i>Belenois aurota</i>	7	6	42
<i>Leptidea sinapis</i>	19	18	342
	<b>N=152</b>		<b>4304</b>
<b>N (N-1)</b>	<b>22952</b>		
$\frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)}$	<b>0,19</b>		
Indice de simpson	<b>0,81</b>		

**ANNEXE 4. Calculs de l'indice de simpson dans les jachères**

<b>Espèces</b>	<b>n.ind</b>	<b>(n-1)</b>	<b>n (n-1)</b>
<i>Xylocopa caffra</i>	3	2	6
<i>Xylocopa nigrita</i>	5	4	20
<i>Xylocopa combusta</i>	2	1	2
<i>trigona spinepes</i>	7	6	42
<i>Apis mellifera</i>	20	19	380
<i>frieseomelitta nigra</i>	5	4	20
<i>Diadasia bituberculata</i>	7	6	42
<i>polistes gigas</i>	15	14	210
<i>polistes badius</i>	10	9	90
<i>delta emarginatum</i>	5	4	20
<i>belonogaster griseus</i>	17	16	272

<i>belonogaster juncea</i>	8	7	56
<i>Dorylus niarembensis</i>	40	39	1560
<i>Lasius niger</i>	19	18	342
<i>asota speciosa</i>	3	2	6
<i>paralacydes arborifera</i>	7	6	42
<i>spilosoma lutescens</i>	5	4	20
<i>Cynthia cardui</i>	6	5	30
<i>Chalaxe jacius</i>	4	3	12
<i>Eurytela dryope</i>	5	4	20
<i>phalantha phalantha</i>	5	4	20
<i>acropetes turbaghia</i>	2	1	2
<i>Protogonimorpha parhassus</i>	7	6	42
<i>Melanitis leda</i>	5	4	20
<i>belenois aurota</i>	2	1	2
<i>leptidea sinapis</i>	8	7	56
<i>Anthene definita</i>	5	4	20
<i>Pachnoda interrupta</i>	20	19	380
<i>Taurhina splendens</i>	8	7	56
<i>Volucella inanis</i>	22	21	462
<i>Eristalinus taeniops</i>	11	10	110
	<b>N=288</b>		<b>4362</b>
<b>N (N-1)</b>	<b>82656</b>		
$\frac{\sum n(n - 1)}{N(N - 1)}$	<b>0,05</b>		
indice de simpson	<b>0,95</b>		

## ANNEXE 5. Calcul des indices de shannon et piélou dans le milieu naturel

Espèce	N.ind	Pi	Lnpi	piLnpi
<i>Xylocopa fenestrata</i>	4	0,04	-3,35	-0,12
<i>Apis mellifera</i>	24	0,21	-1,56	-0,33
<i>Grammodes exclusiva</i>	2	0,02	-4,04	-0,07
<i>Belenois aurota</i>	24	0,21	-1,56	-0,33
<i>Leptidea sinapis</i>	56	0,49	-0,71	-0,35
<i>Eurema hecabe</i>	2	0,02	-4,04	-0,07
<i>Melanitis leda</i>	2	0,02	-4,04	-0,07
<b>S=7</b>				
indice de shannon-weaver	<b>1,3</b>			
Hmax	<b>1,9</b>			
Indice de piélou	<b>0,67</b>			

## ANNEXE 6. Indice de Simpson milieu naturel

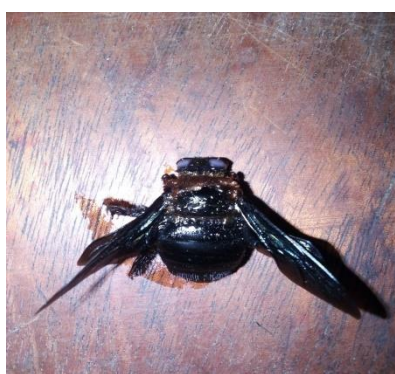
Espèces	n.ind	(n-1)	n (n-1)
<i>Xylocopa fenestrata</i>	4	3	12
<i>Apis mellifera</i>	24	23	552
<i>Grammodes exclusiva</i>	2	1	2
<i>Belenois aurota</i>	24	23	552
<i>Leptidea sinapis</i>	56	55	3080
<i>Eurema hecabe</i>	2	1	2
<i>Melanitis leda</i>	2	1	2
	<b>N=114</b>		<b>4202</b>
<b>N (N-1)</b>	<b>12882</b>		
$\frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)}$	<b>0,33</b>		
Indice de simpson	<b>0,67</b>		

