



ISSN Print: 2394-7500
ISSN Online: 2394-5869
Impact Factor: 8.4
IJAR 2020; 6(10): 941-951
www.allresearchjournal.com
Received: 23-08-2020
Accepted: 26-09-2020

Bukaka Wakini-Yeto Erick
Service d'Entomologie,
Université de Kinshasa
(UNIKIN), Faculté des
Sciences, Département de
Biologie, B.P. Kin XI, R.D.
Congo

Belade Zalo Joël
Service d'Entomologie,
Université de Kinshasa
(UNIKIN), Faculté des
Sciences, Département de
Biologie, B.P. Kin XI, R.D.
Congo

Nsabatien Nsongtsa Victoire
Service d'Entomologie,
Université de Kinshasa
(UNIKIN), Faculté des
Sciences, Département de
Biologie, B.P. Kin XI, R.D.
Congo

Nagahuedi Mbongu Sodi Jonas
Service d'Entomologie,
Université de Kinshasa
(UNIKIN), Faculté des
Sciences, Département de
Biologie, B.P. Kin XI, R.D.
Congo

Corresponding Author:
Bukaka Wakini-Yeto Erick
Service d'Entomologie,
Université de Kinshasa
(UNIKIN), Faculté des
Sciences, Département de
Biologie, B.P. Kin XI, R.D.
Congo

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

Bukaka Wakini-Yeto Erick, Belade Zalo Joël, Nsabatien Nsongtsa Victoire and Nagahuedi Mbongu Sodi Jonas

Abstract

Bees are keystone species playing a major role in the pollination of flowering plants worldwide. Despite their great ecological and economic values, in-depth knowledge of their ecology and community structure remains poorly documented especially in the Democratic Republic of Congo (DRC) where, in addition, their diversity is threatened. To remedy to that situation, this study aims to describe the structure and organization of wild bees communities in Kinshasa. Three collecting sites with specific landscape have been selected in Kinshasa, namely Symphonies Naturelles, Funa Valley and Lutendele. The sampling period extends from January to December 2016. Each site is visited once a month during this period. For each site, a total of five plots of approximately 100 m² have been defined for sampling. Two sampling methods were used: entomological net collection and the cup trap technique, colored either yellow, blue or white. To describe the structure of wild bee communities, ecological indices of composition and structure were considered on the one hand, and on the other hand, Rank-Frequency Diagram (RDF) models, including the geometric, lognormal and broken stick model, were evaluated to characterize the distribution of species at each site. The results found indicate that the diversity of wild bees is positively correlated with the quantity or aggregation of the resources they value and when that quantity increases, the structure of their community tends towards the geometric model. This reflects a relatively homogenous community in which each species exploits the same fraction of available resources. This kind of community is observed in Symphonies Naturelles where the environment is relatively undisturbed. Whereas in Funa Valley (a disturbed environment) and Lutendele (an agricultural environment) limited quantity of resources leads to a decrease in wild bees diversity and the structure of their communities best fits the broken stick model, reflecting that these communities experience a random resources sharing. Nevertheless, the ecological indices used in this study indicate that, despite environmental pressures, Kinshasa still maintains a significant diversity of wild bee species.

Keywords: Wild bees, diversity, community structure, modelling, Kinshasa, DRC.

Introduction

Les abeilles sont des intervenants majeurs dans la reproduction sexuée des plantes cultivées et des plantes sauvages par leur activité pollinisatrice. Le service de pollinisation qu'elles fournissent est essentiel pour près de 80% de la flore sauvage (Gallai *et al.*, 2009) ^[15] et pour environ 70% des plantes cultivées (Ritchie *et al.*, 2016) ^[30]. La pollinisation est donc l'un des principaux services écosystémiques apportés par les abeilles lors de leur recherche de nourriture (Abrol, 2012 ; Barbir *et al.*, 2015 ; Potts *et al.*, 2016) ^[1, 4, 28].

Par ailleurs, dans une communauté d'abeilles, outre les interactions d'ordre trophique permettant la pollinisation, les espèces interagissent à travers des relations d'ordre spatial. Ces interactions, ainsi que les exigences écologiques spécifiques à chaque espèce, contribuent à organiser les communautés d'abeilles et leur confèrent une certaine structure (Lincoln *et al.*, 1982) ^[23].

Cependant, depuis une vingtaine d'années, la diversité des abeilles sauvages est menacée par un cocktail de différents facteurs. Ces derniers se classent en deux grandes catégories : les facteurs naturels et les facteurs anthropiques (Vanbergen et Garrat, 2013 ; Fabrice et Le

Féon, 2016) [33, 10]. Parmi les facteurs naturels, les principaux ennemis naturels et responsables de la mortalité des abeilles sont l'acarien *Varroa destructor*, des champignons du genre *Nosema* et des bactéries (loque) (Formato *et al.*, 2010) [11]. La diversité des facteurs anthropiques est plus importante. Parmi eux : la perte des habitats naturels due à l'intensification des activités agricoles (François et Le Féon, 2017) [12] ; la diminution de la diversité et la quantité des ressources florales (Williams *et al.*, 2012 ; François et Le Féon, 2017) [36, 12] ; l'utilisation répandue et sans discernement des produits phytosanitaires (Henry *et al.*, 2012) [21] ; la désynchronisation de la relation plante-pollinisateur due au réchauffement climatique (Schenk *et al.*, 2017) [32].

Le déclin des populations d'abeilles sauvages peut avoir des conséquences à la fois sur les plantes cultivées par l'homme, sur la flore sauvage et sur les réseaux trophiques (chaînes alimentaires). Au-delà des conséquences sur la production de denrées pour l'homme, le déclin des populations d'abeilles est susceptible d'affecter l'ensemble du fonctionnement des écosystèmes (François et Le Féon, 2017) [12].

Face à la problématique de l'érosion de la diversité des abeilles, il s'avère impérieux de planifier leur conservation. Néanmoins, cela ne sera possible qu'en fonction de la détermination de la situation actuelle et des tendances des communautés d'abeilles sauvages au niveau local. Malheureusement, la faune des abeilles la République Démocratique du Congo souffre encore d'une insuffisance de connaissance à la matière.

Ainsi, c'est dans le contexte de disparition des abeilles sauvages et de manque de connaissances approfondies sur leur écologie en RDC que cette étude est entreprise, avec comme objectif de décrire la structure et l'organisation des communautés d'abeilles sauvages de Kinshasa dans l'espace.

2. Matériels Et Methodes

2.1. Milieu

Pour la récolte des données, trois sites de physionomie contrastée ont été retenus dans la ville de Kinshasa pour la récolte des données. Il s'agit des Symphonies Naturelles, communément appelées « Zamba ya Nda-Ngye », de la Vallée de la Funa et du site de Lutendele (tableau 1 et figure 1).

