
Etude de la structure des communautés d'abeilles sauvages et du potentiel de pollinisation au Kauwberg (Uccle) et dans ses potagers partagés

Auteur : Flamion, Enora

Promoteur(s) : Francis, Frédéric; Noël, Grégoire

Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

Diplôme : Master en agroécologie, à finalité spécialisée

Année académique : 2020-2021

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/13673>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

ÉTUDE DE LA STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS D'ABEILLES SAUVAGES ET DU POTENTIEL DE POLLINISATION AU KAUWBERG (UCCLE) ET DANS SES POTAGERS PARTAGÉS

ENORA FLAMION

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER EN AGROÉCOLOGIE**

ANNÉE ACADÉMIQUE 2020-2021

CO-PROMOTEURS : FRÉDÉRIC FRANCIS ET GRÉGOIRE NOËL

LECTEUR : NICOLAS VEREECKEN

Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique de Gembloux Agro-Bio Tech.

Le présent document n'engage que son auteur.

ÉTUDE DE LA STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS D'ABEILLES SAUVAGES ET DU POTENTIEL DE POLLINISATION AU KAUWBERG (UCCLE) ET DANS SES POTAGERS PARTAGÉS

ENORA FLAMION

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER EN AGROÉCOLOGIE**

ANNÉE ACADÉMIQUE 2020-2021

CO-PROMOTEURS : FRÉDÉRIC FRANCIS ET GRÉGOIRE NOËL

LECTEUR : NICOLAS VEREECKEN

Remerciements

Merci à mes co-promoteurs Frédéric Francis et Grégoire Noël pour leur accueil au laboratoire d'entomologie et leur suivi dans la rédaction de ce travail de fin d'études.

Merci aux potagistes du Kauwberg pour leur sympathie, leur temps et leur investissement essentiel à la réalisation de ce travail.

Merci à Nathalie Semal pour son aide précieuse lors de la création du questionnaire.

Et un grand merci à mes proches pour leur aide et leur soutien durant ces deux années de master et la rédaction de ce travail. A mes parents pour leur confiance et leur aide, sans vous je n'aurais pas osé ce pari de reprendre des études. A Kevin pour son soutien sans faille même dans les moments difficiles. A ma sœur pour son aide sur l'écriture inclusive et son inspiration en tant que femme engagée. Et à Olivia qui fait le bonheur de sa marraine depuis deux ans.

Avertissement écriture inclusive

Afin de participer à la visibilité des femmes dans la langue française, ce travail a été rédigé en écriture inclusive. Nous avons donc recours à des formulations neutres (ex : les potagistes), à des tournures de phrases qui évitent de préciser le genre ou qui utilisent les deux (ex : nombre de potagistes, ils et elles ont mentionné...), à l'accord des fonctions et métiers (ex : autrice) et à l'utilisation du point médian permettant d'associer les deux genres (ex : les chercheur·euse·s).

Résumé

La situation des abeilles sauvages est sur le déclin tant en abondance qu'en diversité. Pourtant leur rôle est majeur dans la production alimentaire mondiale et plus largement dans le maintien de l'équilibre et du fonctionnement des écosystèmes. La superficie et le nombre de villes augmentant constamment, il est nécessaire d'adapter leurs espaces verts de manière à favoriser des communautés résilientes d'abeilles sauvages. Les objectifs de ce travail sont triples : (1) participer à l'inventaire des abeilles sauvages au Kauwberg, espace vert d'une commune fortement urbanisée (Uccle, Région Bruxelles-Capitale) pour analyser la structure des communautés ; (2) évaluer le service écosystémique fourni dans les potagers partagés du Kauwberg et (3) questionner les potagistes pour évaluer l'adéquation de leurs pratiques et croyances à la préservation des abeilles sauvages.

L'inventaire des abeilles sauvages révèle la présence de 100 espèces sur les 243 connues dans la région Bruxelles-Capitale, dont 40 sont spécialisées (oligolectiques ou parasites) et 47 sont terricoles. Les trois types d'habitats montrent des assemblages différents, appuyant leur complémentarité. Les potagers urbains montrent une abondance et une richesse élevée alors que le site de la sablière montre un assemblage d'abeilles unique au Kauwberg. L'évaluation du service écosystémique de pollinisation n'a pas permis d'observer des différences significatives entre les trois potagers du Kauwberg, plusieurs pistes d'amélioration du protocole sont proposées. Le questionnaire des potagistes révèle deux visions différentes de la biodiversité, une proche du concept scientifique et l'autre focalisée sur la biodiversité cultivée. Les potagistes mettent en place des pratiques déjà favorables pour les abeilles sauvages, mais la perception d'un beau potager peut être contradictoire avec leur conservation. Les pratiques culturelles (désherbage et paillage) sont différentes selon le potager. En conclusion, le Kauwberg est un lieu privilégié pour les abeilles sauvages dans une commune très urbanisée. Les potagers urbains qu'il accueille sont des lieux privilégiés de contact entre les citoyens et la nature et pourraient être un vecteur de sensibilisation à la conservation de la biodiversité.

Abstract

The situation of wild bees is declining both in abundance and diversity. Yet their role is major in global food production and more broadly in maintaining the balance and functioning of ecosystems. As the size and number of cities continue to grow, it is necessary to adapt their green spaces in order to promote resilient communities of wild bees. The objectives of this work are threefold: (1) to take part in an inventory of wild bees at Kauwberg, a green space in a highly urbanized city (Uccle, Brussels-Capital Region) to analyze community structure; (2) to assess the ecosystem service provided in the community gardens of Kauwberg; and (3) to interview gardeners to assess the compatibility of their practices and beliefs to the preservation of wild bees.

The inventory of wild bees reveals the presence of 100 species out of the 243 known in the Brussels-Capital Region, of which 40 are specialized (oligolectic or parasitic) and 47 are ground nesting. The three types of habitats show different assemblages, supporting their complementarity. The community gardens show a high abundance and richness while the sandpit site shows a unique bee assemblage in the Kauwberg. The evaluation of the ecosystem service of pollination did not reveal any significant differences between the three gardens at Kauwberg and several suggestions for improving the protocol are suggested. The vegetable gardeners' questionnaire reveals two different visions of biodiversity, one close to the scientific concept and the other focused on cultivated biodiversity. The vegetable gardeners implement practices that are already favourable for wild bees, but the perception of a beautiful vegetable garden can be contradictory with their conservation. Cultivation practices (weeding and mulching) are different in each garden. In conclusion, the Kauwberg is a privileged place for wild bees in a highly urbanized city. The urban vegetable gardens that it hosts are privileged places of contact between city dwellers and nature and could be a vector of awareness for biodiversity conservation.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|----|
| Liste des abréviations | 3 |
| Liste des figures | 3 |
| Liste des tableaux | 4 |
| 1. Introduction | 5 |
| 1.1. Déclin de la biodiversité et des abeilles sauvages | 5 |
| 1.2. Diversité des abeilles sauvages..... | 7 |
| 1.2.1. Lectisme | 7 |
| 1.2.2. Socialité..... | 8 |
| 1.2.3. Nidification..... | 8 |
| 1.3. Services écosystémiques et pollinisation..... | 9 |
| 1.3.1. Typologie des services écosystémiques | 9 |
| 1.3.2. La pollinisation, un service essentiel..... | 10 |
| 1.3.3. Evaluation du service de pollinisation | 12 |
| 1.4. Les abeilles sauvages en milieu urbain..... | 12 |
| 1.4.1. Caractéristiques du milieu urbain et leurs impacts sur les communautés d'abeilles sauvages | 12 |
| 1.4.2. Diversité des espaces verts urbains | 14 |
| 1.5. Focus sur les potagers partagés | 16 |
| 1.5.1. Potentiel de conservation des abeilles sauvages | 16 |
| 1.5.2. Multiples fonctions des potagers urbains | 19 |
| 1.6. Le projet KauwBees | 19 |
| 2. Hypothèses et objectifs..... | 21 |
| 3. Matériel et méthode..... | 22 |
| 3.1. Présentation du site | 22 |
| 3.2. Inventaire des abeilles sauvages au Kauwberg..... | 23 |
| 3.2.1. Echantillonnage | 23 |
| 3.2.2. Préparation de la collection entomologique | 27 |
| 3.2.3. Analyse des communautés | 28 |
| 3.3. Evaluation du service écosystémique de pollinisation dans les potagers | 31 |
| 3.3.1. Culture des pollinomètres..... | 31 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.3.2. | Dispositif expérimental | 32 |
| 3.3.3. | Traitement des résultats..... | 33 |
| 3.4. | Enquête sur les pratiques culturelles des potagistes | 34 |
| 3.4.1. | Mise en place de l'enquête | 34 |
| 3.4.2. | Traitement des résultats..... | 35 |
| 4. | Résultats | 36 |
| 4.1. | Inventaire et analyse des communautés..... | 36 |
| 4.1.1. | Description du jeu de données | 36 |
| 4.1.2. | Caractérisation des communautés par habitat | 42 |
| 4.1.3. | Comparaison des sites par une approche multivariée | 43 |
| 4.1.4. | Espèces indicatrices..... | 45 |
| 4.2. | Evaluation du service écosystémique de pollinisation | 45 |
| 4.3. | Analyse des pratiques culturelles des potagistes | 46 |
| 4.3.1. | Informations générales | 46 |
| 4.3.2. | Premier thème : biodiversité | 47 |
| 4.3.3. | Deuxième thème : réflexions personnelles..... | 47 |
| 4.3.4. | Troisième thème : plantes cultivées | 49 |
| 4.3.5. | Quatrième thème : pratiques culturelles | 50 |
| 4.3.6. | Incertitude et démotivation de certains potagistes | 51 |
| 5. | Discussion | 53 |
| 5.1. | Analyse des communautés..... | 53 |
| 5.2. | Evaluation du service écosystémique de pollinisation | 56 |
| 5.3. | Analyse des pratiques culturelles des potagistes | 58 |
| 6. | Conclusion..... | 62 |
| | Bibliographie..... | 63 |
| | Annexes | 72 |

LISTE DES ABREVIATIONS

- ANOVA** : Analyse de la variance (en Anglais : Analysis Of Variance)
CR : En danger critique d'extinction (en Anglais : *Critically Endangered*)
Ddl : Degrés de liberté
EN : En danger
IC : Intervalle de confiance
PCoA : Analyse en coordonnées principales
RE : Eteinte au niveau régional (en Anglais : *Regionally Extinct*)
UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature
VU : Vulnérable

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1. Classement de l'UICN pour l'évaluation du risque à l'échelle régionale; B. Statut de conservation des abeilles sauvages en Belgique (Drossart et al. 2019). | 6 |
| Figure 2. Répartition des espaces verts à Bruxelles. Issu de (Bruxelles Environnement 2015) | 14 |
| Figure 3. Evolution de la végétation de la sablière (BruGIS 2020) | 22 |
| Figure 4. Illustration de la diversité des sites sélectionnés..... | 24 |
| Figure 5. Circuits d'échantillonnage..... | 26 |
| Figure 6. Trio de pantraps mis en place dans un potager..... | 27 |
| Figure 7. Culture des pollinomètres (plants de moutarde) sous filet..... | 32 |
| Figure 8. Localisation des trois potagers partagés. | 33 |
| Figure 9. Dispositif expérimental d'évaluation du service écosystémique de pollinisation, mis en place dans chaque potager. | 33 |
| Figure 10. Courbes d'accumulation..... | 41 |
| Figure 11. Rangs d'abondance | 41 |
| Figure 12. Boxplots de (A) abondance absolue, (B) richesse spécifique, (C) indice de Simpson et (D) indice de Shannon | 43 |
| Figure 13. Analyse en coordonnées principales (PCoA) de l'ensemble des sites. | 44 |
| Figure 14. Analyse en coordonnées principales (PCoA) des sites potagers. | 44 |
| Figure 15. Boxplot des taux de fructification des pollinomètres. | 46 |

| | |
|--|----|
| Figure 16. Motivation des potagistes à jardiner au Kauwberg..... | 48 |
| Figure 17. Importance de la beauté du potager pour les potagistes..... | 48 |
| Figure 18. Fleurs sauvages ou cultivées embellissant les potagers du Kauwberg. | 49 |
| Figure 19. Nombre d'espèces cultivées par les potagistes | 49 |
| Figure 20. Finalité des plantes cultivées par les potagistes, cumul du nombre de réponses par potager. | 50 |
| Figure 21. Intensité de désherbage dans les parcelles potagères..... | 51 |
| Figure 22. Exemple de cabane auto-construite par les potagistes dans le potager Dolez. | 52 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1. Sites d'échantillonnages du projet KauwBees. | 25 |
| Tableau 2. Thèmes et sous-thèmes abordés dans le questionnaire à destination des potagistes. | 35 |
| Tableau 3. Taux d'indentification des abeilles collectées en 2021 par site et par d'habitat. .. | 37 |
| Tableau 4. Ensemble des espèces identifiées au Kauwberg. | 38 |
| Tableau 5. Résultats des tests ANOVA et Kruskal-Wallis pour l'abondance, la richesse et les indices de Simpson et de Shannon | 42 |
| Tableau 6. Synthèse des résultats pour des espèces indicatrices | 45 |
| Tableau 7. Synthèse des résultats des visites florales | 45 |

1. INTRODUCTION

1.1. Déclin de la biodiversité et des abeilles sauvages

Le constat est sans appel, l'érosion de la biodiversité est un phénomène bien tangible. Le taux mondial d'extinction des espèces est critique et ne cesse d'augmenter. Selon le rapport de l'IPBES¹ (2019), 25 % des espèces sont en voie d'extinction. Ce phénomène, dirigé par les activités humaines, touche tous les groupes d'animaux et de végétaux. D'autres indicateurs de la santé de la biodiversité sont également au rouge comme la chute de biomasse des espèces et la dégradation massive des écosystèmes terrestres et marins.

Les insectes, qui sont le groupe le plus abondant des animaux, ne sont pas épargnés par ce phénomène. Au contraire, leur déclin s'est dangereusement accéléré depuis 20 ans menant à 31 % d'espèces menacées et à un rythme d'extinction sept fois supérieur à celui des vertébrés (Sánchez-Bayo and Wyckhuys 2019).

Nombre de chercheur·euse·s ont étudié le sujet, et quatre grands facteurs affectant la survie des insectes ont été identifiés. Le facteur principal est la diminution et la fragmentation des habitats. Les zones naturelles sont progressivement remplacées par l'extension des villes, de l'agriculture et de l'industrialisation (Sánchez-Bayo and Wyckhuys 2019). Le deuxième facteur est la pollution émise par les activités humaines dont les principales sont les fertilisants et pesticides de synthèse et les produits chimiques issus de l'industrie et de l'extraction des ressources naturelles (Sánchez-Bayo and Wyckhuys 2019). Les facteurs biotiques viennent en troisième position et comprennent notamment les parasites et pathogènes, dont la sensibilité des insectes a augmenté suite à l'exposition des insectes aux pesticides (Goulson et al. 2015), la propagation des espèces invasives et l'augmentation de la prédation (Sánchez-Bayo and Wyckhuys 2019). Enfin, le dernier facteur est le dérèglement climatique qui influence diversement les espèces en fonction de leurs spécificités et de leur milieu de vie (Sánchez-Bayo and Wyckhuys 2019).

Les effets se manifestent par une diminution de la biomasse et un appauvrissement de la richesse spécifique des communautés, qui sont de plus en plus fréquemment dominées par des espèces généralistes (Sánchez-Bayo and Wyckhuys 2019). Pourtant, l'importance des insectes dans les écosystèmes est majeure, car ils leur fournissent de nombreux services.

¹ La plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques

Parmi eux, les abeilles ont un rôle prépondérant dans les écosystèmes. En effet, elles sont un maillon important des réseaux trophiques², mais surtout, elles sont les contributrices majeures de la pollinisation entomophile³ (Danforth et al. 2006), nécessaire pour la survie de nombreuses plantes. En Belgique l'étude des abeilles a fourni de nombreuses publications dès la fin du 19^{ème} siècle (Drossart et al. 2019) et le premier avertissement de leur déclin fut publié en 1976 par Gaspar et al.