## ANNEXE 7. Indice de Sorensen dans les différents biotopes

	Jachères	Champ des cultures	Milieu naturel
Jachères	-	45	21
Champ des cultures	45	-	37
Milieu naturel	21	37	-

## ANNEXE 8. Quelques photos de spécimen d'insectes capturé et identifiés.

### 1. Hyménoptères



*Xylocopa fenestrata*



*Xylocopa nigrita*



*Xylocopa caffra*



*Polistes gigas*



*Apis mellifera*

## 2. Lépidoptères



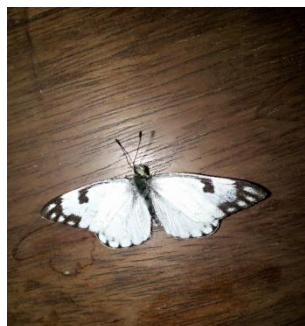
*Eurema hecabe*



*Belenois aurota*



*Grammodes exclusiva*



*Protogonimorpha parhassus*



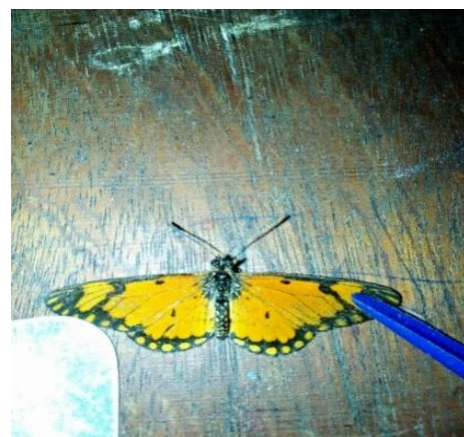
*Cynthia cardui*



*Leptidea sinapis*



*Melanitis leda*



*Phalantha phalantha*

### 3. Diptères



*Volucella inanis*



*Eristalinus taeniops*

### 4. Coléoptères



*Taurhina splendens*



*Pachnoda interrupta*

**ANNEXE 9. Rangs de toutes les espèces inventoriées**

Rang	Espèces	Effectif
1	<i>Dorylus niarembensis</i>	90
2	<i>Leptidea sinapis</i>	83
3	<i>Apis mellifera</i>	74
4	<i>Belenois aurota</i>	33
5	<i>Polistes badius</i>	30
6	<i>Polistes gigas</i>	28
7	<i>Volucella inanis</i>	22
8	<i>Pachnoda interrupta</i>	20
9	<i>Lasius niger</i>	19
10	<i>Belonogaster griseus</i>	17
11	<i>Cynthia cardui</i>	14
12	<i>Eristalinus taeniops</i>	11
13	<i>Frieseomelitta nigra</i>	8
14	<i>Belonogaster juncea</i>	8
15	<i>Taurhina splendens</i>	8
16	<i>Diadasia bituberculata</i>	7
17	<i>Trigona spinepes</i>	7
18	<i>Paralacydes arborifera</i>	7
19	<i>Spilosoma lutescens</i>	7
20	<i>Protogonimorpha parhassus</i>	7
21	<i>Melanitis leda</i>	7

22	<i>Xylocopa nigrita</i>	5
23	<i>Delta emarginatum</i>	5
24	<i>Eurytela dryope</i>	5
25	<i>Phalantha phalantha</i>	5
26	<i>Anthene definita</i>	5
27	<i>Xylocopa fenestrata</i>	4
28	<i>Chalaxe jacijs</i>	4
29	<i>Xylocopa caffra</i>	3
30	<i>Asota speciosa</i>	3
31	<i>Xylocopa combusta</i>	2
32	<i>Grammodes exclusiva</i>	2
33	<i>Acropetes turbaghia</i>	2
34	<i>Eurema hecabe</i>	2