Tableau 1: Présentation des sites de capture des abeilles

Sites	Coordonnées géographiques	Caractéristiques	Localisation
Symphonies Naturelles	4°22'24.34''S 15°14'12.05''E	Forêt secondaire constituée par un large spectre d'espèces végétales indigènes et exotiques. Ce site est la plus grande réserve naturelle de Kinshasa	Commune de Ngaliema
Vallée de la Funa	4°25'08.64''S 15°18'00.75''E	Installée au sein d'un îlot forestier secondaire de reconstitution. Ce site connaît de plus en plus de fortes pressions anthropiques	Commune de Mont-Ngafula
Lutendele	4°23'28.03''S 15°10'55.54''E	Son paysage est constitué des lambeaux forestiers et d'une mosaïque de savanes herbeuses et de terrains sujets à une activité agricole variable. Il est fortement anthropisé.	Commune de Mont-Ngafula

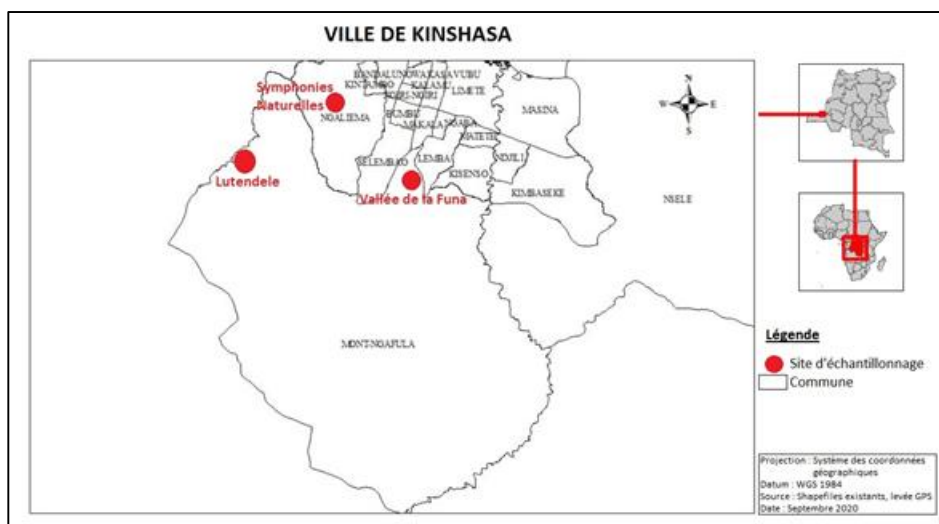


Fig 1: Localisation des sites d'étude dans la ville de Kinshasa

Kinshasa connaît un climat est du type Aw₄, d'après la classification de Köppen. Il s'agit d'un climat tropical humide soudanais, caractérisé par deux principales saisons: une grande saison des pluies d'une durée de huit mois (de fin septembre à fin mai), entrecoupée d'une petite saison sèche allant de janvier à février, et une saison sèche de juin à septembre. L'amplitude thermique annuelle y est également faible (3,45 °C). Cependant, la température moyenne annuelle est de 25 °C (Shomba *et al.*, 2015) [33].

2.2. Méthodologie

2.2.1. Récolte des données

La période d'échantillonnage s'étend de janvier à décembre 2016. Chaque site est visité une fois par mois pendant cette période. Pour chaque site, un total de 5 parcelles, d'environ 100 m², a été défini pour faire l'objet d'échantillonnage. La récolte s'effectue entre 9h00 et 16h30. Cet intervalle est fixé pour couvrir au maximum les heures de pics d'activité des pollinisateurs (Geroff *et al.*, 2014 ; Gezon *et al.*, 2015) [16, 17].

Pour recenser les abeilles sauvages, deux méthodes de récolte, dites "active" et "passive", sont mises en place (Westphal *et al.*, 2008; Nielsen *et al.*, 2011) [35, 27]. La première méthode "active" consiste à se déplacer avec un filet entomologique à capture manuelle et à capturer tous les individus rencontrés. Des périodes d'observations d'un quart d'heure sont chronométrées, de sorte que l'effort de récolte soit le même pour chacune des parcelles au sein d'un site. Cette précaution est indispensable afin de minimiser le biais d'échantillonnage causé par des collectes ciblées.

Pour la deuxième méthode, l'échantillonneur place des coupelles rondes en plastique blanc de 16 cm de diamètre et de 5 cm de hauteur. Ces coupelles sont colorées soit en jaune, en bleu ou en blanc avec une peinture qui reflète les ultra-violets. Les abeilles sont attirées par les couleurs reflétant les ultra-violets et ces trois couleurs maximisent les possibilités de capturer une grande gamme de pollinisateurs (Westphal *et al.*, 2008 ; Heneberg et Bogusch, 2014) [35, 20]. Chaque coupelle est remplie avec de l'eau savonnée (Liquide vaisselle). Les abeilles sont attirées par les couleurs et se noient dans le mélange eau-savon. Le savon permet de diminuer la tension de surface et d'enrober l'insecte pour qu'il tombe au fond de la coupelle. Le savon sélectionné est inodore pour ne pas baisser l'attractivité des coupelles (Roulston *et al.*, 2007) [31].

2.2.2. Conditionnement et identification

Les individus récoltés sont directement placés dans des fioles dûment étiquetées et contenant l'alcool dénaturé à 70 %, pour permettre leur conservation jusqu'à leur comptage. Les spécimens d'abeilles stockés dans l'alcool sont soigneusement préparés pour leur identification à l'aide du catalogue des abeilles afrotropicales (Eardley et Urban, 2010) [8].

2.3. Paramètres de description de la structure des communautés

2.3.1. Indices écologiques de composition

2.3.1.1 Abondance (A.R.)

L'abondance relative est le rapport du nombre d'individus d'un taxon pris en considération au nombre total d'individus de tous les taxons confondus. Elle est représentée par la formule suivante (Boulinier *et al.*, 1998) [6]:

$$A.R. (\%) = \frac{ni \times 100}{N}$$

- ni: le nombre des individus de l'espèce prise en considération.
- N: le nombre total des individus de toutes les espèces de la station.

2.3.1.2 Richesse spécifique (S)

Elle est le nombre total d'espèces que comporte la communauté considérée effectivement présentes sur un site d'étude et à un moment donné (Boulinier *et al.*, 1998) [6].

2.3.2 Indices écologiques de structure

2.3.2.1 Indice de Shannon-Wiener (H')

Cet indice combine l'abondance relative des espèces et la richesse totale à fin d'obtenir une expression mathématique permettant de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu et d'observer son évolution au cours du temps. Cet indice a l'avantage d'être indépendant de la taille de

l'échantillon (densité, abondance, biomasse) (Daget, 1976 ; Blondel, 1979 ; Legendre & Legendre, 1979 ; Barbault, 1992) [7, 22, 3]. Son unité est le bit, et elle est donnée par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^s pi(\log_2 pi)$$

Avec :

- pi = ni/N
- ni : le nombre des individus de l'espèce i.
- N : le nombre total des individus de toutes les espèces confondues.

2.3.2.2 Indice de diversité maximale (H'max)

La diversité maximale est représentée par H'max. Elle correspond à la valeur la plus élevée possible du peuplement (Ramade, 2003) [29]. Elle est calculée par la formule suivante :

$$H'max = \log_2 S$$

Avec

- H'max : diversité maximale ;
- S : richesse spécifique.

2.3.2.3 Equitabilité de Pielou (J)

L'équitabilité est le rapport entre la diversité effective de la communauté et sa diversité maximale théorique (Ramade, 2003) [29]. Elle est présentée par la formule suivante :

$$J = \frac{H'}{\log_2 S}$$

L'équitabilité varie de 0 à 1 : elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une même espèce ; elle est de 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance (Marcon, 2010) [25].