Actuellement, le suivi des abeilles belges peut s'appuyer sur la *Belgian Red List of Bees* (Drossart et al. 2019) qui recense l'ensemble des abeilles du territoire en se basant sur les données historiques et récentes. Ce rapport évalue également le statut de conservation de chaque espèce en suivant le classement de l'UICN⁴ pour l'évaluation du risque à l'échelle régionale (Figure 1). Sur les 381 espèces recensées sur le sol Belge, 45 (11.8 %) sont déjà éteintes au niveau régional (RE) et 113 (29.1 %) sont dans une catégorie menacée correspondant à *en danger critique d'extinction* (CR), *en danger* (EN) ou *vulnérable* (VU).

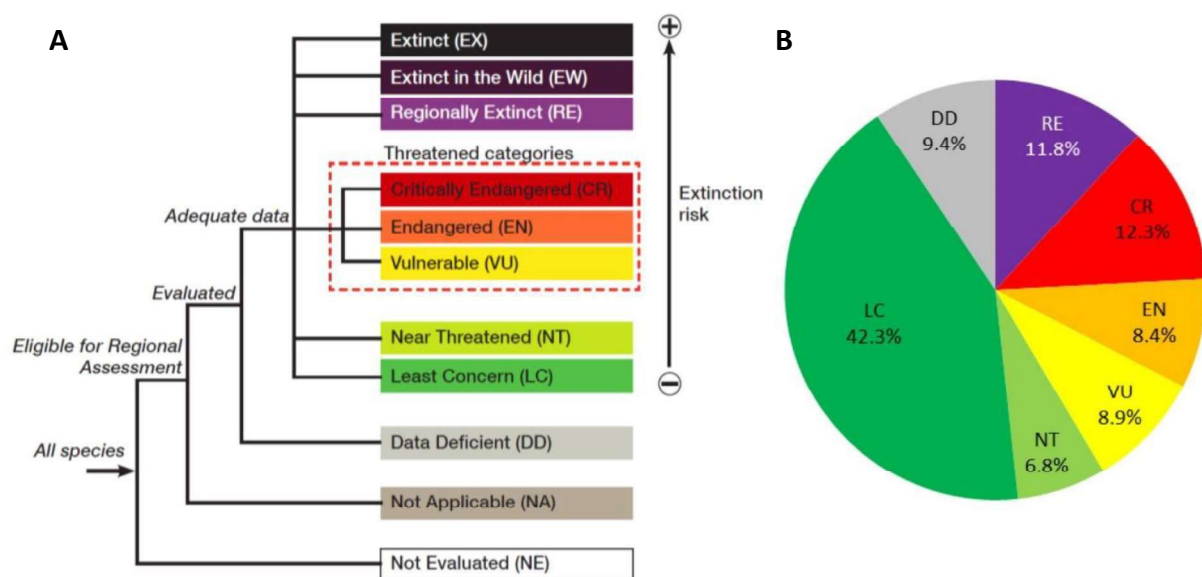


Figure 1. Classement de l'UICN pour l'évaluation du risque à l'échelle régionale; B. Statut de conservation des abeilles sauvages en Belgique (Drossart et al. 2019).

Lorsque l'on parle d'abeilles, la plus connue est l'abeille mellifère (*Apis mellifera*, L. 1758) qui forme de grandes colonies. Selon l'UICN, cette espèce est vraisemblablement éteinte à l'état sauvage à l'échelle de l'Europe, son aire de répartition naturelle (UICN 2015). Toutefois, elle existe toujours sous forme domestiquée, maintenue en ruche par les apiculteur·rice·s. L'abeille

² L'ensemble des interactions alimentaires existant entre les organismes d'un écosystème (proie-prédateur, pollinisateur-plante...) (UCLouvain, n.d.)

³ La pollinisation entomophile ou entomophilie est un mode de pollinisation réalisé par les insectes

⁴ L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature

domestique n'est, elle, pas en danger et montre même une augmentation croissante du nombre de ruches en Belgique et en Europe (Commission Européenne 2020). Elle est d'une grande importance économique tant pour la pollinisation des productions agricoles que pour l'obtention de produits issus de l'apiculture (miel, cire, gelée royale, propolis...). Cependant, sa présence en grand nombre peut être néfaste pour les abeilles sauvages en raison de la compétition pour les ressources alimentaires et du risque de transmission de maladies (Mallinger, Gaines-Day, and Gratton 2017).

1.2. Diversité des abeilles sauvages

Les abeilles sont des insectes faisant partie du genre des Hyménoptères, rassemblés dans la super-famille *Apoidea* et finalement dans le clade *Anthophila*. Leur classement en famille est toujours discuté, celui que nous utiliserons dans ce travail compte six familles : Adrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae, Megachilidae et Melitidae. Pour décrire leur écologie, trois caractéristiques principales sont généralement considérées : le lectisme, la socialité et le type de nidification.

1.2.1. Lectisme

Le lectisme est la capacité des abeilles à exploiter les ressources alimentaires de peu ou d'un grand nombre de plantes. En effet, pour se nourrir, les abeilles ont besoin de pollen, comme source de protéines et de lipides, et de nectar, comme source de glucides. Selon la taille et la forme de leur corps et la taille de leur langue, elles sont capables de se nourrir sur certaines fleurs et pas sur d'autres (Falk 2015). Ainsi, les abeilles ayant une petite langue ne pourront se nourrir que sur des fleurs ayant un petit tube corollaire (Willmer 2011). A cela s'ajoute certaines préférences de couleur et des besoins physiologiques spécifiques qui influencent également le choix des ressources alimentaires (Falk 2015). Leur période de vol régit également la disponibilité florale. Le type de lectisme est généralement divisé en deux catégories. Les abeilles **polylectiques** se nourrissent sur de nombreuses plantes de familles différentes. Elles sont considérées comme des espèces généralistes. Alors que les abeilles **oligolectiques** trouvent leurs ressources alimentaires dans une seule famille de plantes. Certaines abeilles polylectiques montrent cependant de fortes préférences pour une famille de plantes, tout en étant capables de se nourrir d'une plus grande diversité si cela est nécessaire.

1.2.2. Socialité

La socialité est la deuxième caractéristique qui nous intéresse. La majorité des abeilles sauvages présentes en Belgique sont **solitaires** (Drossart et al. 2019). Les femelles fécondées construisent le nid et y déposent un œuf par cellule. Elles y ajoutent des ressources alimentaires (pollen et nectar) avant de les sceller. Elles meurent peu de temps après cela, alors que les œufs vont éclore et consommer les provisions puis passer l'hiver sous forme de nymphe. Après l'hiver, les nouveaux mâles sortent du nid en premier, suivis de peu par les femelles. Lorsqu'il y a deux cycles complets sur une année, les espèces sont alors dites bivoltines (Falk 2015; N. Vereecken 2017). Leur survie dépend alors du succès des deux générations.

Les espèces **eusociales (primitives)**, vivent en colonies bien organisées. Leur société est organisée en castes qui sont morphologiquement différentes et qui ont chacune leur rôle. Les ouvrières sont petites et s'occupent de l'entretien et du nourrissage de la colonie. La reine, plus grosse, se charge de pondre pour produire les nombreuses générations tout au long de la saison. Les mâles, ont uniquement une fonction reproductive (Falk 2015). Ce type d'organisation s'observe notamment chez les bourdons (genre *Bombus*) et chez les abeilles mellifères (Drossart et al. 2019). Il est aussi présent chez d'autres hyménoptères comme les guêpes et les fourmis et chez les termites qui font partie de l'ordre des isoptères. Entre les comportements solitaire et eusocial, se situent d'autres types d'organisations qui ne sont pas tout à fait l'une ou l'autre. Certaines espèces partagent la même entrée de galerie et d'autres partagent également les tâches sans qu'il y ait de différenciation de caste (N. Vereecken 2017).

Enfin, les abeilles coucous montrent un dernier type de socialité, elles sont **cleptoparasites**. Elles identifient les nids en formation d'autres espèces et vont pondre dans leurs cellules qui sont en remplissage. Lorsque la larve d'abeille coucou éclot, elle dévore l'œuf indigène puis les ressources alimentaires qui ont été amassées par l'individu parasité (Falk 2015). Ces abeilles coucous ont évolué conjointement avec d'autres espèces, elles ont donc chacune une ou un petit nombre d'hôtes qu'elles parasitent (Nieto et al. 2014). Seules des communautés d'hôtes stables et suffisamment abondantes sont capables d'assurer la présence d'espèces cleptoparasites, elles sont donc un bon critère de santé d'une population (Lanner et al. 2020).

1.2.3. Nidification

La dernière caractéristique qui nous intéresse est le type de nidification. De nombreuses espèces nichent au sol et creusent des galeries pour constituer leur nid sans avoir besoin d'autres matériaux. Chaque espèce **terricole** a ses exigences en matière de granulométrie et de pente

(Potts et al. 2005), mais ils sont généralement dans des sols bien drainés et exposés au soleil afin d'être rapidement réchauffés (Falk 2015). Certaines espèces belges sont par exemple inféodées aux sols sableux bien exposés au soleil (N. Vereecken et al. 2006). Certaines espèces utilisent des cavités **sous le sol** comme des terriers de rongeurs abandonnés (Falk 2015).

D'autres abeilles nichent **en hauteur**, le plus souvent dans des cavités préexistantes. Selon les espèces, elles installent leur nid dans des tiges creuses, anfractuosités en tout genre (vieux murs, bois mort, crevasses...), hôtels à insectes, terriers abandonnés et même dans des coquilles d'escargot vides pour certaines espèces du genre *Osmia* (Falk 2015; N. Vereecken 2017). Les ressources utilisées pour créer les cellules larvaires sont nombreuses : boue, feuilles, pétales, fibres végétales, petites pierres, résine... (Falk 2015; N. Vereecken 2017).

Il existe encore bien d'autres types de nidification, moins fréquente : les abeilles hélicicole nichent dans des coquilles d'escargots vides, les abeilles charpentières creusent le bois, les abeilles cotonnières utilisent des fibres naturelles pour construire leur nid... (N. Vereecken 2017)

1.3. Services écosystémiques et pollinisation

1.3.1. Typologie des services écosystémiques

Les biotopes et la biodiversité apportent de bénéfiques services aux humains. Ceux-ci sont nombreux et variés et ont été conceptualisés sous le nom de services écosystémiques qui sont les bénéfices que les humains obtiennent des écosystèmes (Millennium Ecosystem Assessment 2005). Ce concept est donc une vision anthropocentrée qui estime la valeur économique des services nécessaires au bien-être humain. Faisant partie intégrante des écosystèmes, les humains sont en interaction dynamique avec leurs autres composantes (Millennium Ecosystem Assessment 2005). Les activités humaines peuvent influencer positivement ou négativement les services écosystémiques. Les activités humaines ayant des considérations sociales, économiques ou culturelles, impactent donc positivement ou négativement le fonctionnement des écosystèmes, les services écosystémiques et le bien être humain qui y sont associés.

Il existe différentes typologies pour classer ces services écosystémiques. Celle qui sera utilisée dans ce travail est issue de l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (MEA), dans laquelle les services écosystémiques sont classés en 5 types :

- Les **services de provision** incluent les avantages matériels produits par les écosystèmes et utilisés par les humains comme le bois, l'eau, la nourriture et les plantes médicinales (FAO, n.d.) ;
- Les **services de régulation** sont les bénéfices issus de la régulation des écosystèmes. Ils régulent par exemple le climat, la qualité de l'eau, la limitation de l'érosion des sols et influencent la gestion des ravageurs (FAO, n.d.);
- Les **services culturels** regroupent les bénéfices non-matériels issus des écosystèmes qui sont par exemple récréationnels, esthétiques ou spirituels. Un cadre de vie agréable, l'inspiration apportée par la nature, les loisirs et la valeur patrimoniale en sont quelques exemples (FAO, n.d.);
- Les **services de support** sont ceux nécessaires au bon fonctionnement des trois autres types de services écosystémiques, ils rassemblent notamment la formation et le renouvellement du sol, le cycle de l'eau et du carbone... (FAO, n.d.).

1.3.2. La pollinisation, un service essentiel

La pollinisation des végétaux est un service écosystémique important qui appartient aux services de régulation. Ce phénomène permet la fécondation des végétaux en transportant le pollen des organes reproducteurs mâles aux organes reproducteurs femelles. La pollinisation est qualifiée d'abiotique lorsqu'elle est conduite par le vent⁵ ou l'eau⁶ et de biotique lorsqu'elle est menée par les animaux, ce qui est le cas pour la grande majorité des plantes à fleurs (Ollerton, Winfree, and Tarrant 2011). Certains vertébrés comme des oiseaux ou chauves-souris y participent, mais ce sont les insectes qui y contribuent le plus : syrphes, guêpes, papillons, coléoptères et particulièrement les abeilles, qui sont le groupe le plus important et le plus spécialisé (Danforth et al. 2006; Rader et al. 2016). Ces dernières sont complètement dépendantes des plantes à fleur pour leur alimentation et leur morphologie est particulièrement bien adaptées pour la collecte, le stockage et le transport de pollen. Cette relation mutualiste a mené à une coévolution entre les plantes à fleurs et les abeilles et à une extraordinaire diversité pour les deux groupes (Crepet 1984).

La pollinisation est un service écosystémique essentiel pour l'équilibre et le fonctionnement des écosystèmes. En fonction de la région considérée, ce sont entre 78 % et 94 % des plantes sauvages qui dépendent de la pollinisation biotique, la proportion la plus élevée dans les zones

⁵ La pollinisation par le vent est nommée pollinisation anémophile

⁶ La pollinisation par l'eau est nommée pollinisation hydrophile

tropicales ou le nombre de pollinisateurs est lui aussi plus élevé (Ollerton, Winfree, and Tarrant 2011). Parmi ces espèces, certaines sont tout à fait allogames, leur survie dépend donc entièrement des pollinisateurs. De nombreuses autres espèces sont allogames et autogames, elles peuvent donc s'autopolliniser sans avoir l'aide des pollinisateurs, mais leur survie à long terme dépend de la pollinisation biotique qui permet la circulation des gènes par croisement dans la population (Ollerton, Winfree, and Tarrant 2011). Le service de pollinisation fourni par les animaux, et particulièrement par les abeilles est donc essentiel pour le maintien de la diversité florale. Par ailleurs la production de graines et de fruits dépendant des pollinisateurs est source de nourriture pour la faune notamment pour les oiseaux en période hivernale (MacIvor 2016). L'activité des pollinisateurs profite donc à l'ensemble du réseau trophique.

Le service de pollinisation a également un rôle important à jouer dans la production alimentaire. En effet, pour 70 % des plantes cultivées mondialement pour l'alimentation, la production est améliorée par la pollinisation biotique (Klein et al. 2007). Celles-ci représente 37% du volume de la production mondiale de nourriture (Klein et al. 2007). Le service fourni par les pollinisateurs peut directement impacter la quantité produite ou augmenter la production de graines nécessaires pour semer la génération suivante et pour réaliser des croisements et sélectionner de nouvelles variétés (Klein et al. 2007; MacIvor 2016).

L'idée d'augmenter le nombre de ruches dans les parcelles agricoles peut donc être tentant. Cependant, plusieurs études ont montré l'importance des abeilles sauvages dans la production alimentaire. En effet, une communauté diversifiée d'insectes sauvages est associée à une augmentation de rendement de nombreuses cultures (Garibaldi et al. 2014; Hoehn et al. 2008). Dans certains cas, la pollinisation par les insectes sauvages augmente davantage le rendement des cultures que le désherbage ou la fertilisation (Motzke et al. 2015). Garibaldi et al. (2014) insistent aussi sur les risques associés aux prédateurs, pathogènes et maladies si la pollinisation repose entièrement sur les abeilles domestiques.

L'importance écologique et socio-économique de la pollinisation menée par les animaux, et en particulier par les abeilles rend donc leur déclin d'abondance et de diversité particulièrement inquiétant. Si cette tendance persiste, nous risquons d'observer une perte de diversité florale, un bouleversement des écosystèmes et une chute du rendements des cultures dangereuse pour la sécurité alimentaire mondiale (Garibaldi et al. 2014; Klein et al. 2007). Il est donc important de mettre en place des pratiques de gestion intégrée permettant de bâtir des systèmes alimentaires plus résilient (Jansson and Polasky 2010). Ces méthodes vertueuses bénéficieront à la faune pollinisatrice, mais également à d'autres services écosystémiques comme la gestion

des ravageurs, la protection des sols contre l'érosion et l'enjolivement des paysages (Wratten et al. 2012).