## ANNEXE 10. Systématique des ordres inventoriées

### 1. Coléoptères et diptères

Ordres	Familles	Espèces	Jachère	Champs	Milieu naturel	Total
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Pachnoda interrupta</i>	20	0	0	20
		<i>Taurhina splendens</i>	8	0	0	8
Diptera	Syrphidae	<i>Volucella inanis</i>	22	0	0	22
		<i>Eristalinus taeniops</i>	11	0	0	11
Total			61	0	0	61

## 2. Hyménoptères

Ordre	Famille	Espèce	Jachère	Champs	Milieu naturel	Total
Hymenoptera	Apidae	Apis mellifera	20	30	24	74
		Diadasia bituberculata	7	0	0	7
		Trigona spinepes	7	0	0	7
		Frieseomelitta nigra	5	3	0	8
		Xylocopa nigrita	5	0	0	5
		Xylocopa caffra	3	0	0	3
		Xylocopa combusta	2	0	0	2
	Vespidae	Xylocopa fenestrata	-	0	4	4
		Belonogaster griseus	17	0	0	17
		Polistes gigas	15	13	0	28
		Polistes badius	10	20	0	30
		Belonogaster juncea	8	0	0	8

		Delta emarginatum	5	0	0	5
	Formicidae	Dorylus niarembensis	40	50	0	90
		Lasius niger	19	0	0	19
<b>Total</b>			<b>163</b>	<b>116</b>	<b>28</b>	<b>307</b>

### 3. Les lepidoptères

Ordres	Familles	Espèces	Jachère	Champs	Milieu naturel	Total
<b>Lepidoptera</b>	Erebidae	Paralacydes arborifera	7	0	0	7
		Spilosoma lutescens	5	2	0	7
		Asota speciosa	3	0	0	3
	Noctuidae	Grammodes exclusiva	0	0	2	2
	Nymphalidae	Protogonimorpha parhassus	7	0	0	7
		Cynthia cardui	6	8	0	14
		Eurytela dryope	5	0	0	5
		Phalantha phalantha	5	0	0	5
		Melanitis leda	5	0	2	7
		Chalaxe jacius	4	0	0	4
		Acropetes turbaghia	2	0	0	2
	Pieridae	Leptidea sinapis	8	19	56	83
		Belenois aurota	2	7	24	33
		Eurema hecabe	0	0	2	2
	Lycaenidae	Anthene definita	5	0	0	5
<b>Total</b>			<b>64</b>	<b>36</b>	<b>86</b>	<b>186</b>

**ANNEXE 11. Les photos des plantes visitées par les insectes pollinisateurs**



*Viguiera dentata*



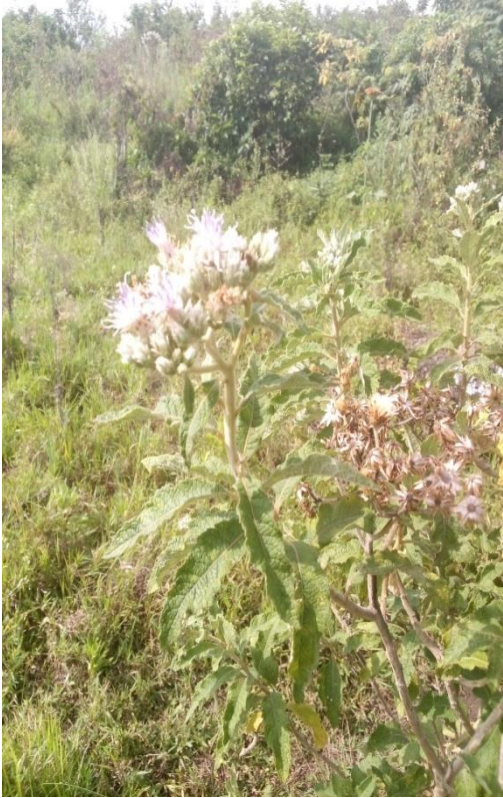
*Lantana camara*



*Ocimum gratissimum*



*Pentas lanceolata*



*Gymnanthemum coloratum*



*Kitaibelia vitifolia*



*Bidens pilosa*



*Ipomoea asarifolia*



*Zea mays*



*Phaseolus vulgaris*



*Solanum mauritianum*



*Zantedeschia aethiopica*



*Canna indica*