2.3.2.4 Indice de similarité

Il évalue la ressemblance entre deux sites en faisant le rapport entre les espèces communes aux deux sites et celles propres à chaque site. Cette analyse est fondée sur l'usage d'un des coefficients de communauté de Jaccard (Ramade, 2003) [29]. Il est calculé par l'expression qui suit :

$$J = \frac{c}{a + b + c}$$

- a: nombre d'espèces présentent uniquement dans le relevé a
- b: nombre d'espèces présentent uniquement dans le relevé b

2.3.3 Modélisation de la distribution d'abondance des espèces : diagrammes rang-fréquence

Les divers modèles de distribution spécifique sont basés sur différents modèles de partition des ressources entre espèces. Ainsi, à l'aide du logiciel PAST version 4.0, trois modèles d'abondance relative des espèces les plus utilisés (Girard-Buttoz, 2006) [18] sont appliqués pour les communautés d'abeilles sauvages de chaque site :

- (1) **Modèle de distribution d'abondance géométrique (ou modèle de Motomura)** : ce modèle se base principalement sur la théorie de la niche et sur le partage des ressources entre les espèces. Son interprétation écologique est fondée sur une

hypothétique forme de partage des ressources du biotope entre les espèces en présence (Frontier, 1976 ; Frontier et Pichod-Viale, 1991) [13, 14]. Ce modèle suppose donc que : chaque espèce s'approprie une même fraction K des ressources auxquelles elle a accès ; l'abondance de chaque espèce est proportionnelle aux ressources qu'elle s'est appropriée ; l'accès à la ressource s'ordonne hiérarchiquement dans un ordre de dominance.

Ce modèle possède deux paramètres (A_1 : abondance de la première espèce ; et m : constante de milieu de Motomura), qui peuvent être estimés par régression linéaire. De ce fait, dans un diagramme où l'abondance est portée en logarithme, l'équation du modèle se présente de la manière suivante (Wilson, 1991) [37] :

$$\log(A_i) = \log(A_1) + (i - 1)\log m$$

(2) **Modèle de distribution d'abondance lognormal (ou modèle de Preston)** : ce modèle décrit des communautés stables et à l'équilibre ou des communautés avec une grande richesse spécifique. Ce modèle a été proposé en 1948 par Preston. Il représentait l'abondance des espèces en abscisse par octave (1-2 individu, 2-4, 4-8 etc.), et le nombre d'espèces en ordonné. Dans ce modèle, la dominance des espèces majoritaires est faible et les espèces d'abondances intermédiaires sont très nombreuses (Girard-Buttoz, 2006) [18].

L'équation du modèle se présente de la manière suivante:

$$\log(A_i) = \overline{\log(A)} + \sigma \varphi^{-1}\left(\frac{S - i + 0,5}{S}\right)$$

Où S est le nombre d'espèces, $\overline{\log(A)}$ est le logarithme de la moyenne des abondances, et φ^{-1} est l'inverse de la fonction de répartition d'une distribution normale. Ce modèle possède deux paramètres optimisés, σ qui est l'écart-type et

$\overline{\log(A)}$, et un paramètre fixe qui est le nombre d'espèces S (Wilson, 1991) [18].

(3) **Modèle de distribution d'abondance du bâton brisé (modèle de MacArthur)** : ce modèle veut rendre compte de certaines distributions d'abondance d'espèces en ne faisant intervenir que le hasard du partage, sans aucun phénomène de compétition active entre espèces. Aussi, le modèle admet que le partage est strictement égalitaire, aucune espèce n'étant a priori privilégiée (Wilson, 1991) [18].

Selon ce modèle, l'abondance A_i de l'espèce i est :

$$A_i = \bar{A} \times \sum_{i=1}^S \frac{1}{i}$$

Avec S le nombre d'espèces, et \bar{A} la moyenne des abondances. Ce modèle n'a qu'un seul paramètre \bar{A} .

2.4 Traitement statistique des données

L'évaluation de l'influence des variations saisonnières sur le nombre de spécimens d'abeilles récoltés est appréciée par le test de Student et ce, à l'aide du logiciel Origin (version 6.1.). Ce même logiciel a permis l'obtention des diagrammes en bâton et en moustache (Boxplot). L'évolution temporelle de la richesse spécifique est déterminée par la régression logarithmique. Cette dernière a été obtenue à partir d'Excel 2016.

3. Resultats

3.1. Composition taxonomique de la faune récoltée

La récolte des abeilles dans la Vallée de la Funa fait état de 672 individus répartis en 3 familles, 13 genres et 20 espèces. Le tableau 2 présente l'aperçu systématique de ces espèces. Quant à l'abondance relative, il ressort qu'environ 59% des individus récoltés appartiennent à trois taxa, dont *Halictus sp.* (32,89%), *Apis mellifera* (15,92%) et *Megachile rufipennis* (10,92%). Les autres espèces se caractérisent chacune par une abondance relative inférieure à 10%.

Tableau 1: Liste des espèces d'abeilles récoltées dans la Vallée de la Funa

Famille	Sous-famille	Genre et espèce	Nombre d'individus	Abondance relative (%)		
Apidae	Apinae	<i>Amegilla sp</i>	2	0,3		
		<i>Apis mellifera</i> L. 1758	107	15,92		
		<i>Dactylurina staudingeri</i> Gribodo 1893	65	9,67		
		<i>Thyreus sp</i>	12	1,79		
		<i>Braunsapis sp</i>	31	4,61		
	Xylocopinae	<i>Xylocopa calens</i> Lapeletier 1841	14	2,08		
		<i>Xylocopa combusta</i> Smith 1854	8	1,19		
		<i>Xylocopa imitator</i> Smith 1854	17	2,53		
		Halictidae	Nomiinae	<i>Crocisaspidia chandleri</i> Ashmead 1899	21	3,13
				Halictinae	<i>Halictus jucundus</i> Smith 1853	18
		<i>Halictus sp</i>	221		32,89	
		<i>Lasioglossum duponti</i> Vachal 1903	22	3,27		
		<i>Lasioglossum sp</i>	25	3,72		
		<i>Leuconomia granulata</i> Vachal 1903	1	0,15		
		<i>Thrinchostoma wissmanni</i>	1	0,15		
Megachilidae	Megachilinae	<i>Megachile cincta</i> Fabricius 1781	2	0,3		
		<i>Megachile rufipennis</i> Fabricius, 1793	68	10,12		
		<i>Megachile rufipes</i> Fabricius 1781	17	2,53		
		<i>Megachile sp</i>	12	1,79		
		<i>Euaspis erythros</i> Meunier 1890	8	1,19		
Total			672	100,00		

Le tableau 3 présente la liste des espèces d'abeilles rencontrées aux Symphonies Naturelles. Ce tableau indique que 418 spécimens ont été récoltés. Ils se répartissent en 3 familles, 20 genres et 32 espèces. *Apis mellifera* (20,81%) et

Dactylurina staudingeri (17,70%) sont les espèces les plus abondantes, le reste des espèces étant représentées chacune par une abondance relative inférieure à 10%.