1.3.3. Evaluation du service de pollinisation

L'évaluation du service écosystémique de pollinisation peut se faire de différentes façons en fonction de l'objectif recherché. Elles peuvent être groupées en quatre grands types :

- L'évaluation de la présence des pollinisateurs se fait par la mesure de leur abondance et richesse (Bartholomé and Lavorel 2019);
- Le transfert de pollen s'évalue par la fréquence des visites florales ou par l'efficacité à transporter du pollen (Bartholomé and Lavorel 2019) ;
- Le succès reproducteur est mesuré par la production de graines et de fruits à l'échelle de la plante (Bartholomé and Lavorel 2019)
- La production alimentaire est quantifiée par le rendement d'une culture à l'échelle du champ ou de la ferme (Bartholomé and Lavorel 2019).

L'évaluation du succès reproducteur est une méthode très fréquemment employée par les chercheur·euse·s. En effet cette approche évalue directement le service fourni par les pollinisateurs, demande moins de charge de travail et d'expertise que la mesure de l'abondance et de la diversité des abeilles sauvages, est facilement applicable dans de nombreuses situations et est bon marché (Woodcock et al. 2014; Bartholomé and Lavorel 2019). Les plantes utilisées sont appelées phytomètres (Woodcock et al. 2014) ou pollinomètres (Zaninotto et al. 2020; Theodorou et al. 2017) et leur production de fruits et de graines est fortement influencée par la pollinisation entomophile (Woodcock et al. 2014).

1.4. Les abeilles sauvages en milieu urbain

1.4.1. Caractéristiques du milieu urbain et leurs impacts sur les communautés d'abeilles sauvages

La population mondiale devient de plus en plus urbaine. Selon les Nations Unies, le taux de population vivant en ville augmente sur tous les continents et atteindra 60 % en 2030 (Nations Unies 2018). De ce fait, le nombre et la taille des villes mondiales va lui aussi augmenter (Nations Unies 2018). Il est donc inévitable de s'intéresser aux populations d'abeilles sauvages au sein de ces villes en pleine croissance.

Dans les villes, la fragmentation des habitats naturels augmente le long d'un gradient qui est maximum dans les centres urbains et qui est associé à une diminution de la biodiversité (McKinney 2002). En effet, la diminution de la proportion d'espaces verts manque à fournir les ressources alimentaires et de nidification nécessaires. Le constat est cependant nuancé pour les communautés d'abeilles sauvages. De nombreuses études concluent à une diminution de la richesse et de la diversité lorsque l'urbanisation augmente (Hernandez, Frankie, and Thorp 2009), alors que d'autres n'observent pas d'impact sur la diversité (Banaszak-Cibicka and Żmihorski 2012), ou même une augmentation de celle-ci (Fortel et al. 2014). En revanche, l'urbanisation semble impliquer une homogénéisation des communautés d'abeilles sauvages (Pauly 2019), les abeilles nichant en hauteur étant favorisées par l'abondance d'anfractuosités qu'elles peuvent occuper (vieux murs, toitures, hôtels à insectes...) (Pauly 2019; Matteson, Ascher, and Langellotto 2008), alors que les abeilles nichant au sol sont défavorisées par la forte imperméabilisation des sols (Geslin et al. 2016). De plus, les espèces polylectiques sont également favorisées, tirant parti de leur meilleure adaptation à un changement rapide de ressources alimentaires (Normandin et al. 2017a; Fetridge, Ascher, and Langellotto 2008).

Néanmoins, nombre de chercheur·euse·s s'accordent pour soulever le potentiel des villes et de leurs espaces verts pour la préservation des abeilles sauvages (Banaszak-Cibicka and Żmihorski 2012; Hall et al. 2016; Matteson, Ascher, and Langellotto 2008; Daniels et al. 2020) et pour fournir un service de pollinisation efficace à l'agriculture urbaine (Theodorou et al. 2017; Lowenstein, Matteson, and Minor 2015; Potter and LeBuhn 2015; Daniels et al. 2020). De fait, certains paramètres des villes semblent favorables aux communautés d'abeilles sauvages. Le climat généralement plus chaud et plus sec en ville est propice (Lanner et al. 2020) à une sortie plus hâtive et plus longue des abeilles sauvages, ce qui est bénéfique pour le service de pollinisation et la reproduction des plantes (Zaninotto et al. 2020). Cette particularité permet également la présence d'espèces plus thermophiles (Banaszak-Cibicka and Żmihorski 2012; Fortel et al. 2014). La disponibilité de plantes en fleur tout au long de l'année, en fournissant des ressources alimentaires est également favorable à certaines espèces (Tasker et al. 2020). Enfin l'utilisation plus faible de pesticides et d'herbicides en ville en comparaison des zones agricoles, est également bénéfique pour les communautés de pollinisateurs et plus généralement pour tous les insectes (Fortel et al. 2014; Pauly 2019). C'est le cas notamment à Bruxelles, avec l'interdiction d'utilisation de pesticides et d'herbicides pour la gestion de l'espace public, en place depuis janvier 2019 (Bruxelles Environnement 2018).

1.4.2. Diversité des espaces verts urbains

Les espaces verts accueillant les abeilles sauvages en milieu urbain sont divers et accueillent des assemblages d'espèces différents et complémentaires (Normandin et al. 2017a; Banaszak-Cibicka et al. 2018). On compte notamment les jardins privés, parcs publics, potagers partagés, bois friches urbaines, terrains agricoles, cimetières et zones à proximité des chemins de fer et voiries (Bruxelles Environnement 2015) (Figure 2). Leur gestion peut être adaptée pour favoriser le renforcement et la pérennité des communautés locales (Hall et al. 2016; Coupey et al. 2014). Chaque espace vert, même de petite taille peut fournir des ressources alimentaires et de nidification nécessaires pour les abeilles sauvages (Daniels et al. 2020), même si celles-ci sont moins abondante et diverse (Hernandez, Frankie, and Thorp 2009). Ils sont également utiles pour connecter les espaces naturels ce qui est nécessaire pour faciliter les déplacements d'espèces (Lanzas et al. 2019) et augmenter la diversité des communautés (Goddard, Dougill, and Benton 2010; Matteson and Langellotto 2010).

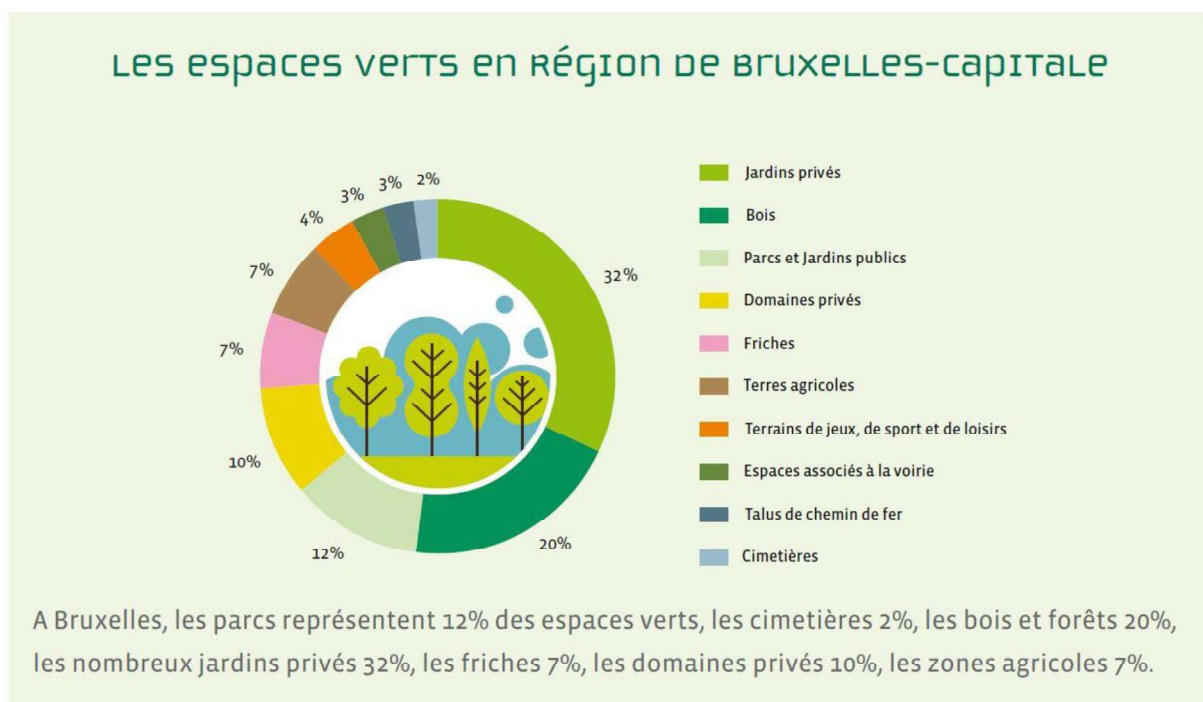


Figure 2. Répartition des espaces verts à Bruxelles. Issu de (Bruxelles Environnement 2015)

Les jardins familiaux représentent 30 % des espaces verts à Bruxelles (Bruxelles Environnement 2015). Ils ont un véritable potentiel d'accueil des abeilles sauvages en ville (Martins, Gonzalez, and Lechowicz 2017) et permettent d'améliorer la connectivité des espaces verts (Plascencia and Philpott 2017). Ils peuvent être rendus plus attractifs pour les abeilles sauvages en diversifiant les espèces végétales afin de proposer des ressources alimentaires de

manière continue (Coupey et al. 2014). Diminuer la fréquence de tonte et conserver des zones de végétation spontanée non fauchées est également favorable pour les communautés d'abeilles sauvages en plus d'être économique en temps et en argent (Lerman et al. 2018; Coupey et al. 2014). Remplacer une zone de gazon par des plantes potagères permet également d'augmenter la diversité des abeilles sauvages (Pardee and Philpott 2014). Enfin, éviter le recours aux herbicides et pesticides est nécessaire pour préserver la bonne santé des pollinisateurs.

Pour les parcs publics, le même type de pratiques que dans les jardins particuliers est favorable aux pollinisateurs (Banaszak-Cibicka et al. 2018; Wastian, Unterweger, and Betz 2016). Augmenter la tolérance aux plantes adventices est également bénéfique, car elles peuvent fournir de nombreuses ressources alimentaires. Les surfaces imperméables doivent être limitées au maximum, elles peuvent être remplacées par des surfaces végétalisées par exemple (Coupey et al. 2014). En outre, Turo et Gardiner (2019), insistent aussi sur l'importance de co-créeer les espaces verts avec une diversité d'acteurs, incluant notamment les riverains·aines, afin que ces zones soient accueillantes pour la biodiversité tout en correspondant aux besoins et attentes de la population locale. Enfin, informer le public sur les bénéfices de ces pratiques pour la biodiversité permet également de faciliter leur acceptation (Coupey et al. 2014).

Les bois sont la deuxième catégorie la plus vaste des espaces verts à Bruxelles. Ils fournissent de nombreux services écosystémiques, notamment des services culturels pour la population, mais ils sont également lieu de vie pour les abeilles sauvages (Twerd, Sobieraj-Betlińska, and Szefer 2021). En ville, ils fournissent des ressources alimentaires stables, particulièrement au printemps avant que la canopée se referme (Mallinger, Gibbs, and Gratton 2016; Banaszak-Cibicka et al. 2018). Les communautés d'abeilles qu'on y retrouve sont très différentes de celles des milieux ouverts (Mallinger, Gibbs, and Gratton 2016). Les grandes étendues de bois, peuvent donc être des barrières pour certaines espèces associées uniquement aux milieux ouverts (Twerd, Sobieraj-Betlińska, and Szefer 2021).

Les friches urbaines sont considérées comme des espaces non-productifs dans des zones où la densité de construction est élevée. Cependant, de récentes études mettent en lumière leur potentiel pour accueillir la biodiversité (N. J. Vereecken et al. 2021; Twerd and Banaszak-Cibicka 2019). Les anciens sites d'extraction sont par exemple particulièrement attractifs pour les abeilles sauvages (Twerd and Banaszak-Cibicka 2019). A Bruxelles, la friche Josaphat dont la pérennité est incertaine est le site accueillant la plus grande diversité d'abeilles sauvages de la région (N. J. Vereecken et al. 2021).

Les activités de pâturage sont moins fréquentes en ville, mais elles ont permis de créer et d'entretenir une grande variété d'habitats semi-naturels favorisant la biodiversité (Orlandi et al. 2016). Cependant, les différents modes de gestion des pâturages peuvent avoir un effet positif ou négatif sur les communautés d'abeilles sauvages. Une trop grande intensité de pâturage apporte le risque de diminuer la strate herbacée et donc de réduire les ressources alimentaires florales pour les pollinisateurs (Odanaka and Rehan 2019; Kearns, Inouye, and Waser 1998). L'impact du pâturage sur l'abondance de fleurs dépend cependant des animaux qui pâturent (Dumont et al. 2011). Le passage des animaux peut aussi compacter le sol et entraver la nidification des abeilles terricoles (Kearns, Inouye, and Waser 1998). Cependant, Ravetto Enri et al. (2017) ont mis en lumière une méthode de rotation du pâturage, respectueuse de la biodiversité, qui favorise l'abondance et la diversité des pollinisateurs qui permettent également la présence d'espèces rares.

Pour les prairies de fauche, on considère généralement que le fauchage tardif est favorable aux pollinisateurs en fournissant de nombreuses ressources florales durant leur haute saison. Mais une trop forte homogénéisation des pratiques mène à une chute des ressources florales en fin de saison. Les prairies fauchées en début de saison sont cependant capables de refleurir plus tard dans la saison (Johansen et al. 2019). Il est donc intéressant de faire varier les dates de fauche à l'échelle du paysage pour assurer des ressources alimentaires constantes (Johansen et al. 2019). Il est également intéressant de garder des zones non fauchées, comme refuge pour la biodiversité. Cette technique a montré un impact positif, cumulatif d'une année à l'autre, sur les communautés d'abeilles (Buri, Humbert, and Arlettaz 2014).

1.5. Focus sur les potagers partagés

1.5.1. Potentiel de conservation des abeilles sauvages

Les potagers partagés en milieu urbain sont particulièrement intéressants. Ils ont une grande valeur économique et sociale, mais sont également des hotspots pour la conservation des abeilles sauvages offrant une grande abondance et diversité (Normandin et al. 2017a; K. C. R. Baldock et al. 2019). Leur surface étant beaucoup plus limitée que les parcs ou bois, ils ont un haut potentiel pour soutenir les communautés d'abeilles sauvages en ville et le service de pollinisation qui leur est associé (Normandin et al. 2017a; Matteson, Ascher, and Langellotto 2008). Ces communautés de pollinisateurs sont directement bénéfiques pour les potagers qui regroupent de nombreuses plantes demandant une pollinisation biotique (tomates, courges,

aubergines...) (Matteson and Langellotto 2009; Pardee and Philpott 2014). Cependant, plusieurs auteurs ont identifié une surabondance d'espèces généralistes polylectiques, aux dépens d'espèces oligolectiques et cleptoparasites (Lanner et al. 2020; MacIvor 2016; Matteson and Langellotto 2010).

Le facteur favorisant le plus les communautés d'abeilles sauvages est la forte abondance et diversité florale des potagers partagés (Pardee and Philpott 2014; Matteson and Langellotto 2010; Lanner et al. 2020; Pearsall et al. 2017; Hennig and Ghazoul 2012). Les plantes ornementales associées aux cultures potagères ont fréquemment des durées de floraison étendues. Elles embellissent les potagers et fournissent des ressources alimentaires constantes pour les pollinisateurs (Matteson and Langellotto 2009). Les arbres fruitiers comme les pommiers ou cerisiers qui sont parfois présents dans les potagers permettent également de fournir des ressources alimentaires au printemps, lorsque l'offre est encore limitée (MacIvor 2016). L'impact des espèces végétales exotiques et locales sur les assemblages d'abeilles n'est pas encore tranché. Certaines études montrent une augmentation de l'abondance et de la diversité des abeilles avec l'augmentation des plantes locales (Pardee and Philpott 2014; Coupey et al. 2014), alors que d'autres ne montrent aucune discrimination des abeilles entre plantes locales et exotiques (Martins, Gonzalez, and Lechowicz 2017; Matteson and Langellotto 2011). De plus, le feuillage persistant des plantes exotiques est fréquemment utilisé comme ressource de nidification des abeilles de la famille des *Mégachilidae* (Matteson and Langellotto 2011).