Tableau 2: Liste des espèces d'abeilles récoltées aux Symphonies Naturelles

Famille	Sous-famille	Genre et espèce	Nombre d'individus	Abondance relative (%)	
Apidae	Apinae	<i>Amegilla cincta</i> Fabricius 1781	11	2,63	
		<i>Apis mellifera</i> L. 1758	87	20,81	
		<i>Dactylurina staudingeri</i> Gribodo 1893	74	17,70	
		<i>Eucara macrognatha</i> Gerstaecker 1870	2	0,48	
		<i>Meliponula cameroonensis</i> Friese 1900	1	0,24	
		<i>Thyreus sp</i>	4	0,96	
		Xylocopinae	<i>Braunsapis sp</i>	7	1,67
			<i>Xylocopa calens</i> Lepeletier 1841	17	4,07
			<i>Xylocopa imitator</i> Smith 1854	3	0,72
			<i>Xylocopa nigrita</i> Fabricius 1804	2	0,48
Halictidae	Nomiinae	<i>Acunomia viridicincta</i> Meade-Waldo 1916	2	0,48	
		<i>Crocisaspida chandleri</i> Ashmead 1899	6	1,44	
	Halictinae	<i>Halictus jucundus</i> Smith 1853	13	3,11	
		<i>Halictus sp</i>	9	2,15	
		<i>Lasioglossum sp</i>	2	0,48	
		<i>Leuconomia candida</i> Smith 1875	3	0,72	
		<i>Leuconomia granulata</i> Vachal, 1903	12	2,87	
		<i>Pachynomia amoenula</i> Gerstaecker 1870	6	1,44	
		<i>Thrinchostoma wissmanni</i> Blüthgen 1930	4	0,96	
		Megachilidae	Megachilinae	<i>Coelioxys sp</i>	6
<i>Anthidium bouyssouii</i> Vachal 1903	2			0,48	
<i>Euaspid abdominalis</i> Fabricius 1773	19			4,55	
<i>Euaspid erythros</i> Meunier 1890	5			1,20	
<i>Lithurgus sparganotes</i> Cockerell 1937	1			0,24	
<i>Megachile bituberculata</i> Ritsema 1880	14			3,35	
<i>Megachile cincta</i> Fabricius, 1781	9			2,15	
<i>Megachile eurymera</i> Smith 1854	12			2,87	
<i>Megachile rufipennis</i> Fabricius, 1793	36			8,61	
<i>Megachile rufipes</i> Fabricius, 1781	29			6,94	
<i>Megachile sp</i>	16			3,83	
<i>Megachile sp1</i>	3			0,72	
<i>Megachile sp2</i>	1			0,24	
Total				418	100,00

Le tableau 4 reprend la liste des espèces d'abeilles récoltées à Lutendele. 228 spécimens ont été capturés, et ils se répartissent en 3 familles, 12 genres et 17 espèces. Les espèces les plus abondantes sont respectivement *Apis mellifera* (24,12%), *Dactylurina staudingeri* (21,05%) et

Megachile rufipennis (16,23%). Ces trois espèces représentent plus 61% des individus récoltés à Lutendele. Les autres espèces sont caractérisées par des faibles abondances, soit inférieures à 10%.

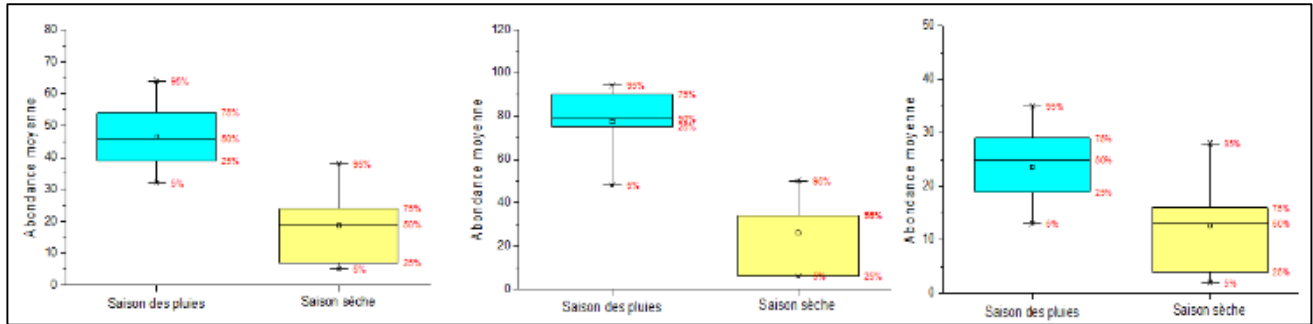
Tableau 3: Liste des espèces d'abeilles récoltées à Lutendele

Famille	Sous-famille	Genre et espèce	Nombre d'individus	Abondance relative (%)		
Apidae	Apinae	<i>Amegilla albocaudata</i> Dours 1869	7	3,07		
		<i>Amegilla cincta</i> Fabricius 1781	12	5,26		
		<i>Apis mellifera</i> L. 1758	55	24,12		
		<i>Dactylurina staudingeri</i> Gribodo, 1893	48	21,05		
		<i>Meliponula ferruginea</i> Lepeletier 1841	3	1,32		
		<i>Tetraloniella junodi</i> Friese 1909	2	0,88		
		<i>Thyreus albomaculatus</i> DeGeer 1778	3	1,32		
		<i>Thyreus meripes</i> Vachal 1903	1	0,44		
		Halictidae	Halictinae	<i>Halictus beniensis</i> Cockerell 1945	15	6,58
				<i>Thrinchostoma emini</i> Blüthgen 1930	13	5,70
Nomiinae	<i>Thrinchostoma wissmanni</i> Blüthgen 1930		1	0,44		
	<i>Pachynomia amoenula</i> Gerstaecker 1870		7	3,07		
Megachilidae	Megachilinae	<i>Ceylalictus congoensis</i> Pesenko & Pauly 2005	1	0,44		
		<i>Euaspid erythros</i> Meunier 1890	12	5,26		
		<i>Megachile gratiosa</i> Gerstaecker 1875	5	2,19		
		<i>Megachile polychroma</i> Cockerell 1937	6	2,63		
Total			228	100,00		

3.2. Variation saisonnière du nombre de spécimens

Les figures 2 (a, b et c) décrivent la variation saisonnière du

nombre de spécimens.



(a) Vallée de la Funa ($t = 3,973$; $p = 0,003$) (b) Symphonies Naturelles ($t = 5,221$; $p < 0,001$) (c) Lutendele ($t = 2,115$; $p = 0,061$)

Fig 2 : Variation saisonnière du nombre d'individus

Les résultats obtenus traduisent que, dans la Vallée de la Funa et aux Symphonies Naturelles, la saison sèche est la période la plus pauvre en individus, alors que la saison des pluies laisse apparaître un nombre considérable de spécimens ($p < 0,05$). Contrairement ces deux sites, le test de Student a indiqué que la variation saisonnière ne présente pas d'incidence significative sur le nombre d'individus à Lutendele ($t = 2,115$; $p > 0,05$).

de Lutendele atteignent le palier en octobre. Alors qu'aux Symphonies Naturelles, ledit palier est atteint en août. En outre, la richesse spécifique cumulée dans la Vallée de la Funa et à Lutendele dépasse 75% dès les six premiers mois de l'étude, alors que pendant cette même période, elle était de 59% aux Symphonies Naturelles (figure 3). La richesse cumulée tend asymptotiquement vers une valeur maximale. Ainsi, les coefficients de détermination des courbes logarithmiques des trois sites étudiés, tendant vers 1, indiquent la tendance vers une stabilisation, traduisant ainsi un effort significatif d'échantillonnage (figure 4).

3.3. Evolution temporelle de la richesse spécifique cumulée

Les courbes de richesses cumulées de la Vallée de la Funa et

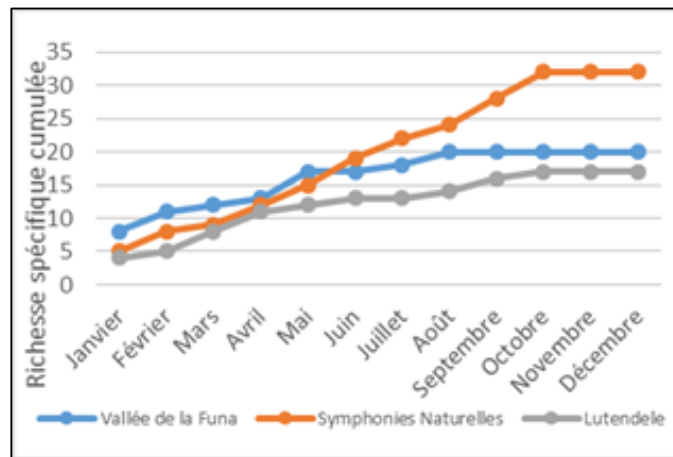


Fig 3: Evolution temporelle de la richesse spécifique cumulée calculée sur la base des résultats obtenus par site

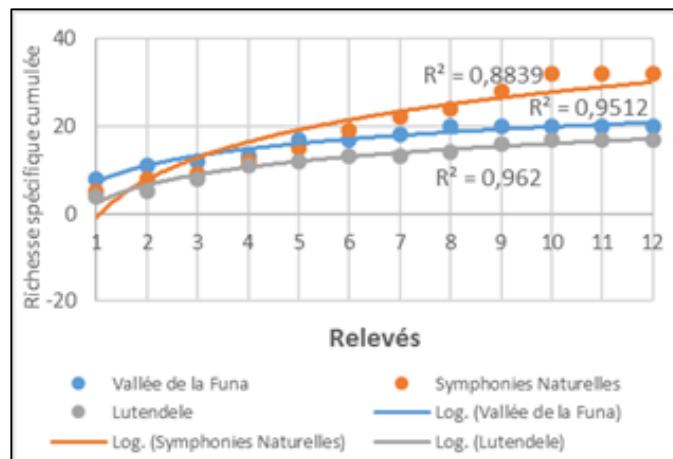


Fig 4: Courbes de tendance logarithmique de la richesse totale cumulée au cours des relevés

3.4. Evaluation de la diversité spécifique

3.4.1. Indice de Shannon (H') et indice de diversité maximale (H'max)

Les résultats de l'indice de Shannon sont présentés dans la figure 5. En effet, la valeur la plus importante de cet indice est obtenue aux Symphonies Naturelles (4,01 bits). La

Vallée de la Funa et Lutendele montrent des valeurs successives très proches de diversité 3,27 bits et 3,23 bits, mais faibles par rapport aux Symphonies Naturelles. La même tendance des résultats est observée pour l'indice de diversité maximale.

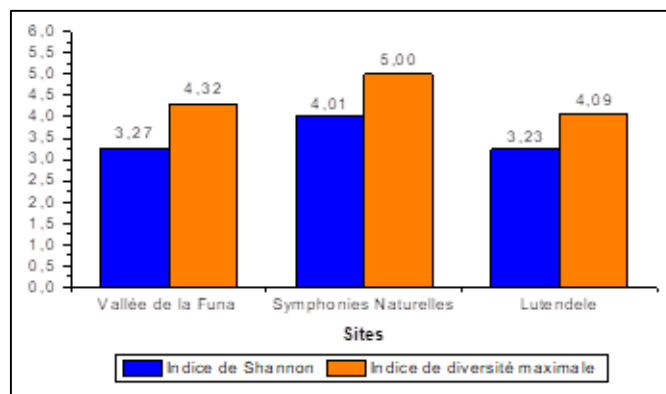


Fig 5: Variation spatiale de l'indice de diversité de Shannon et de diversité maximale

3.4.2. Equitabilité

Les résultats obtenus font état d'une équitabilité significative dans les communautés des abeilles récoltées ($J > 0,7$). Ces valeurs témoignent d'une régularité des peuplements au

niveau des trois sites étudiés. Cependant, l'équitabilité la plus importante est enregistrée aux Symphonies Naturelles, et la plus faible à Lutendele (figure 6).

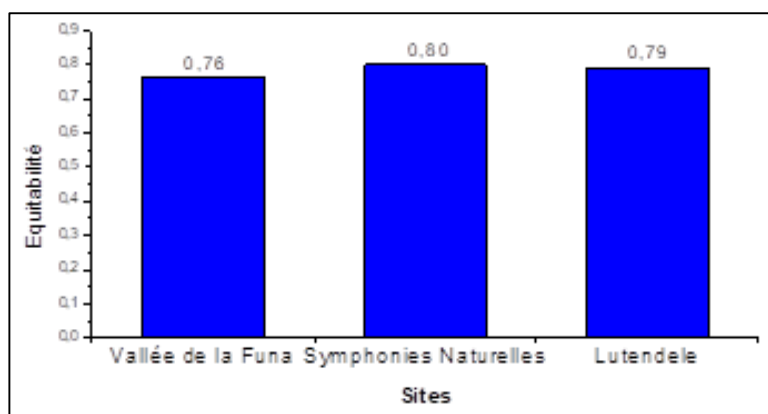


Fig 6: Variation spatiale de l'indice d'équitabilité de Pielou

3.4.3. Similarité

La matrice établie à partir de l'indice de similarité de Jaccard montre que les peuplements d'abeilles sauvages dans les trois sites sont très peu semblables entre eux. La valeur de l'indice de Jaccard la plus élevée enregistrée est d'environ 49%, et ce, entre la Vallée de la Funa et les

Symphonies Naturelle, avec 17 espèces communes. A l'opposé, les plus basses valeurs de similitude sont, d'une part, entre Lutendele et Symphonies Naturelles, avec environ 17% de similitude, soit 7 espèces communes, et d'autre part entre Lutendele et la Vallée de la Funa, avec 16% de similitude, soit 5 espèces communes (tableau 5).

Tableau 5: Indice de similarité de Jaccard

	Vallée de la Funa	Symphonies Naturelles	Lutendele
Vallée de la Funa	1,00		
Symphonies Naturelles	0,49	1,00	
Lutendele	0,16	0,17	1,00

3.5. Ajustement aux modèles DRF

3.5.1. Ajustement des données de la Vallée de la Funa aux modèles DRF

Les résultats des modèles DRF de distribution d'abondance

de la communauté des abeilles sauvages, récoltées dans la Vallée de la Funa, sont présentés dans la figure 7 et dans le tableau 6.