La diversité de micro-habitats disponibles dans les potagers partagés favorise également l'établissement d'une diversité des abeilles aux besoins variés (Lanner et al. 2020; Majewska and Altizer 2020). Les potagers étant des espaces intensément gérés, il est très utile d'y préserver des zones sauvages, celles-ci sont favorables à la nidification des abeilles car le sol est moins tassé et travaillé et l'élagage de la végétation très limité (Matteson and Langellotto 2010). Les zones couvertes des plantes herbacées sont favorables aux abeilles nichant en hauteur alors que la présence de végétation ligneuse semble favoriser la présence d'abeilles nichant au sol (Pardee and Philpott 2014). La présence de vieux murs en pierre ou brique permet également de fournir des sites de nidification pour les abeilles nichant en hauteur (Lanner et al. 2020).

Les caractéristiques du paysage ont un moins grand impact sur les assemblages d'abeilles que les caractéristiques intrinsèques aux potagers (Pardee and Philpott 2014). Cependant, les

potagers entourés de nombreux buildings montrent des communautés moins riches. En effet, l'ombre apportée par les bâtiments limite la croissance des plantes et donc les ressources alimentaires et le réchauffement du corps des abeilles au soleil (Matteson and Langellotto 2010). A l'inverse, la proximité de zones semi-naturelles augmente la diversité des pollinisateurs en fournissant des zones de nidification (Matteson, Ascher, and Langellotto 2008; Pawelek et al. 2009).

Les potagistes peuvent également adapter leurs pratiques culturelles pour encourager la préservation des communautés d'abeilles sauvages. En voici quelques-unes fréquemment citées par les chercheur·euse·s :

- Ne pas trop désherber car la flore spontanée fournit de nombreuses ressources alimentaires pour les abeilles sauvages (Majewska and Altizer 2020; MacIvor 2016) ;
- Diminuer la fréquence de tonte des zones herbacées pour conserver les ressources alimentaires (MacIvor 2016; Pardee and Philpott 2014) ;
- Garder des zones de sol nu, car les abeilles terricoles ne savent pas traverser un paillage trop dense et limiter le travail du sol au minimum pour ne pas détruire les nids (Majewska and Altizer 2020; Pawelek et al. 2009; MacIvor 2016) ;
- Organiser des chemins en pavés, planche ou tout autre matériaux pour inciter les potagistes à emprunter ces chemin et éviter le tassement du sol ailleurs (MacIvor 2016)
- Laisser des tas de végétation morte pour favoriser la nidification de certaines espèces (Majewska and Altizer 2020) ;
- Ne pas utiliser de pesticide et ne pas planter des plantes déjà traitées car le pollen et le nectar peuvent contenir des pesticides néfastes pour les abeilles (Majewska and Altizer 2020; Pawelek et al. 2009) ;
- Associer plantes potagères et ornementales afin d'assurer une floraison continue (Pawelek et al. 2009). De nombreux aromates de la famille des lamiacées (menthe, lavande, thym...) sont par exemple très appréciés des pollinisateurs (Lanner et al. 2020) ;
- Laisser les fleurs annuelles se ressemer naturellement pour assurer les ressources florales de l'année suivante (Pawelek et al. 2009) ;
- Organiser le potager en patchs floraux de la même espèce, car l'abondance d'une même espèce florale permet une collecte de ressource alimentaire plus efficiente (Pawelek et al. 2009).

Les hôtels à insectes sont souvent considérés comme favorables pour l'établissement des abeilles sauvages nichant en hauteur. Cependant, leur intérêt dans les potagers partagés n'est pas encore certain (Majewska and Altizer 2020; MacIvor 2016). Gaston et al. (2005) soulignent l'importance du design et de l'exposition au soleil, mais ont observé un faible taux d'occupation dans les potagers urbains. Ces structures sont toutefois utiles pour la sensibilisation des potagistes et des visiteur-euse-s à la préservation des abeilles sauvages et plus largement de la biodiversité (Gaston et al. 2005).

1.5.2. Multiples fonctions des potagers urbains

Dans le point précédent, nous avons détaillé l'importance environnementale des potagers urbains pour les abeilles sauvages. Avec elles, les potagers urbains sont également favorables à une diversité d'espèces animales et végétales à travers un réseau écologique à l'échelle de la ville. Par ailleurs, ces espaces verts particuliers ont aussi une grande valeur socio-économique, diverses fonctions peuvent être soulignées. Les fonctions productives et économiques sont les plus évidentes. Les potagistes peuvent produire des fruits, légumes et autres plantes selon leurs besoins et leurs envies, leur permettant de réaliser des économies. La deuxième fonction est sociale, car les potagers urbains sont un lieu de rencontre, d'interaction et de création de lien. Ils permettent de stimuler une mixité sociale et intergénérationnelle (Espace environnement ASBL 2013). Vient ensuite une valeur éducative. Ils sont en effet un lieu favorable à la sensibilisation, à la préservation de la diversité (Espace environnement ASBL 2013), incluant notamment la biodiversité cultivée via la reproduction d'espèces potagères locales. Ils permettent également aux citoyen-e-s de se reconnecter avec la nature et le rythme naturel des saisons (Schaut 2019). Les potagers urbains ont également une fonction récréative en permettant aux potagistes et visiteur-euse-s de pratiquer des activités en extérieur comme jardiner, se reposer et organiser des activités diverses (Dedicated Research 2012). Enfin, les potagers urbains permettent d'améliorer le cadre de vie, en végétalisant les villes et en réaménageant des espaces laissés parfois à l'abandon (Espace environnement ASBL 2013).

1.6. Le projet KauwBees

A Uccle, commune au sud de Bruxelles se trouve le Kauwberg, site semi-naturel dont la gestion a été reprise il y a quelques années par Bruxelles-Environnement qui a décidé de définir la biodiversité comme une priorité dans ses modes de gestion. Cet espace vert d'une grande superficie est un lieu de conservation de la biodiversité tout en accueillant des activités

sportives, ludiques et agricoles notamment un terrain de dirtbike⁷, des mouvements de jeunesse, du pâturage et des potagers partagés. Dans l'objectif de pérenniser et renforcer les communautés d'abeilles sauvages du site, l'administration gestionnaire a initié le projet projet « KauwBees - Étude sur la préservation des abeilles sauvages du Kauwberg (Uccle) dans une perspective de développement agricole et ludo-sportif du site ». Ce projet est mené par le laboratoire d'entomologie fonctionnelle et évolutive de Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège) et a débuté en 2020 pour une durée d'un an. Il a pour objectif de réaliser l'inventaire des abeilles sauvages dans les différents habitats du Kauwberg et d'émettre des recommandations de gestion favorisant la conservation des communautés identifiées. Ce travail de fin d'étude s'inscrit directement dans le projet KauwBees.

⁷ Mini moto-cross qui se pratique généralement sur des terrains aménagés

2. HYPOTHESES ET OBJECTIFS

Ce travail repose sur différentes hypothèses. D'une part, en milieu urbain, les communautés d'abeilles sauvages sont influencées par le type d'habitat considéré, mais également par les modes de gestion appliqués sur chaque site. Nous avons sélectionné ici trois types d'habitats : des milieux couverts, des milieux ouverts et des potagers partagés. L'association de plusieurs habitats étant favorable à des communautés plus riches et plus diverses en fournissant plus de choix de ressources alimentaires et de nidification. D'autre part les pratiques culturelles mises en place dans les potagers partagés sont potentiellement favorables ou défavorables pour les abeilles sauvages. Impliquant des communautés diverses d'un potager à l'autre en fonction des pratiques, mais également en fonction des visions de chaque potagiste au sujet de la biodiversité et plus spécifiquement des abeilles sauvages. Les abeilles sauvages sont en effet souvent citées comme espèce emblématique dont on tire parti pour sensibiliser la population aux enjeux de la préservation de la biodiversité, notamment en zone urbaine, où le contact avec la nature est très réduit. Le service de pollinisation de chaque potager est également localement influencé par les pratiques culturelles et leur effet sur les communautés de pollinisateurs de même que le rendement de culture est augmenté par une plus grande diversité d'abeilles sauvages. Les potagers partagés sont donc une interface privilégiée entre humains et non-humains permettant de sensibiliser les premiers à la préservation de la biodiversité.

Trois grands objectifs découlent de ces hypothèses. Le premier est de participer à l'inventaire des abeilles sauvages réalisé sur les trois types d'habitats du Kauwberg. Afin d'analyser la structure des communautés d'abeilles sauvages. Le deuxième est d'évaluer le service écosystémique de pollinisation dans chacun des trois potagers partagés afin de mettre les résultats en relation avec les données d'inventaire obtenues. Enfin, le dernier objectif vise à analyser les pratiques culturelles et la vision de la biodiversité portée par les potagistes du Kauwberg. Un questionnaire, basé sur l'examen de la littérature existante, a été établi et soumis aux potagistes. Les résultats sont ensuite analysés à la lumière des données obtenues via les deux premiers objectifs de ce travail.

3. MATERIEL ET METHODE

3.1. Présentation du site

Cette étude a été réalisée au Kauwberg à Uccle, sur une commune très urbanisée au sud de la région Bruxelles-capitale. C'est un site semi-naturel de 53 ha classé Natura 2000. Il est caractérisé par un grand nombre d'habitats notamment des prairies de fauche et de pâturage, des bois et trois potagers partagés cultivés par les riverains-aines. Il rassemble de nombreuses espèces végétales et animales qui lui confèrent une grande valeur biologique. Le site possède également un patrimoine historique important avec, par exemple, des chemins de vaine pâture qui étaient déjà utilisés au moyen âge, des vestiges de la seconde guerre mondiale et une ancienne carrière de sable qui a façonné le paysage du Kauwberg jusqu'au début des années 70 (SOS Kauwberg n.d.; Bollekens 2017). Cet espace vert est, finalement, une opportunité pour les habitants-es de garder le contact avec la nature et avec l'évolution des saisons au cœur de la ville (Schaut 2019). Les Ucclois et Uccloises se sont déjà mobilisés à plusieurs reprises pour préserver ce site d'exception de projets de transformation. Dans les années 70, la prolongation du ring, puis durant les années 80, le projet de golf, ont notamment été contrecarrés permettant au site d'être toujours présent actuellement (SOS Kauwberg n.d.).

Le site a déjà fait l'objet de plusieurs échantillonnages des abeilles sauvages. Pauly (2019) mentionne avoir prospecté le site à dix reprises depuis les années 2000, au niveau de la sablière et des prairies. En effet, la sablière est une zone particulièrement favorable pour la nidification des abeilles terricoles, qui profitent de sa pente sableuse et ensoleillée et des ressources alimentaires qui la bordent (Pauly 2019). Cependant, cette clairière sablonneuse est réduite au fil des années par la végétation qui prend de plus en plus de place (Figure 3).



Figure 3. Evolution de la végétation de la sablière : (A) 1987, (B) 2004 et (C) 2020 (BruGIS 2020)

3.2. Inventaire des abeilles sauvages au Kauwberg

3.2.1. Echantillonnage

Au commencement du projet KauwBees, début 2020, 18 sites d'échantillonnage ont été sélectionnés par Alexandra Bideau et Grégoire Noël pour réaliser l'inventaire de la biodiversité. Ces sites ont été sélectionnés pour représenter au mieux les différents habitats et activités menées au Kauwberg. Ils ont été classés arbitrairement en trois types d'habitats : ouvert (O), couvert (C) et potager (P). La description de chaque site est disponible dans le Tableau 1 et illustré dans la Figure 4, les coordonnées GPS sont disponibles en annexe. Les sites potagers étant très hétérogènes, ils ont été chacun échantillonnés en deux points. Par ailleurs, deux sites appartenant aux milieux couverts sont particuliers. Le site C1 sab, dit la sablière est une ancienne carrière de sable, et le site C6ros est une zone humide caractérisée par une végétation dominée par des roseaux. Ces deux sites sont entourés d'un milieu forestier et sont donc associés ici aux milieux couverts.

Les sites ont été répartis en deux circuits d'échantillonnage, un circuit étant parcouru à chaque journée d'échantillonnage (Figure 5). Afin de faire l'inventaire le plus complet et au regard du court cycle de vie de certaines abeilles sauvages, la campagne d'échantillonnage a couvert la période allant du mois d'avril au mois de septembre, à raison d'une journée de collecte par site toutes les deux semaines. Suite aux restrictions sanitaires liées à la crise du Corona virus, elle s'est déroulée sur deux années. En 2020, Alexandra Bideau, Julie Bonnet et Grégoire Noël ont réalisé l'échantillonnage allant de la deuxième quinzaine du mois de mai à la première quinzaine de septembre 2020. En 2021, nous avons complété l'échantillonnage de printemps, entre la première quinzaine d'avril à la première quinzaine de mai. Cependant, le mauvais temps du mois de mai, nous a fait retarder les deux journées d'échantillonnage de la première quinzaine de ce mois au 31.05.21 et 07.06.21. Les journées de collecte ont été choisies en fonction des conditions météo : ensoleillées avec peu de vent (< 20 km/h) et sans précipitations, les conditions idéales pour la sortie des abeilles sauvages (Westphal et al. 2008; N. Vereecken 2017). Le calendrier des journées d'échantillonnage est disponible en annexe. Enfin, les méthodes de capture, de préparation et d'identification des échantillons ont été réalisées de façon identique en 2020 et 2021.



Figure 4. Illustration de la diversité des sites sélectionnés : (A) milieu couvert - C3; (B) Terrain de dirtbike - C5; (C) Sablière - C1sab; (D) milieu ouvert - O1; (E) Potager - P1b; (F) Potager - P2a. Photos prise en juillet 2021.

Tableau 1. Sites d'échantillonnages du projet KauwBees. Milieux ouverts (O1 à O6), milieux couverts (C1 à C6) et potagers partagés (P1a à P3b).

| N° du site | Type d'habitat | Caractéristiques |
|------------|---|--|
| C1sab | Sablière | Ancienne carrière de sable en pente, le milieu forestier l'entourant se referme au fil des années. Actuellement les versants sud et nord sont complètement refermés, seul le versant est reste ouvert actuellement. De nombreux saules fournissent des ressources alimentaires printanières. |
| C2 | Chênaie acidophile | Très fréquenté par les promeneurs |
| C3 | Chênaie acidophile | N'est plus fréquenté en 2021 |
| C4 | Chênaie acidophile | N'est plus fréquenté en 2021 ? |
| C5 | Chênaie acidophile | Milieu forestier dont le sol a été aménagé en buttes de terre pour la pratique du dirtbike ; n'est plus fréquenté en 2021 |
| C6ros | Roselière | Zone humide dominée par des roseaux (mégaphorbiaie) bordée par un milieu forestier |
| O1 | Prairie de fauche | Fauchée annuellement et très fréquentée par les promeneurs |
| O2 | Prairie de fauche | Fauchée annuellement et très fréquentée par les promeneurs |
| O3 | Prairie de fauche | Fauchée annuellement et très fréquentée par les promeneurs |
| O4 | Prairie de pâturage | Pâturage par des équidés |
| O5 | Prairie de pâturage | Pâturage par des équidés |
| O6 | Prairie de pâturage | Pâturage par des équidés |
| P1a | Potager partagé <i>Chemin de fer</i> | Potager en bordure du Kauwberg entre le chemin de fer et un milieu forestier, très proche d'un rucher |
| P1b | Potager partagé <i>Chemin de fer</i> | Potager en bordure du Kauwberg entre le chemin de fer et un milieu forestier |
| P2a | Potager partagé <i>Entre les ronces</i> | Potager au centre du Kawberg, entouré d'un important roncier et proche d'un milieu forestier et d'une prairie de fauche (O3) |
| P2b | Potager partagé <i>Entre les ronces</i> | Potager au centre du Kawberg, entouré d'un important roncier et proche d'un milieu forestier et d'une prairie de fauche (O3) |
| P3a | Potager partagé <i>Dolez</i> | En bordure du Kauwberg, entre un milieu forestier et l'avenue Dolez |
| P3b | Potager partagé <i>Dolez</i> | En bordure du Kauwberg, entre un milieu forestier et l'avenue Dolez |

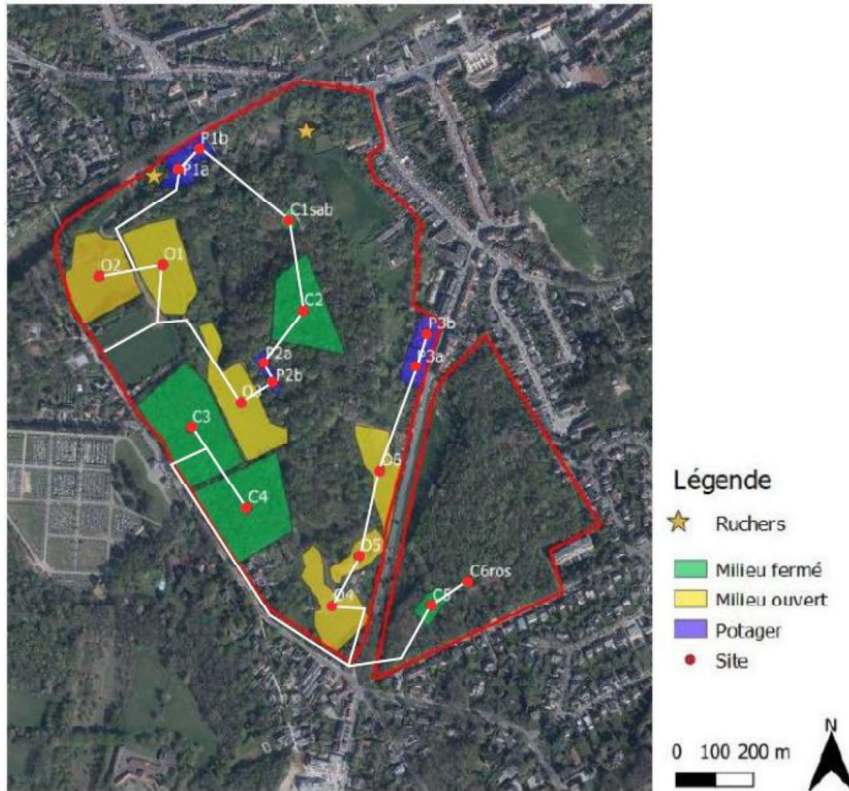


Figure 5. Circuits d'échantillonnage adapté de . Le circuit 1 passe par les sites dans cet ordre : O1, O2, P1a, P1b, C1sab, C2, P2a, P2b, et O3. Le circuit 2 passe par les sites dans cet ordre : C3, C4, C5, C6gros, O4, O5, O6, P3a et P3b. Plus de détails des points d'échantillonnage dans le Tableau 1.