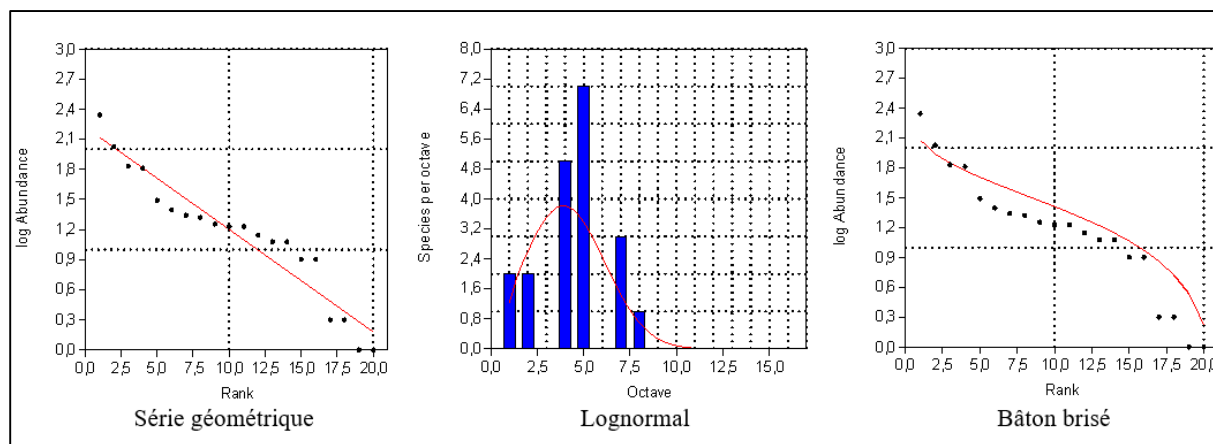


Fig 7: DRF de l'abondance des espèces d'abeilles sauvages de la Vallée de la Funa

Tableau 6: Résultats de l'ajustement de la distribution d'abondance des abeilles sauvages de la Vallée de la Funa aux modèles DRF

Géométrique		Lognormal		Bâton brisé	
A_1	2,224	Σ	0,662	\bar{A}	33,600
t	-0,102	$\log(A)$	1,124		
p-value	6,245 ^E -14	p-value	0,008	p-value	7,471 ^E -18
Significativité	***	Significativité	**	Significativité	***

Il ressort de ce qui précède que la communauté des abeilles sauvages de la Vallée de la Funa s'ajuste le mieux avec le modèle bâton brisé. Ce qui suppose que, dans cet habitat, la communauté des abeilles sauvages bénéficie d'un partage de la ressource globale non pas successivement et selon une même règle mais d'un seul coup et au hasard. Aussi, le bon ajustement de la communauté des abeilles dans ce milieu traduit l'absence de compétition active entre les espèces.

3.5.2. Ajustement des données des Symphonies Naturelles aux modèles DRF

La figure 8 et le tableau 7 reprennent les résultats des modèles DRF de distribution d'abondance de la communauté des abeilles sauvages récoltées aux Symphonies Naturelles.

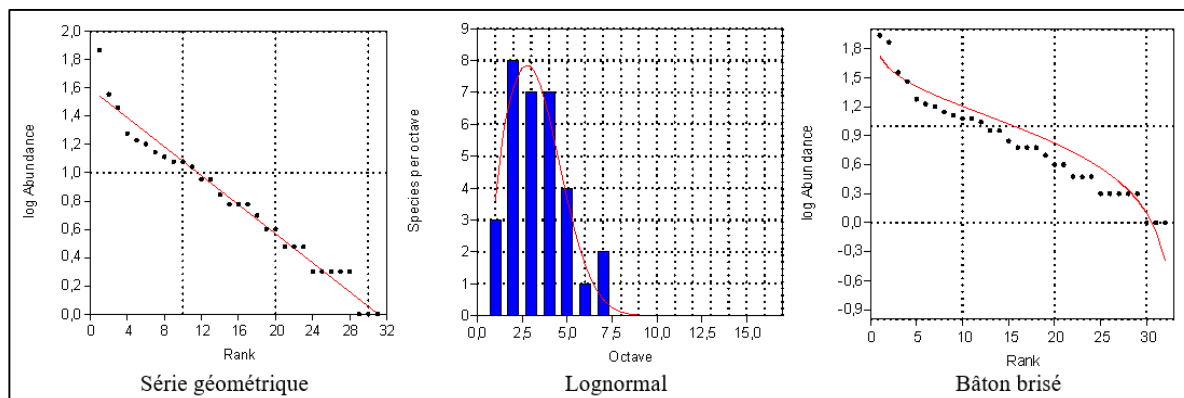


Fig 8: DRF de l'abondance des espèces d'abeilles sauvages des Symphonies Naturelles

Tableau 7: Résultats de l'ajustement de la distribution d'abondance des abeilles sauvages des Symphonies Naturelles aux modèles DRF

Géométrique	Lognormal	Bâton brisé
A_1	Σ	\bar{A}
1,690	0,499	13,063
t	$\log(A)$	
-0,053	0,752	
p-value	p-value	p-value
0,001	0,929	0,208
Significativité	Significativité	Significativité
**	NS	NS

Les résultats obtenus montrent que la distribution de l'abondance des abeilles sauvages des Symphonies Naturelles s'ajuste significativement au modèle géométrique. Ce qui traduit une importante diversité spécifique et entre les espèces règne un ordre hiérarchique corrélatif à leur taille. De ce fait, chaque espèce s'approprie

de la même fraction des ressources disponibles. Cela renseigne que cette communauté est relativement homogène quant à la taille de ses individus et au comportement de l'occupation de l'espace et donc au mode de vie. Cependant, suivant l'interprétation du modèle, il existe une compétition interspécifique aux Symphonies Naturelles. Et cette compétition ne se base que sur la quantité des ressources utilisées, c'est-à-dire l'occupation spatiale et la nourriture disponible.

3.5.3. Ajustement des données de Lutendele aux modèles DRF

Les résultats des modèles DRF de distribution d'abondance de la communauté des abeilles sauvages récoltées à Lutendele sont présentés dans la figure 9 et le tableau 8.

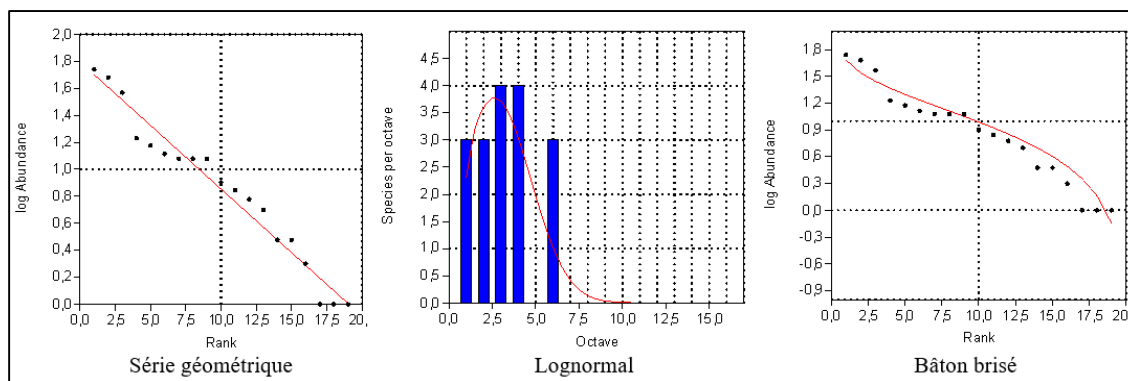


Fig 9: DRF de l'abondance des espèces d'abeilles sauvages aux Symphonies Naturelles

Tableau 8: Résultats de l'ajustement de la distribution d'abondance des abeilles sauvages de Lutendele aux modèles DRF

Géométrique	Lognormal		Bâton brisé		
A_1	1,800	Σ	0,578	\bar{A}	13,412
t	-0,109	$\log(A)$	0,818		
p-value	0,486	p-value	0,376	p-value	0,038
Significativité	NS	Significativité	NS	Significativité	*

Les résultats de nos analyses révèlent qu'à Lutendele, la distribution d'abondance des abeilles sauvages s'ajuste significativement au modèle bâton brisé. L'interprétation de la communauté des abeilles sauvages de la Vallée de la Funa est également valable pour celle de Lutendele.

4. Discussion

4.1. Composition de l'apidofoaune récoltée

En considérant les trois sites d'étude, au total 45 espèces d'abeilles ont été récoltées. Ces dernières appartiennent aux 22 genres. Quel que soit le site, les espèces récoltées appartiennent à trois familles, dont les Apidae, les Halictidae et les Megachilidae. Cela représente 1/3 des familles connues. Néanmoins, les familles des Andrenidae, des Colettidae et des Mellitidae n'ont pas été recensées, pourtant déjà signalées dans la partie Est de la RDC (Eardley *et al.*, 2010)^[9].

Certains auteurs ont démontré que la richesse spécifique des abeilles sauvages serait en parfaite corrélation avec la quantité des ressources alimentaires disponibles, qui est fonction de la composition de la matrice paysagère (Guirao, 2012)^[19]. Ce qui permet de comprendre pourquoi le site des Symphonies Naturelles, qui constitue la plus grande réserve naturelle de Kinshasa, connaît une richesse spécifique plus importante que les deux autres sites. Ceci pourrait traduire que les Symphonies Naturelles offre une gamme variée de ressources prisées par les abeilles sauvages. Et la Vallée de la Funa, qui connaît de plus en plus de fortes pressions anthropiques, offrirait aux abeilles sauvages une gamme relativement réduite de ressources, et présente de ce fait une richesse spécifique inférieure à celle des Symphonies Naturelles. La faible richesse spécifique enregistrée à Lutendele pourrait s'expliquer par une faible quantité des ressources recherchées par les abeilles sauvages, car ce site est fortement anthropisé.

4.2. Influence de la variation saisonnière sur les effectifs et les espèces d'abeilles

Les résultats notés aux Symphonies Naturelles et dans la Vallée de la Funa attestent que la saison des pluies influencerait une vive activité des abeilles sauvages, car elle

coïnciderait avec la floraison d'un grand nombre de plantes butinées par les insectes floricoles.

Dans les régions chaudes, la disponibilité de l'eau est un facteur limitant potentiellement puissant pour la distribution de nombreuses espèces (Mayer et Kuhlmann, 2004)^[26]. Et la ville de Kinshasa est caractérisée par une période de sécheresse d'environ 4 mois. Les précipitations mensuelles au cours de ces mois varient de 0,7 à 53,3 mm pourtant la précipitation moyenne annuelle est évaluée à 183,3 mm. Il est de ce fait clair que ces conditions puissent influencer la disponibilité des ressources végétales et par conséquent limiteraient l'activité des abeilles sauvages pendant la saison sèche.

Par contre à Lutendele, le test de Student a révélé que l'activité des abeilles sauvages n'aurait pas subi d'influence significative de la variation saisonnière. Cela s'expliquerait par le fait qu'il y a une constance de la présence des plantes recherchées par les abeilles sauvages, car certaines plantes sont cultivées pendant la saison sèche, tandis que d'autres pendant la saison des pluies. Ce qui justifierait la constance des effectifs des abeilles et de leur activité pollinisatrice, quelle que soit la variation saisonnière.

4.3. Diversité spécifique

En comparant les trois sites étudiés, la diversité spécifique la plus importante est enregistrée aux Symphonies Naturelles. Cette situation pourrait s'expliquer par la quantité des ressources florales disponibles pour les abeilles sauvages aux Symphonies Naturelles, comme cela est évoqué ci-haut. Malgré l'état observé de la diversité spécifique des abeilles au niveau de trois sites étudiés, les résultats de l'indice de similarité de Jaccard attestent que le taux de renouvellement des espèces d'abeilles est important quand on passe d'un type d'habitat à un autre. Ce qui revient à dire que la différence des types de ressources disponibles en fonction des sites influencerait la composition spécifique des abeilles.

4.4. Distribution d'abondance des espèces

Les résultats obtenus dans cette étude renseignent que la communauté des abeilles aux Symphonies Naturelles suit une progression géométrique. Ce qui traduit que chaque espèce s'approprie une même fraction K des ressources proportionnellement à sa taille. En plus, dans cette communauté, il existerait une compétition interspécifique limitée essentiellement au niveau de l'espace physique et de la ressource alimentaire (Maciejewski, 2010)^[24].

Ces résultats se rapprochent de ceux de Girard-Buttoz (2006)^[18], qui a travaillé sur les papillons et les syrphes. En effet, il a mis en évidence qu'une plus forte quantité de ressources, mais plus agrégées, comme c'est le cas pour les

Symphonies Naturelles, configure les communautés des insectes suivant la distribution Géométrique.

Cependant, les communautés d'abeilles de la Vallée de la Funa et de Lutendele s'ajustent au même modèle, celui de bâton brisé, appelé aussi modèle des niches contiguës non recouvrantes. En effet, le rapprochement de ces deux communautés pourrait s'expliquer par la fragmentation de l'habitat qui caractérise les deux sites considérés. Ce qui suppose que, compte tenu de l'état dispersé des ressources causé par la fragmentation de l'habitat, les recouvrements des niches des abeilles sauvages sont quasi nuls. Cela limiterait par conséquent la compétition active entre les espèces (Amanieu *et al.*, 1981)^[2].

5. Conclusion

Les résultats de cette étude ont démontré que le degré d'anthropisation des habitats influence la composition des communautés d'abeilles. Ainsi, les Symphonies Naturelles, qui constituent un site bénéficiant d'une certaine protection, présentent une richesse et une diversité spécifiques plus importantes que la Vallée de la Funa, qui est un site fortement anthropisé, et Lutendele, qui a été considéré pour son aspect agricole.

Cet état des choses conduit également à une certaine conformation de la structure des communautés d'abeilles étudiées par rapport à l'utilisation des ressources disponibles. Ainsi, dans le milieu le moins perturbé (Symphonies Naturelles), l'accès pour les abeilles à la ressource s'ordonne hiérarchiquement dans un ordre de dominance, tandis que dans la Vallée de la Funa et à Lutendele, les communautés d'abeilles sauvages connaissent un partage de la ressource au hasard.

Néanmoins, les indices écologiques utilisés dans cette étude indiquent que, malgré les pressions environnementales, la ville de Kinshasa maintient encore une diversité importante en espèces d'abeilles sauvages.

Ce travail est une étude prospective sur le lien qui existe entre la structure du paysage et celle des communautés d'abeilles. Ainsi, une étude plus approfondie de cette relation, qui passerait notamment par une analyse plus fine de la structure de la ressource, permettrait de confirmer la véracité de ce lien et de comprendre des processus qui régissent ces insectes pollinisateurs à Kinshasa.