L'échantillonnage des abeilles sauvages s'est déroulé selon deux méthodes standardisées (Westphal et al. 2008), une méthode active par capture au filet et une méthode passive par pantraps colorés (Figure 6). Les deux méthodes ont été mises en œuvre durant les mêmes journées. La combinaison de ces deux méthodes est idéale pour garantir un échantillonnage détaillé et représentatif en limitant le nombre d'individus collectés (Grundel et al. 2011; Westphal et al. 2008) tant pour des milieux ouverts que pour des milieux couverts (Grundel et al. 2011). Les pantraps permettent de collecter des petites abeilles qui peuvent être facilement loupées lors des transects, alors que ces derniers peuvent s'adapter aux observations du terrain (ressources florales, zones de nidification...). D'autre part, en suivant ces méthodes standardisées et en limitant l'échantillonnage à une journée toutes les deux semaines, Gezon et al. (2015) ont montré qu'il n'y avait pas d'impact sur la structure des communautés. Les résultats obtenus seront également comparables avec d'autre échantillonnages du même type pour d'autres périodes ou d'autre sites (Gezon et al. 2015). Pour la suite de ce travail, l'effort d'échantillonnage sera considéré comme identique pour l'ensemble des sites.



Figure 6. Trio de pantraps mis en place dans un potager.

Le piégeage au pan trap s'est déroulé sur une période consécutive de 8 heures. Trois coupelles colorées avec de la peinture reflétant les UV (blanche, jaune et bleue) ont été disposées à hauteur de végétation et remplies d'eau savonneuse (savon vaisselle inodore et incolore) afin de casser la tension superficielle de l'eau. Pour les sites O1, O2, et O3, la présence régulière de chien buvant dans les coupelles nous a obligé à placer les pantraps à une hauteur supérieure, afin d'éviter la dégradation et la perte d'échantillons. Selon Westphal et al. (2008), cette technique est la plus adaptée pour déterminer la richesse des espèces présentes sur une parcelle et n'implique pas de biais lié à l'utilisateur-riche. L'association de ces trois couleurs permet de couvrir le spectre chromatique de la flore Européenne dominante, chacune attire préférentiellement certaines espèces (Westphal et al. 2008). Durant le temps de pose des pantraps, nous avons réalisé le piégeage au filet. Celui-ci a pris la forme de deux sessions de 15 minutes de transects aléatoires répartis en fonction du nombre de personnes impliquées (5 min/personne à trois et 7,5 min/personne à deux). La première session était réalisée le matin et la seconde l'après-midi. Cette technique permet de cibler les zones de ressource florale ou de nidification et participe à fournir un inventaire complet (Westphal et al. 2008). Les insectes capturés dans les pantraps et au filet ont été finalement stockés dans des piluliers contenant de l'éthanol dénaturé à 70 % jusqu'à leur préparation.

3.2.2. Préparation de la collection entomologique

La préparation des individus collectés en 2020 et 2021 s'est faite selon une méthode adaptée de Mouret et al. (2007). Ils ont été rincés dans des bains successifs d'eau, d'éthanol dénaturé à 70 % puis une dernière fois d'eau. Ils ont ensuite été délicatement séchés dans du papier

absorbant avant d'être épinglés à travers le thorax et étalés à l'aide d'aiguilles entomologiques afin de pouvoir observer les organes nécessaires à l'identification : pattes, antennes, ailes... Après cinq jours de séchage au minimum, les aiguilles d'étalage ont été ôtées, laissant uniquement l'aiguille centrale, puis les individus ont été étiquetés selon la norme présentée par Mouret et al. (2007) afin de conserver toutes les informations relatives à l'échantillonnage.

Nous avons ensuite identifié le sexe et le genre des individus étalés avec la clé d'identification des genres des abeilles de Grande Bretagne (Collins 2008). Puis, nous avons identifié certains individus jusqu'à l'espèce avec les clés d'identification des *Andrènes* (Amiet and Herrmann 2010) et des *Bombus* (Rasmont and Terzo 2010).

3.2.3. Analyse des communautés

L'analyse des communautés est faite en trois points : l'abondance, la richesse spécifique et deux indices de diversité qui permettent de caractériser les communautés locales. Une comparaison des communautés est ensuite proposée par une approche multivariée suivie par une analyse des espèces indicatrices. Le logiciel R studio (version 4.0.2) est utilisé pour l'ensemble des analyses de ce travail. Sauf mention contraire, les données considérées sont issues des campagnes d'échantillonnage 2020 et 2021. Les analyses inférentielles sont effectuées via des tests d'analyse de la variance (ANOVA). Les conditions d'applications sont vérifiées avec les tests de Shapiro et Bartlett. Si elles ne sont pas respectées, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis est effectué en remplacement de l'ANOVA. Lorsque l'ANOVA est significative, elle est suivie par un test post-hoc de Tukey.

Abondance

L'**abondance** est décrite ici par deux composantes. L'abondance absolue observée est directement la somme du nombre d'individus collectés sur chaque site. Ensuite, les rangs d'abondance de chaque espèce présentent graphiquement et numériquement les positions relatives de chaque espèce en terme d'abondance. Ils ont été construits avec les fonctions *rankabundance* et *rankabunplot* du package *BiodiversityR* (Kindt 2021).

Richesse spécifique

La **richesse spécifique** est ici estimée à travers deux éléments. Le premier est les courbes d'accumulation créées avec la fonction *specaccum* du package *vegan* (Oksanen et al. 2020). Elles présentent graphiquement le nombre d'espèces identifiées en fonction de l'effort d'échantillonnage (Marcon 2018). Nous considérons ici chaque site comme unité

d'échantillonnage. Ces représentations permettent d'évaluer la complétude de l'échantillon : plus la courbe est proche de l'asymptote, plus la liste d'espèces identifiées est exhaustive (Marcon 2018). Le deuxième élément est la richesse qui est simplement le nombre d'espèces retrouvé sur chaque site. Cette valeur est la richesse observée et non la richesse réelle, elle doit donc être interprétée de façon prudente et mise en regard des courbes d'accumulation décrites ci-dessus.

Indices de diversité

Nous utilisons ici deux indices de diversité couramment utilisés : Simpson et Shannon. Tous deux permettent d'évaluer la diversité et l'équitabilité d'une communauté (Marcon 2018). L'indice de Simpson (E) est calculé avec la fonction *diversity(x, index="simpson")* du package *DiversityR* (Kindt 2021). Il peut être traduit comme « la probabilité que deux individus tirés au hasard soient d'espèces différentes » (Marcon 2018, page 42). Sa valeur est bornée entre zéro et un. Elle est proche de un lorsque la distribution des espèces est régulière et diminue lorsqu'une ou quelques espèces dominent la communauté (Marcon 2018). Elle est construite par la formule ci-dessous (E. H. Simpson 1949):

$$E = \sum_{s=1}^S p_s^2$$

Avec p_s la probabilité qu'un individu pris aléatoirement fasse partie de l'espèce s ,
 S le nombre total d'espèces considérées dans l'échantillon.

L'indice de Shannon (H) est calculé via la fonction *diversity(x, index="shannon")* du package *DiversityR* (Kindt 2021). Il est similaire à l'indice de Simpson, mais donne plus de poids aux espèces rares. En effet la probabilité p_s est multipliée par son logarithme, les plus petites probabilités obtiennent donc un poids plus important. Cet indice est donc plus fortement influencé par la richesse de l'échantillonnage (Marcon 2018). Sa valeur minimale est un et il n'a théoriquement pas de borne maximale. Lorsqu'il est proche de zéro, un petit nombre d'espèces dominent la communauté. La formule de cet indice est celle-ci (Shannon and Weaver 1949) :

$$H = - \sum_{s=1}^S p_s^2 \ln p_s$$

Avec p_s la probabilité qu'un individu pris aléatoirement fasse partie de l'espèce s ,

S le nombre total d'espèces considérées dans l'échantillon.

Analyse multivariée

L'approche multivariée est composée de deux analyses en coordonnées principales (PCoA) faites avec la fonction *cmdscale* du package *stats* (R Core Team, n.d.). Ces analyses permettent de représenter graphiquement les dissimilarités des sites. La première est faite sur l'ensemble des sites échantillonnés. Elle est construite sur une matrice de distance de Bray-Curtis via la fonction *vegdist(x, method="bray")* du package *vegan* (Oksanen et al. 2020). Un groupement issu de la méthode des liens moyens, fait sur la même matrice de distance, lui est superposé. Il est réalisé avec la fonction *hclust(x, method = "average")* du package *stats* (R Core Team, n.d.).

La deuxième PCoA est du même type. Elle est faite uniquement sur les six sites potagers afin d'affiner l'observation des différences entre potagers. Le groupement superposé est issu de la méthode de Ward, il est réalisé avec la fonction *hclust(x, method = "ward.D")* du package *stats* (R Core Team, n.d.).

Pour les deux PCoA, plusieurs méthodes de groupement ont été testées, celles représentant le mieux les groupements les plus récurrents observés dans toutes les méthodes ont été choisies. Le nombre de groupes a été sélectionné également en fonction des patterns les plus récurrents dans chaque groupement.

Espèces indicatrices

L'analyse des espèces indicatrices est faite sur les différents habitats en séparant la sablière des autres milieux couverts afin de mettre en lumière les espèces qui sont associées. L'indice IndVal est calculé et analysé à l'aide de la fonction *multipatt* du package *indicspecies* (De Cáceres, Jansen, and Dell 2009) utilisant elle-même la fonction *how* du package *permute* (G. L. Simpson et al. 2019). Cette approche est préférée ici à un indice de corrélation, car ces derniers sont fortement dépendants du nombre de sites appartenant à chaque type d'habitat, ce qui n'est pas le cas pour l'indice IndVal (Tichý and Chytrý 2006; De Cáceres and Legendre 2009). De plus, la fonction *multipatt* permet d'associer les espèces à un habitat ou à un groupement d'habitats qui correspondent à leurs besoins spécifiques (De Cáceres, Legendre, and Moretti 2010). La formule utilisée pour le calcul de l'indice IndVal est issue de Dufrêne et Legendre (1997) et implique l'abondance relative (A_{ij}) et la fréquence relative (B_{ij}) des espèces dans un type d'habitat :

$$A_{ij} = N_{\text{individus}_{ij}} \times N_{\text{individus}_i}$$

$$B_{ij} = N_{sites_{ij}} \times N_{sites_i}$$

$$IndVal = A_{ij} \times B_{ij} \times 100$$

Avec $N_{individus_{ij}}$ l'abondance moyenne de l'espèce i dans le type d'habitat j ,
 $N_{individus_i}$ la somme des abondances moyennes de l'espèce i dans les types d'habitats,
 $N_{sites_{ij}}$ le nombre de sites du type d'habitat j dans lesquels l'espèce i est présente,
 N_{sites_i} le nombre de sites de tout type d'habitat dans lesquels l'espèce i est présente.

L'IndVal est donc maximum lorsque l'espèce est présente dans tous les sites d'un seul type d'habitat ou groupe d'habitats. Chaque indice est ensuite comparé à une distribution aléatoire pour vérifier sa significativité (999 permutations). Pour chaque espèce est alors gardé l'association la plus forte à un habitat ou un groupe d'habitats (De Cáceres 2020).

3.3. Evaluation du service écosystémique de pollinisation dans les potagers

Cette expérience tend à évaluer le service écosystémique de pollinisation via les pollinomètres. Elle s'intègre dans un projet de recherche plus large visant à mesurer l'intensité et l'efficacité du service de pollinisation en milieu urbain européen en étudiant différentes villes belges, françaises et suisses. Le projet est mené par Arthur Fauviau de l'Institut de la Transition Environnementale, Sorbonne Université. Nous avons donc suivi une protocole expérimental standardisé, identique pour toutes les villes.

Le service écosystémique de pollinisation est évalué via des pollinomètres. Ce sont des plants en fleur de moutarde blanche (*Sinaps alba L., 1753*) posés durant une heure sur les sites d'intérêts afin de compter les visites florales et, par la suite, calculer le taux de fructification. Cette brassicacée a été choisie pour différentes raisons. La principale est le caractère allogame de cette espèce, ce qui évite un biais d'autofécondation dans notre expérience (Cheng, Williams, and Zhang 2012). Ensuite, sa culture en pot est aisée, sa floraison s'étend sur plusieurs semaines et elle est naturellement pollinisée par les abeilles. En Belgique, elle est principalement utilisée comme engrais vert, mais est depuis peu cultivée pour la production de moutarde (Souris 2020).

3.3.1. Culture des pollinomètres

Le sept avril, trois graines par pot ont été mises en germination dans du terreau universel (La Plaine Chassart) dans une serre chauffée à 23°C avec photopériode de 16 heures (éclairage

LED). L'arrosage était régulier afin de garder le terreau toujours légèrement humide. Au stade deux vraies feuilles, nous avons gardé une seule plantule par pot, en sélectionnant la plus vigoureuse. Celles-ci ont été repotées dans un pot de 2 L contenant le même terreau et transférées dans une serre non chauffée et non éclairée. En effet, à cette période la météo était très chaude et lumineuse, nous avons changé de serre pour ralentir la croissance des plantes et obtenir des fleurs à la période voulue. Dès l'apparition de boutons floraux, les plantes ont été protégées sous un filet empêchant l'accès aux insectes pollinisateurs (Figure 7).



Figure 7. Culture des pollinomètres (plants de moutarde) sous filet.

3.3.2. Dispositif expérimental

La mise sur le terrain s'est déroulée lors de la floraison des plants de moutarde. Nous avons mené 3 sessions, une dans chaque potager (Figure 8). Pour chaque site prospecté, sept plants de moutarde ont été sélectionnés. Deux fils ont été attachés le long d'une tige de manière à border une dizaine de fleurs ouvertes. Les plantes ont été placées en hexagone, dans une zone herbacée des potagers, à environ 30 cm l'une de l'autre, comme illustré à la Figure 9. La plante témoin a été placée à proximité de l'hexagone, sous un filet pour empêcher toute visite de pollinisateur.

Après mise en place du dispositif expérimental, les visites florales ont été observées par deux expérimentateur-riche-s durant une heure. Une visite correspond à un insecte dans une fleur (Figure 9), celui-ci étant identifié entre plusieurs morphotypes : petite abeille sauvage, grande abeille sauvage, abeille domestique, bourdon, guêpe, syrphé, bombyle, autre diptère, coléoptère, lépidoptère et autre insecte. Après une heure de pose sur le terrain, les plantes ont été remises à l'abri des pollinisateurs. Lorsque le nombre de visites florales est arrivé à 100, le comptage s'est arrêté, mais les plantes ont été laissées la même durée sur le terrain.

Après la phase de terrain, les plantes ont été remises en serre durant trois semaines, le temps nécessaire aux plantes pour fructifier. Les fruits ont été récoltés entre les deux fils posés plus tôt et les graines ont été comptées pour chaque gousse récoltée.

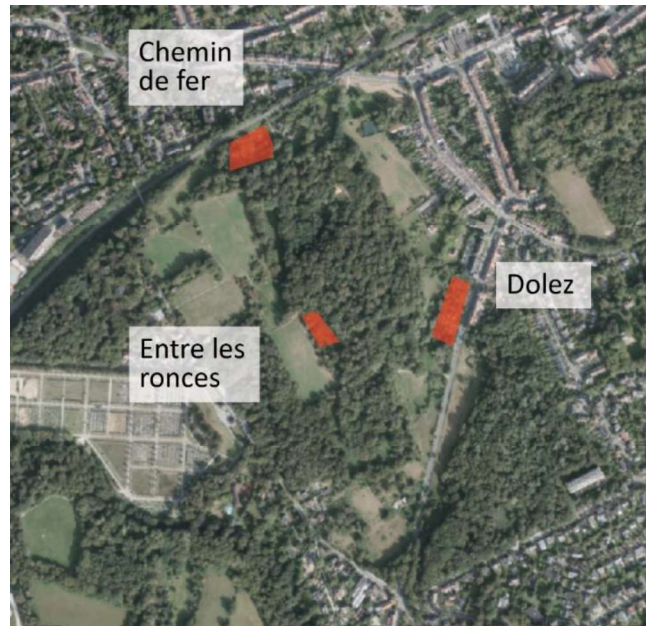


Figure 8. Localisation des trois potagers partagés.

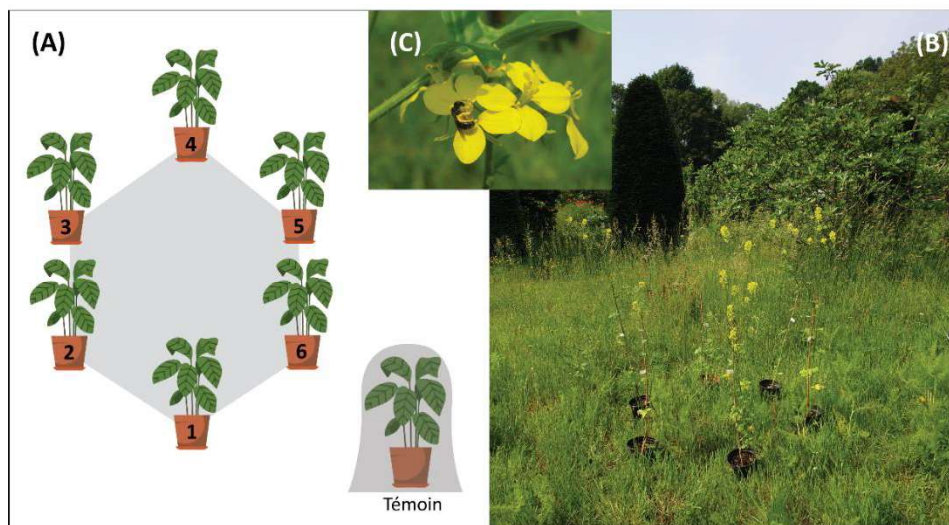


Figure 9. (A) et (B) Dispositif expérimental d'évaluation du service écosystémique de pollinisation, mis en place dans chaque potager. (C) Visite florale par une petite abeille sauvage.

3.3.3. Traitement des résultats

A partir du comptage des visites florales, le nombre moyen de visites par minute a été calculé pour chaque potager. Le taux de fructification a ensuite été calculé pour chaque plante, en considérant les fleurs et fruits localisés entre les deux fils et en appliquant la formule suivante :

$$\text{Taux de fructification (\%)} = \frac{\text{Nbre fruits}}{\text{Nbre fleurs}} \times 100$$

Une ANOVA a ensuite été réalisée avec le programme R Studio (version 4.0.2). Les conditions d'application de l'ANOVA ont été testées avec les tests de Shapiro et de Bartlett.

3.4. Enquête sur les pratiques culturelles des potagistes

3.4.1. Mise en place de l'enquête

Cette enquête a été mise en place afin d'appréhender et de comparer les pratiques culturelles mises en œuvre par les potagistes des trois potagers partagés présents sur le site du Kauwberg. Cela nous permettra d'évaluer la concordance des activités potagères et de la conservation des abeilles sauvages.

Afin de toucher le plus de personnes possibles au sein des trois potagers partagés du Kauwberg, nous avons opté pour une enquête par un questionnaire. Cette méthode a déjà été employée avec succès pour certaines études sur les abeilles sauvages (Appenfeller, Lloyd, and Szendrei 2020; Pawelek et al. 2009). Les potagistes ont été contacté·e·s via l'ASBL Le Début des Haricots qui a été mandatée par Bruxelles Environnement pour encadrer les potagistes et gérer le remaniement des trois potagers présents au Kauwberg. Le questionnaire leur a été envoyé en version électronique par e-mail et en version papier sur simple demande. De plus, lors des journées d'échantillonnage au Kauwberg, nous avons distribué des questionnaires papiers aux potagistes présent·e·s sur le site. Finalement, les informations recueillies dans les questionnaires ont été enrichies par des conversations informelles avec les potagistes lors de leurs rencontres.

Le questionnaire est construit sur base de la littérature existante décrite au point 1.5. Il est disponible en intégralité en annexe. Il propose 30 questions de différents types, réparties sur huit pages de questionnaire. Treize d'entre elles sont à choix multiple, avec à cinq reprises la possibilité « *Autre : précisez...* », leur permettant d'ajouter une ou plusieurs propositions. Sept questions sont à réponse ouverte courte, c'est-à-dire avec moins d'une ligne de réponse. Enfin dix questions sont à réponse ouverte longue, laissant de quatre à huit lignes pour répondre et dont deux d'entre elles sont présentées comme optionnelles (Q25 et Q28). Les questions sont rassemblées par thèmes, présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2. Thèmes et sous-thèmes abordés dans le questionnaire à destination des potagistes.

| Questions | Thème | Sous-thèmes |
|----------------|--|---|
| Q1 à Q3 et Q30 | Informations personnelles | - |
| Q4 à Q7 | Biodiversité en général | Compréhension du concept et actions mises en place |
| Q8 à Q10 | Information sur la parcelle potagère | - |
| Q11 à Q14 | Réflexions personnelles | Motivations et beauté du potager |
| Q15 à Q19 | Plantes cultivées | Nombre, finalité, choix, obtention et reproduction |
| Q20 à Q25 | Pratiques culturales | Désherbage, travail du sol, paillage, tonte et utilisation d'intrants |
| Q26 à 29 | Informations sur l'ensemble du potager | Structures présentes, tonte, observations et relations entre potagistes |

Les informations personnelles sont utilisées pour identifier les participant·e·s et éviter les doublons, alors que les informations sur la parcelle potagère servent à comparer les réponses obtenues aux observations de terrain.

3.4.2. Traitement des résultats

Les données récoltées dans les questionnaires ont été rassemblées dans un grand tableau plaçant les questions en colonnes et les participant·e·s en ligne⁸, pour réaliser une synthèse visuelle de tous les résultats. Pour les questions à choix multiple, les réponses ont simplement été comptabilisées. Les réponses « *Autre : précisez...* » ont été associées à d'autres réponses déjà existantes ou ont fait l'objet de nouvelles catégories. Ces réponses ont également été comparées aux observations faites sur le terrain afin de nous assurer de la bonne compréhension des questions. Pour les questions ouvertes, les réponses ont été comparées entre tous·tes les participant·e·s afin de relever des énoncés récurrents et de mettre en lumière des convergences et divergences. Enfin, les informations recueillies lors des discussions avec les potagistes ont été rapprochées aux réponses des questionnaires afin de les compléter et d'illustrer les tendances tirées des questionnaires

⁸ Le traitement de ces résultats a été inspiré de la Méthodologie Q (Louah and Visser 2016), sans avoir le temps de l'appliquer complètement, car cette méthode demande un travail de terrain de longue durée.

4. RESULTATS

4.1. Inventaire et analyse des communautés

4.1.1. Description du jeu de données

Les individus collectés en 2020 ont été entièrement identifiés à l'espèce, à l'exception de quelques individus atypiques. Les échantillons collectés en 2021 ont été tous identifiés jusqu'au genre. Cependant, au vu du planning serré de ce travail et du grand nombre d'individus collectés nous n'avons pas pu identifier jusqu'à l'espèce l'ensemble du jeu de données. Les espèces ayant des besoins et caractéristiques propres, il est important que l'analyse des communautés d'abeilles sauvages soit faite au niveau spécifique. Une partie de l'échantillonnage de printemps ne figure donc pas dans les résultats présentés ici. Nous avons identifié jusqu'à l'espèce 32,86 % des individus collectés en 2021, en nous concentrant sur des espèces abondantes et aisément identifiables, faisant principalement partie des familles *Andrenidae* et *Apidae*. Néanmoins, la proportion d'individus identifiés est très hétérogène d'un site à l'autre et varie de 13,10 % pour la sablière (C1sab) à 65,36 % pour le site potager P1b (Tableau 3). Huit espèces appartenant toutes à la famille des *Andrenidae* ont été observées uniquement dans l'échantillonnage de 2021 : *Andrena angustior* (Kirby, 1802), *Andrena fulva* (Müller, 1766), *Andrena gravida* (Imhoff, 1832), *Andrena humilis* (Imhoff, 1832), *Andrena nigroaenea* (Kirby, 1802), *Andrena ovatula* (Kirby, 1802), *Andrena scotica* (Perkins, 1916) et *Andrena vaga* (Panzer, 1799).

Sur les 3 155 individus identifiés, nous avons dénombré 100 espèces appartenant aux six familles d'Anthophila présentes en Belgique. L'ensemble du jeu de données est synthétisé dans le Tableau 4 (données complètes disponibles en annexe), il comprend le statut de vulnérabilité, les caractéristiques de lectisme, socialité et nidification et l'occurrence de chaque espèce dans les trois types d'habitats. Les *Apidae* sont la famille la plus représentée, avec 61,36 % des individus identifiés, suivie par les *Andrenidae* (23,11 %), *Halictidae* (6,5 %), *Colletidae* (5,45), *Megachilidae* (5,45 %) et *Melittidae* (3,58%). Parmi les espèces identifiées neuf ont le statut de vulnérabilité *quasi menacée* (NT), quatre sont *vulnérables* (VU) et une est *en danger* (EN) selon la liste rouge belge des abeilles sauvages. Les espèces sont détaillées dans le Tableau 4. Par ailleurs, deux espèces, *Andrena scotica* (Perkins, 1916) et *Osmia leucomelana* (Kirby 1802), ne se retrouvent pas dans cette liste, mais ont déjà été observées en Belgique, on retrouve notamment leur trace sur l'*Atlas Hymenoptera* (n.d.) ou sur le site Observations.be (n.d.).

Tableau 3. Taux d'indentification des abeilles collectées en 2021 par site et par d'habitat.

| Habitat | Site | Taux d'identification par site (%) | Taux d'identification par habitat (%) |
|------------------|-------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Milieux couverts | C1sab | 13,10 | 18,33 |
| | C2 | 16,39 | |
| | C3 | 13,19 | |
| | C4 | 14,97 | |
| | C6 | 17,07 | |
| | C7ros | 35,29 | |
| Milieux ouverts | O1 | 41,98 | 36,19 |
| | O2 | 27,52 | |
| | O3 | 44,83 | |
| | O4 | 40,15 | |
| | O5 | 38,71 | |
| | O6 | 23,96 | |
| Potagers | P1a | 36,72 | 37,40 |
| | P1b | 65,36 | |
| | P2a | 33,33 | |
| | P2b | 24,77 | |
| | P3a | 31,55 | |
| | P3b | 32,64 | |

Les courbes d'accumulation, permettant d'évaluer la complétude de l'échantillonnage, ont été réalisées pour chacun des habitats et pour l'ensemble des sites échantillonnés et sont présentées dans la Figure 10.

Enfin, les graphiques des rangs d'abondance ont été construits pour chacun des habitats et pour leur ensemble (Figure 11). Pour chacun, les espèces les plus abondantes sont :

- **Milieux couverts** : *Bombus terrestris* (18,5 %), *Apis mellifera* (12,6 %), *Bombus pascuorum* (7,9 %), *Andrena haemorrhoa* (6,5 %), *Andrena minutula* (4,3 %), *Bombus lucorum* (4,3 %);
- **Milieux ouverts** : *Apis mellifera* (21,2 %), *Bombus terrestris* (12,8 %), *Andrena haemorrhoa* (12,7 %), *Bombus pascuorum* (9,4 %), *Dasypoda hirtipes* (4,8 %);
- **Potagers** : *Apis mellifera* (25,8 %), *Bombus pascuorum* (14,7 %), *Bombus terrestris* (10,6 %), *Hyalaeus communis* (3,7 %), *Dasypoda hirtipes* (3,1 %);
- **Tous habitats confondus** : *Apis mellifera* (22 %), *Bombus terrestris* (12,6 %), *Bombus pascuorum* (11,5 %), *Andrena haemorrhoa* (7,6 %), *Dasypoda hirtipes* (3,4 %).