6. References

1. Abrol DP. Pollination Biology : Biodiversity Conservation and Agricultural Production. Dordrecht : Springer. 2012, 792.
2. Amanieu M, Gonzales PL, Guelorget O. Critères de choix d'un modèle de distribution d'abondance - Acta Oecologica-International Journal of Ecology, vol. 2, n°3. 1981, 265-286.
3. Barbault TR. Ecologie des peuplements : structure, dynamique et évolution. Masson Ed. Paris. 1992, 273.
4. Barbir J, Badenes-Pérez FR, Fernández-Quintanilla C, Dorado J. The attractiveness of flowering herbaceous plants to bees (Hymenoptera: Apoidea) and hoverflies (Diptera: Syrphidae) in agro-ecosystems of Central Spain, Agricultural and Forest Entomology 2015;17(1):20-28.
5. Blondel J. Biogéographie et écologie. Masson Ed., Paris. 1979, 173.
6. Boulinier T, Nichols JD, Sauer JR, Hines JE, Pollock KH. Estimating species richness: the importance of heterogeneity in species detectability. Ecology 73(3) the Ecological Society of America. 1998, 1018.
7. Daget J. Les modèles mathématiques en écologie, Masson Ed. Paris. 1976, 172.
8. Eardley C, Urban R. Catalogue of Afrotropical bees (Hymenoptera : Apoidea : Apiformes). Zootaxa 2455. 2010, 1-548.
9. Eardley C, Kuhlmann M, Pauly A. The Bee Genera and subgenera of sub-Saharan Africa. Abc Taxa, Volume 2010;7:145.
10. Fabrice R, Le Féon V. Le tumultueux mariage entre abeilles et agriculture, Openfield 2016;7:1-14.
11. Formato G, Comini A, Giacomelli A, Ermenegildi A, Zilli R, Davis I. Veterinary care of honey bees in the UK, In Practice 2010;32(9):418-425.
12. François D et Le Féon V. Abeilles sauvages et dépendantes vertes routières, Pourquoi et comment développer la capacité d'accueil des dépendances vertes routières en faveur des abeilles sauvages. Marne-la-Vallée : Ifsttar, Ouvrages scientifiques, OSI2. 2017, 120, ISBN 978-2-85782-733-7.
13. Frontier S. Utilisation des diagrammes rangs-fréquence dans l'analyse des écosystèmes. J Rech. Océanogr. 1976;1(3):35-48.
14. Frontier S, Pichod-Viale D. Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution - Paris : Masson, 1991, 392.
15. Gallai N, Salles JM, Vaissière BE. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. Ecol. Econ. 2009;68:810-821.
16. Geroff RK, Gibbs J, McCravy KW. Assessing bee (Hymenoptera : Apoidea) diversity of an Illinois restored tallgrass prairie : methodology and conservation considerations, Journal of Insect Conservation 2014;18:951-964.
17. Gezon ZJ, Wyman ES, Ascher JS, Inouye DW, Irwin RE. The effect of repeated, lethal sampling on wild bee abundance and diversity, Methods in Ecology and Evolution 2015;6:1044-1054.
18. Girard-Buttoz C. Etude de la relation entre structure des communautés et distribution des ressources dans le paysage par l'utilisation des diagrammes rangs-fréquence (DRF). Mémoire de master 2 en Biodiversité Ecologie et Evolution. Université Paul Sabatier, Toulouse III. Inédit, 2006, 32.
19. Guirao AL. Abeilles sauvages et écologie urbaine, le gradient d'urbanisation et les abeilles sauvages : existe-t-il un filtre écologique sur la taille des espèces ? Master Mention Ingénierie et Gestion Territoriales – Spécialité. Géomatique. Université Paul Valéry Montpellier 2012;3:47.
20. Heneberg P, Bogusch, P. To enrich or not to enrich ? Are there any benefits of using multiple colors of pan traps when sampling aculeate Hymenoptera ?, Journal of Insect Conservation 2014;(18):1123-1136.
21. Henry M, Béguin M, Requier F, Rollin O, Odoux J, Aupinel P, Aptel J *et al.* A common pesticide decreases foraging success and survival in Honey Bees, Science. 2012;336:3-5.
22. Legendre L, Legendre P. Ecologie numérique 1. Le traitement multiple des données écologiques. Paris : Masson- Presses de l'université du Québec, 1979, 197.
23. Lincoln RJ, Boxshall GA, Clark PF. A dictionary of ecology, evolution and systematics. Cambridge university press, 1982, 298.

24. Maciejewski L. Méthodologie d'élaboration des listes d' « espèces typiques » pour des habitats forestiers d'intérêt communautaire en vue de l'évaluation de leur état de conservation. Service du Patrimoine Naturel, Muséum National d'Histoire Naturelle. Rapport SPN 2010-12, Agro Paris Tech, 2010, 67.
25. Marcon E. Mesures de la biodiversité. Unité Mixte de Recherche, Ecologie des Forêts de Guyane, 2010, 54.
26. Mayer C, Kuhlmann M. Synchrony of pollinators and plants in the winter rainfall area of South Africa - observations from a drought year. *Transactions of the Royal Society of South Africa*. 2004; 59:55-57.
27. Nielsen A, Dauber J, Kunin WE, Lamborn E, Jaukerg B, Moora M, Potts SG, Reitan T, Roberts S, Söber V, Settele J, Steffan-Dewenter I, Stout JC, Tscheulin T, Vaitis M, Vivarelli D, Biesmeijer JC, Petanidou T. Pollinator community responses to the spatial population structure of wild plants: A pan-European approach. *Basic and Applied Ecology* 2012;13:489-499.
28. Potts SG, Imperatriz-fonseca V, Ngo HT, Aizen MA, Biesmeijer JC, Breeze TD. Safeguarding pollinators and their values to human well-being, *Nature*, 2016, 1-10.
29. Ramade F. Elément d'écologie. Ecologie fondamentale. 3^e édition. Dunod. Paris. Rapport bibliographique. Ecole doctorale Vie-Agro-Santé Université de Rennes 2003, 23.
30. Ritchie AD, Ruppel R, Jha S. Generalist Behavior Describes Pollen Foraging for Perceived Oligolectic and Polylectic Bees. *Environmental Entomology*. 2016;45(4):909-919. Doi : 10.1093/ee/nvw032.
31. Roulston TH, Smith SA, Brewster AL. A Comparison of Pan Trap and Intensive Net Sampling Techniques for Documenting a Bee (Hymenoptera: Apiformes) Fauna, *Journal of the Kansas Entomological Society* 2007;80(2):179-181.
32. Schenk M, Krauss J, Holzschuh A. Desynchronizations in bee-plant interactions cause severe fitness losses in solitary bees, *Journal of Animal Ecology*, 2017, 1-10.
33. Shomba S, Mukoka F, Olela D, Kaminar M, Mbalanda W. Monographie de la ville de Kinshasa. ICREDES. Kinshasa-Montréal-Washington, 2015, 103.
34. Vanbergen AJ, Garratt MP. Threats to an ecosystem service : Pressures on pollinators, *Frontiers in Ecology and the Environment* 2013;11(5):251-259.
35. Westphal C, Bommarco R, Carré G, Lamborn E, Morison N, Petanidou T, Potts S *et al.* Measuring bee diversity in different european habitats and biogeographical regions. *Ecological Monographs*. 2008;78(4):653-671.
36. Williams NM, Regetz J, Kremen C. Landscape-scale resources promote colony growth but not reproductive performance of bumble bees, *Ecological Society of America* 2012;93(5):1049-1058.
37. Wilson JB. Methods for fitting dominance diversity curves - *Journal of Vegetation Science* 1991;2(1):35-46.