Tableau 4. Ensemble des espèces identifiées au Kaunberg avec leur statut de vulnérabilité publié dans la Liste Rouge des Abeilles de Belgique (Drossart et al. 2019), les caractéristiques de lectisme, socialité et nidification (à partir des données publiées dans Drossart et al. 2019, Falk 2015, Pauly and Vereecken 2018 et Vereecken 2017) et le nombre d'individus par habitat : milieux couverts (dont sablière), milieux ouverts et potagers.

| Espèce | Statut de vulnérabilité | Lectisme | Socialité | Nidification | Couvert (dont sablière) | | | |
|--|-------------------------|--------------|-----------------|---------------------|-------------------------|---------|--------------|-----|
| | | | | | Ouverts | Potager | Total/espèce | |
| Famille Andrenidae | | | | | | | | |
| <i>Andrena angustior</i> (Kirby, 1802) | NT | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 3 (1) | 0 | 2 | 5 |
| <i>Andrena barbilabris</i> (Kirby, 1802) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Andrena bicolor</i> (Fabricius, 1775) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 3 (1) | 2 | 3 | 8 |
| <i>Andrena chrysoseles</i> (Kirby, 1802) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 4 (1) | 12 | 7 | 23 |
| <i>Andrena cineraria</i> (Linnaeus, 1758) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 0 | 46 | 2 | 48 |
| <i>Andrena dorsata</i> (Kirby, 1802) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 7 (1) | 31 | 31 | 69 |
| <i>Andrena flavipes</i> (Panzer, 1799) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 1 | 14 | 22 | 37 |
| <i>Andrena florea</i> (Fabricius, 1793) | LC | Spécialisée | Solitaire | Terricole | 0 | 5 | 0 | 5 |
| <i>Andrena fulva</i> (Müller, 1766) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 8 | 9 | 23 | 40 |
| <i>Andrena fulvago</i> (Christ, 1791) | NT | Spécialisée | Solitaire | Terricole | 0 | 1 | 6 | 7 |
| <i>Andrena fulvida</i> (Schenek, 1853) | EN | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 1 | 0 | 1 | 2 |
| <i>Andrena gravida</i> (Imhoff, 1832) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 0 | 3 | 0 | 3 |
| <i>Andrena haemorrhhoa</i> (Fabricius, 1781) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 29 | 169 | 42 | 240 |
| <i>Andrena helvola</i> (Linnaeus, 1758) | VU | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 0 | 2 | 0 | 2 |
| <i>Andrena humilis</i> (Imhoff, 1832) | LC | Spécialisée | Solitaire | Terricole | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Andrena labiata</i> (Fabricius, 1781) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 0 | 1 | 5 | 6 |
| <i>Andrena minutula</i> (Kirby, 1802) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 19 (17) | 6 | 38 | 63 |
| <i>Andrena nigroaenea</i> (Kirby, 1802) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 0 | 5 | 2 | 7 |
| <i>Andrena nitida</i> (Müller, 1776) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 5 (1) | 27 | 15 | 47 |
| <i>Andrena ovatula</i> (Kirby, 1802) | NT | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 1 | 0 | 1 | 2 |
| <i>Andrena rosae</i> (Panzer, 1801) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Andrena scotica</i> (Perkins, 1916) | N/A | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 1 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Andrena subopaca</i> (Nylander, 1848) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 7 (2) | 3 | 0 | 10 |
| <i>Andrena trimmerana</i> (Kirby, 1802) | DD | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 2 | 0 | 3 | 5 |
| <i>Andrena vaga</i> (Panzer, 1799) | LC | Spécialisée | Solitaire | Terricole | 10 (6) | 47 | 23 | 80 |
| <i>Andrena viridescens</i> (Viereck, 1916) | LC | Spécialisée | Solitaire | Terricole | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Panurgus calcearatus</i> (Scopoli, 1763) | LC | Spécialisée | Solitaire | Terricole | 2 | 11 | 2 | 15 |
| Famille Apidae | | | | | | | | |
| <i>Anthophora fuscata</i> (Panzer, 1798) | LC | Spécialisée | Solitaire | Terricole | 1 | 0 | 2 | 3 |
| <i>Anthophora plumipes</i> (Pallas, 1772) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 2 | 6 | 26 | 34 |
| <i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758) | DD | Opportuniste | Eusocial | Ruches / en hauteur | 56 (1) | 283 | 355 | 694 |
| <i>Bombus bohemicus</i> (Seidl, 1837) | NT | - | Parasite social | - | 1 | 1 | 0 | 2 |

Tableau 4. : Suite.

| | | | | | | | | | |
|--|----|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------|-----|-----|-----|--|
| Bombus hortorum (Linnaeus, 1760) | NT | Opportuniste | Eusocial primitif | Squatteuse, cavité du sol | 6 | 2 | 8 | 16 | |
| Bombus hyporum (Linnaeus, 1758) | LC | Opportuniste | Eusocial primitif | Squatteuse, cavité en hauteur | 9 | 14 | 20 | 43 | |
| Bombus lapidarius (Linnaeus, 1758) | LC | Opportuniste | Eusocial primitif | Squatteuse, cavité du sol | 1 | 26 | 12 | 39 | |
| Bombus lucorum (Linnaeus, 1760) | NT | Opportuniste | Eusocial primitif | Squatteuse, cavité en hauteur | 19 (1) | 13 | 17 | 49 | |
| Bombus norvegicus (Sparre-Schneider, 1918) | VU | - | Parasite social | - | 16 | 0 | 0 | 16 | |
| Bombus pascuorum (Scopoli, 1763) | LC | Opportuniste | Eusocial primitif | Cotonnière | 35 | 126 | 203 | 364 | |
| Bombus pratorum (Linnaeus, 1760) | LC | Opportuniste | Eusocial primitif | Squatteuse, cavité du sol | 19 | 1 | 6 | 26 | |
| Bombus sylvestris (Lepeletier, 1832) | LC | - | Parasite social | - | 5 | 1 | 0 | 6 | |
| Bombus terrestris (Linnaeus, 1758) | LC | Opportuniste | Eusocial primitif | Squatteuse, cavité en hauteur | 82 (3) | 171 | 146 | 399 | |
| Bombus vestalis (Geoffroy, 1785) | NT | - | Parasite social | - | 0 | 3 | 7 | 10 | |
| Ceratina cyanea (Kirby, 1802) | LC | Opportuniste | Solitaire | Charpentière | 0 | 2 | 3 | 5 | |
| Nomada fabriciana (Linnaeus, 1767) | LC | - | Cleptoparasite | - | 2 | 1 | 2 | 5 | |
| Nomada flavoguttata (Kirby, 1802) | LC | - | Cleptoparasite | - | 3 | 6 | 10 | 19 | |
| Nomada fucata (Panzer, 1798) | LC | - | Cleptoparasite | - | 0 | 5 | 0 | 5 | |
| Nomada fulvicornis (Fabricius, 1793) | LC | - | Cleptoparasite | - | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| Nomada goodeniana (Kirby, 1802) | LC | - | Cleptoparasite | - | 0 | 0 | 2 | 2 | |
| Nomada marshamella (Kirby, 1802) | LC | - | Cleptoparasite | - | 3 | 4 | 4 | 11 | |
| Nomada sheppardiana (Kirby, 1802) | LC | - | Cleptoparasite | - | 1 (1) | 0 | 5 | 6 | |
| Nomada zonata (Panzer, 1798) | LC | - | Cleptoparasite | - | 0 | 5 | 4 | 9 | |
| Famille Colletidae | | | | | | | | | |
| Colletes cucularius (Linnaeus, 1760) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 8 (8) | 3 | 3 | 14 | |
| Colletes hederæ (Schmidt & Westrich, 1993) | LC | Opportuniste avec forte préf. | Solitaire | Terricole | 18 (15) | 12 | 8 | 38 | |
| Hylaeus brevicornis (Nylander, 1852) | DD | Opportuniste | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 0 | 5 | 21 | 26 | |
| Hylaeus communis (Nylander, 1852) | LC | Opportuniste | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 4 | 8 | 51 | 63 | |
| Hylaeus confusus (Nylander, 1852) | LC | Opportuniste | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 2 | 0 | 7 | 9 | |
| Hylaeus hyalinatus (Smith, 1842) | LC | Opportuniste | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 0 | 1 | 14 | 15 | |
| Hylaeus pictipes (Nylander, 1852) | LC | Opportuniste | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| Hylaeus punctulatissimus (Smith, 1842) | LC | Spécialisée | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 0 | 0 | 2 | 2 | |
| Hylaeus styriacus (Förster, 1871) | LC | Opportuniste | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 0 | 0 | 2 | 2 | |
| Famille Halictidae | | | | | | | | | |
| Halictus rubicundus (Christ, 1791) | LC | Opportuniste | Solitaire + eusocial primitif | Terricole | 1 (1) | 3 | 0 | 4 | |
| Halictus scabiosae (Rossi, 1790) | LC | Opportuniste | Eusocial primitif | Terricole | 0 | 17 | 1 | 18 | |
| Halictus sexinectus (Fabricius, 1775) | VU | Opportuniste | Solitaire + eusocial primitif | Terricole | 0 | 2 | 0 | 2 | |
| Lasioglossum calceatum (Scopoli, 1763) | LC | Opportuniste | Eusocial primitif | Terricole | 2 | 12 | 7 | 21 | |
| Lasioglossum fulvicorne (Kirby, 1802) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 0 | 0 | 2 | 2 | |
| Lasioglossum lateipes (Schenck, 1868) | LC | Opportuniste | Eusocial primitif | Terricole | 3 (1) | 3 | 11 | 17 | |
| Lasioglossum lativentre (Schenck, 1853) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 4 | 1 | 0 | 5 | |
| Lasioglossum leucozonium (Schränk, 1781) | LC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 4 (4) | 7 | 10 | 21 | |

Tableau 4. Suite et fin.

| | | | | | | | | |
|--|-----|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------|----|--------------|-------------|
| Lasioglossum morio (Fabricius, 1793) | IC | Opportuniste | Eusocial primitif | Terricole | 8 (1) | 7 | 27 | 42 |
| Lasioglossum sexnotatum (Kirby, 1802) | IC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 1 | 1 | 9 | 11 |
| Lasioglossum villosulum (Kirby, 1802) | IC | Opportuniste | Eusocial primitif | Terricole | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Seladonia tumulorum (Linnaeus, 1758) | IC | Opportuniste | Solitaire + eusocial primitif | Terricole | 0 | 9 | 3 | 12 |
| Sphécodes albibrabris (Fabricius, 1793) | IC | - | Cleptoparasite | - | 8 (8) | 1 | 0 | 9 |
| Sphécodes crassus (Thomson, 1870) | IC | - | Cleptoparasite | - | 2 (2) | 1 | 1 | 4 |
| Sphécodes ephippius (Linnaeus, 1767) | IC | - | Cleptoparasite | - | 2 (1) | 4 | 4 | 10 |
| Sphécodes gibbus (Linnaeus, 1758) | IC | - | Cleptoparasite | - | 1 (1) | 0 | 1 | 2 |
| Sphécodes hyalinatus (Hagens, 1882) | IC | - | Cleptoparasite | - | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Sphécodes majalis (Pérez, 1903) | DD | - | Cleptoparasite | - | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Sphécodes miniatus (Hagens, 1882) | IC | - | Cleptoparasite | - | 7 (7) | 2 | 2 | 11 |
| Sphécodes monilicornis (Kirby, 1802) | IC | - | Cleptoparasite | - | 1 (1) | 1 | 6 | 8 |
| Sphécodes puncticeps (Thomson, 1870) | IC | - | Cleptoparasite | - | 0 | 0 | 3 | 3 |
| Famille Megachilidae | | | | | | | | |
| Anthidium manicatum (Linnaeus, 1758) | IC | Opportuniste | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 0 | 0 | 10 | 10 |
| Chelostoma campanularum (Kirby, 1802) | IC | Spécialisée | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 0 | 1 | 3 | 4 |
| Chelostoma florissomme (Linnaeus, 1758) | IC | Spécialisée | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 0 | 47 | 20 | 67 |
| Chelostoma rapunculii (Lepelletier, 1841) | IC | Spécialisée | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 1 | 1 | 0 | 2 |
| Coelioxys rufescens (Lepelletier & Serville, 1825) | NT | - | Cleptoparasite | - | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Hierades truncorum (Linnaeus, 1758) | IC | Spécialisée | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 0 | 34 | 13 | 47 |
| Megachile centuncularis (Linnaeus, 1758) | IC | Opportuniste | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 0 | 0 | 3 | 3 |
| Megachile ericetorum (Lepelletier, 1841) | IC | Spécialisée | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Megachile leachella (Curtis, 1828) | VU | Opportuniste avec forte préf. | Solitaire | Terricole | 0 | 2 | 0 | 2 |
| Megachile pyrenaica (Pérez, 1890) | IC | Opportuniste | Solitaire | Terricole | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Megachile rotundata (Fabricius, 1793) | IC | Opportuniste | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Megachile versicolor (Smith, 1844) | IC | Opportuniste | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 0 | 1 | 1 | 2 |
| Osmia bicornis (Linnaeus, 1758) | IC | Opportuniste | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 0 | 2 | 11 | 13 |
| Osmia leaiana (Kirby, 1802) | IC | Spécialisée | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 0 | 2 | 1 | 3 |
| Osmia leucomelana (Kirby, 1802) | N/A | Opportuniste avec forte préf. | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 0 | 5 | 4 | 9 |
| Osmia niveata (Fabricius, 1804) | IC | Spécialisée | Solitaire | Squatteuse, cavité en hauteur | 0 | 3 | 1 | 4 |
| Stelis breviscula (Nylander, 1848) | IC | - | Cleptoparasite | - | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Stelis phaeoptera (Kirby, 1802) | NT | - | Cleptoparasite | - | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Famille Melittidae | | | | | | | | |
| Dasygaster hirtipes (Fabricius, 1793) | IC | Spécialisée | Solitaire | Terricole | 1 | 64 | 43 | 108 |
| Macropis fulvipes (Fabricius, 1804) | IC | Spécialisée | Solitaire | Terricole | 0 | 0 | 5 | 5 |
| | | | | | | | Total | 3155 |

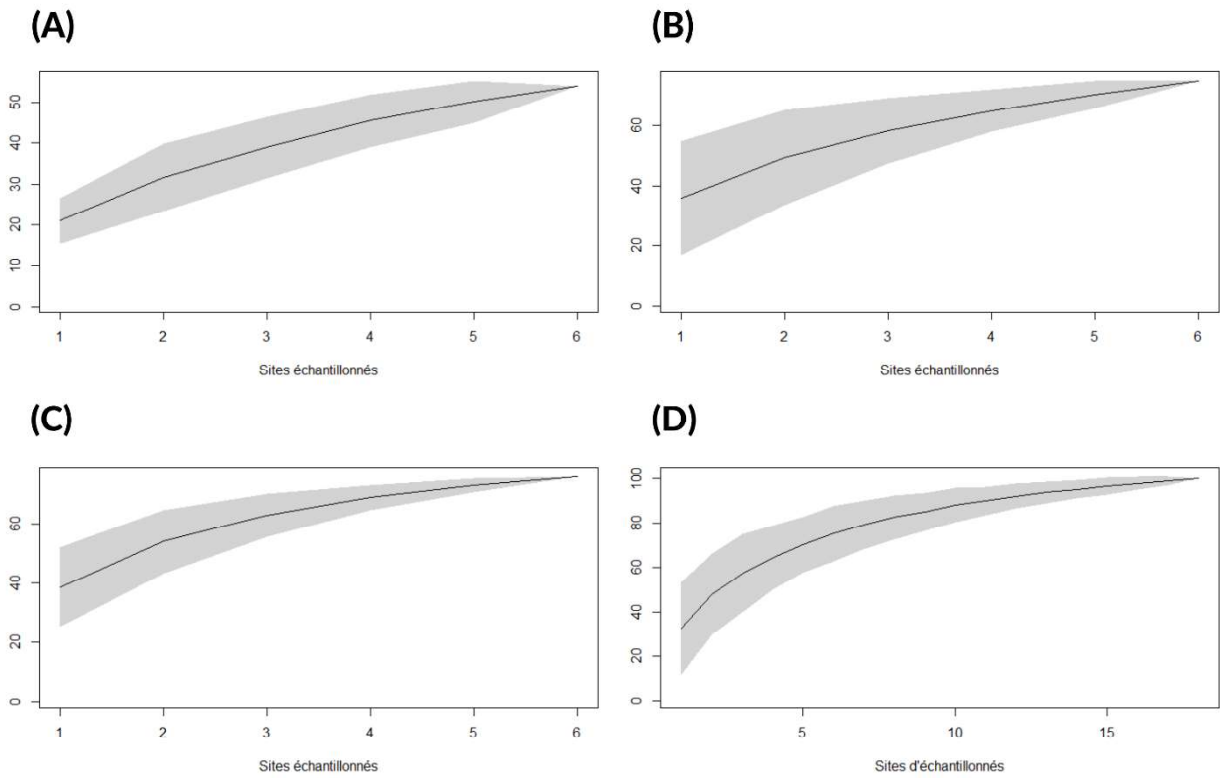


Figure 10. Courbes d'accumulation pour l'échantillonnage (A) des milieux couverts, (B) des milieux ouverts, (C) des potagers et (D) de l'ensemble des sites.

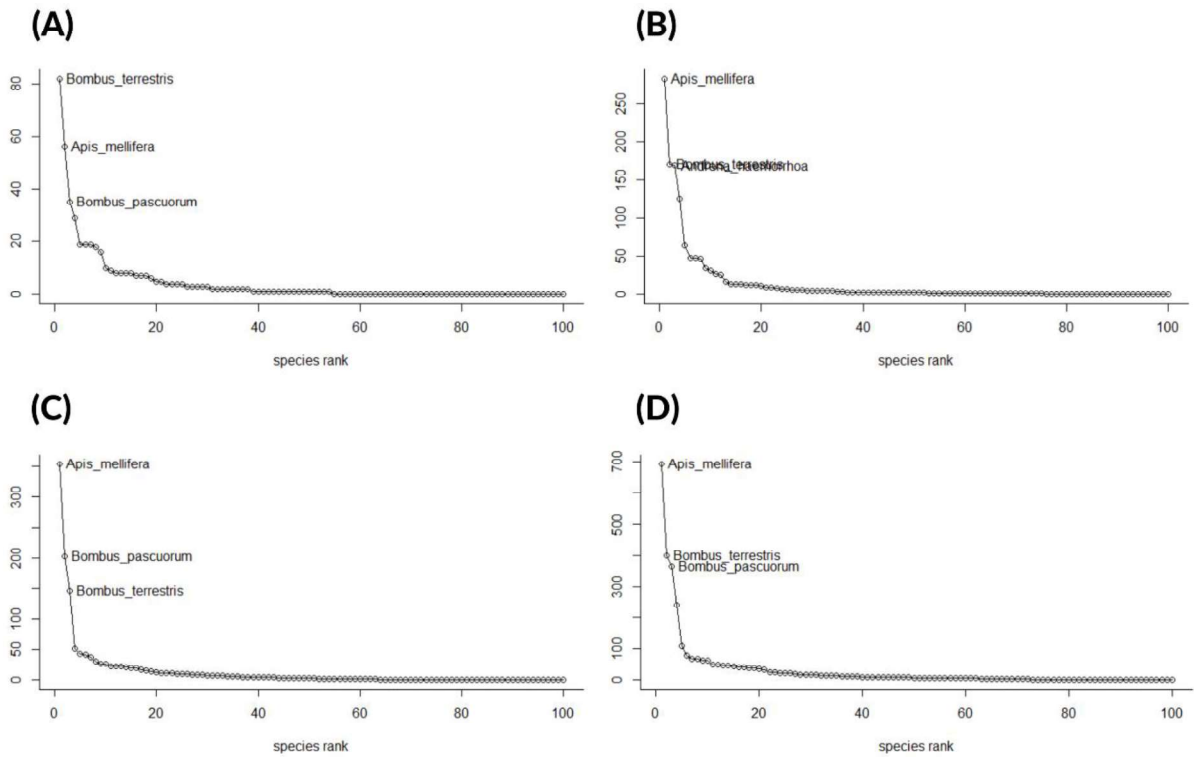


Figure 11. Rangs d'abondance pour l'échantillonnage (A) des milieux couverts, (B) des milieux ouverts, (C) des potagers et (D) de l'ensemble des sites.

4.1.2. Caractérisation des communautés par habitat

Cette partie de l'analyse des résultats est exécutée sur les données de 2020 uniquement. En effet, des analyses inférentielles étant faites pour comparer les moyennes entre types d'habitat, nous avons préféré exclure les données de 2021 dont le taux d'identification très hétérogène entre les sites peut engendrer un biais important.

Les valeurs d'abondance absolue et de richesse spécifique sont présentées dans les boxplots de la Figure 12. Les ANOVA apparentées montrent toutes les deux des résultats significatifs et sont complétées de leur test Tukey, les résultats synthétisés sont visibles dans le Tableau 5 et le détail est disponible en annexe. Pour l'abondance absolue le test de Shapiro montre une distribution des résidus différente d'une distribution normale. Cependant, les résultats ANOVA et de Tukey étant très hautement significatifs et l'homoscédasticité étant respectée, nous avons préféré ne pas avoir recours à un test non paramétrique. Le test post-hoc de l'abondance montre donc une différence très hautement significative entre les milieux couverts et les deux autres types de milieux, alors que celui de la richesse spécifique révèle une différence hautement significative entre les potagers et les milieux couverts.

Pour le reste, les indices de Simpson et Shannon sont présentés dans les boxplots de la Figure 12. Un test de Kruskal-Wallis a été appliqué pour les indices de Simpson et une ANOVA pour les indices de Shannon, tous deux sont non significatifs. Les résultats synthétisés sont visibles dans le Tableau 5 et le détail est disponible en annexe.

Tableau 5. Résultats des tests ANOVA et Kruskal-Wallis pour l'abondance, la richesse et les indices de Simpson et de Shannon : degrés de liberté (ddl), statistique F (ANOVA) ou H (Kruskal-Wallis) et p-valeur.

| ANOVA (ou Kruska-Wallis) | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------|
| | Ddl | Statistique F | p-valeur |
| Abondance | 2 | 55,2 | 1,21e-07 *** |
| Richesse | 2 | 7,391 | 5,84e-03 ** |
| Indice de Simpson | 2 | 1,06 (H) | 0,587 |
| Indice de Shannon | 2 | 1,043 | 0,77 |
| Tukey | | | |
| | Comparaison deux à deux | | p-valeur |
| Abondance | Ouvert-Couvert | | 2,8e-06 *** |
| | Potager-Couvert | | 2e-07 *** |
| | Potager-Ouvert | | 0,136 |
| Richesse | Ouvert-Couvert | | 0,0272 |
| | Potager-Couvert | | 6,56e-03 ** |
| | Potager-Ouvert | | 0,757 |

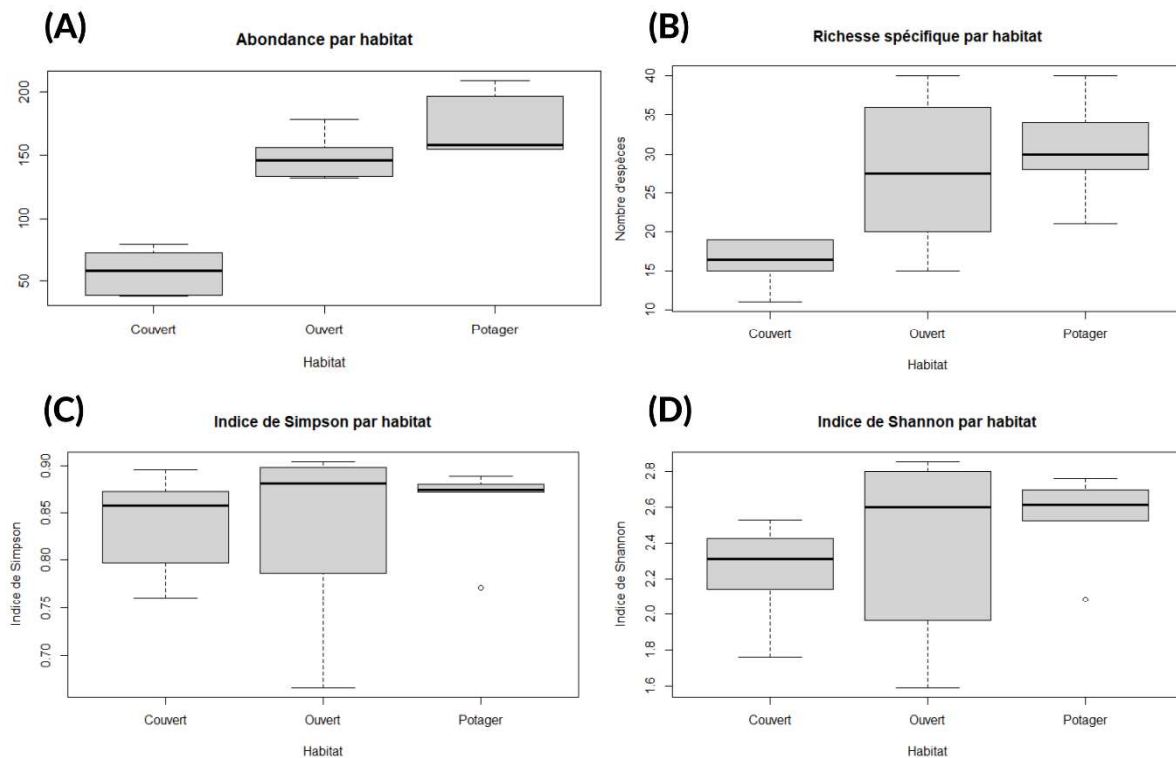


Figure 12. Boxplots de (A) abondance absolue, (B) richesse spécifique, (C) indice de Simpson et (D) indice de Shannon pour le jeu de données de l'année 2020 uniquement.

4.1.3. Comparaison des sites par une approche multivariée

La représentation graphique de la PCoA sur tous les sites est visible sur la Figure 13. Les axes de dimension un et deux représentent respectivement 20,65 % et 10,35 % de la variance totale. Les autres axes ont des valeurs propres inférieures à 10 % (données disponibles en annexe). Un groupement, fait par la méthode des liens moyens, est superposé à la PCoA (dendrogramme disponible en annexe). Le premier groupe rassemble les milieux couverts à l'exception de la sablière (C1sab). Le deuxième associe les sites ouverts et les potagers partagés. Enfin, le dernier groupe est composé uniquement de la sablière (C1sab). Pour celui-ci, il n'y a pas d'ellipse représentée sur la PCoA.

La PCoA sur les six sites potagers est représentée graphiquement dans la Figure 14. Ensemble, les axes un et deux expliquent plus de 50 % de la variance (31,19 % et 23,40 %). Le groupement fait par la méthode de Ward propose trois groupes associant chacun les deux sites d'échantillonnage d'un même potager.

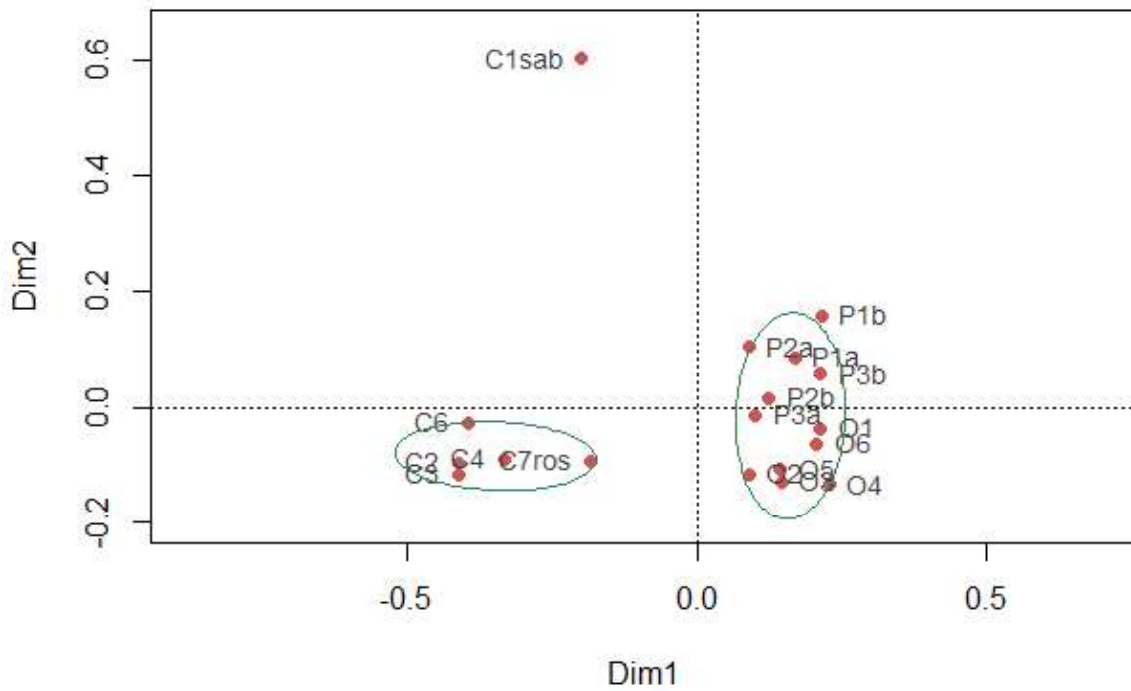


Figure 13. Analyse en coordonnées principales (PCoA) de l'ensemble des sites sur une matrice de distance de Bray-Curtis. Les ellipses, à intervalle de confiance (IC) de 80%, correspondent aux groupements faits avec la méthode des liens moyens sur la même matrice de dissimilarité, divisé en trois groupements.

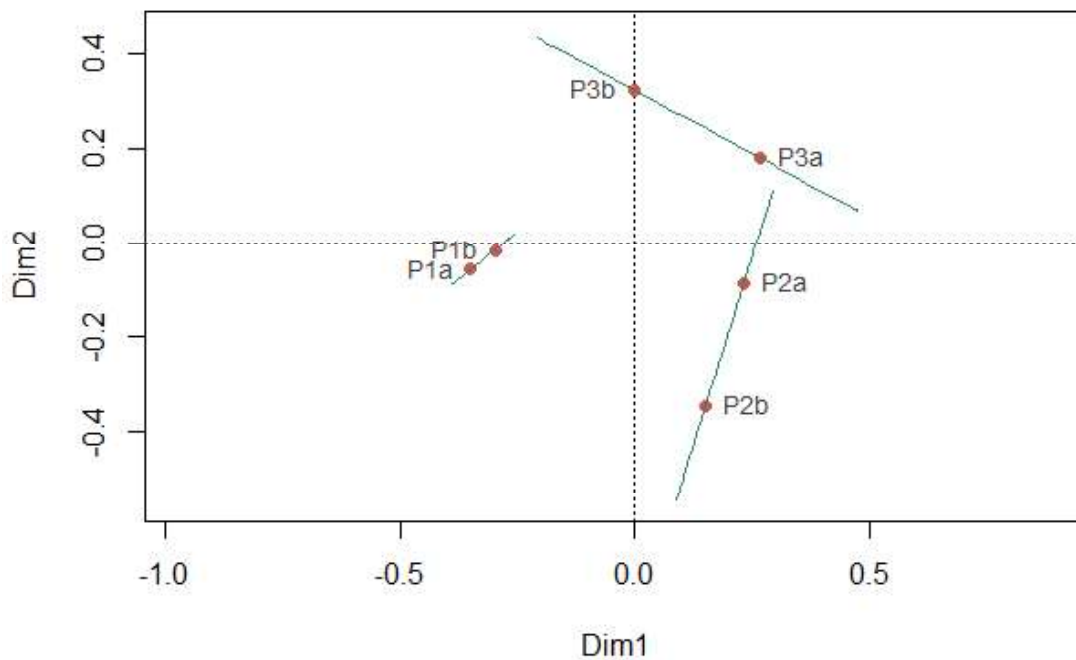


Figure 14. Analyse en coordonnées principales (PCoA) des sites potagers, sur une matrice de distance de Bray-Curtis. Les lignes vertes correspondent aux groupements faits avec la méthode de Ward sur la même matrice de dissimilarité, divisé en trois groupes (dendrogramme disponible en annexe).

4.1.4. Espèces indicatrices

Enfin, la recherche d'espèces indicatrices fait ressortir 13 espèces chacune associée à un habitat ou un groupement d'habitats qui ont une p-valeur significative. Les résultats pour ces espèces sont présentés dans le Tableau 6 et les résultats complets sont disponibles en annexe.

Tableau 6. Synthèse des résultats pour des espèces indicatrices identifiées par l'indice IndVal.

| Espèce | Habitat ou groupe d'habitats | Statistique | P-valeur |
|-------------------------------|------------------------------|-------------|-----------|
| <i>Bombus norvegicus</i> | Couvert | 1 | 0,001 *** |
| <i>Halictus scabiosae</i> | Ouvert | 0,972 | 0,001 *** |
| <i>Sphecodes albilabris</i> | Sablière | 0,990 | 0,037 * |
| <i>Sphecodes miniatus</i> | Sablière | 0,956 | 0,018 * |
| <i>Colletes cunicularius</i> | Sablière | 0,943 | 0,005 ** |
| <i>Sphecodes crassus</i> | Sablière | 0,926 | 0,029 * |
| <i>Colletes hederæ</i> | Sablière | 0,890 | 0,021 * |
| <i>Dasypoda hirtipes</i> | Ouvert + potager | 0,994 | 0,002 ** |
| <i>Bombus lapidarius</i> | Ouvert + potager | 0,943 | 0,004 ** |
| <i>Hylaeus communis</i> | Ouvert + potager | 0,921 | 0,032 * |
| <i>Andrena flavipes</i> | Ouvert + potager | 0,898 | 0,039 * |
| <i>Sphecodes monilicornis</i> | Potager + sablière | 0,889 | 0,006 ** |
| <i>Andrena vaga</i> | Ouvert + potager + sablière | 0,978 | 0,002 ** |

4.2. Evaluation du service écosystémique de pollinisation

Les sessions de terrain se sont déroulées sur une seule journée, le potager Dolez a été expérimenté le matin entre 10h30 et 11h30 alors que les potagers Chemin de fer et Dolez ont été expérimentés l'après-midi entre 14h et 15h, période durant laquelle le soleil était particulièrement intense. Le Tableau 7 présente une synthèse des visites florales pour chaque potager, notamment le nombre de visites observées et la fréquence de visites par minute. Les témoins ayant été protégés des visites florales, ils ne sont pas présents dans ce tableau.

Tableau 7. Synthèse des résultats des visites florales observés sur les pollinomètres dans les trois potagers du Kauwberg : Chemin de fer, Dolez et Entre les ronces

| | Durée avant la 1ère visite (min) | Nombre de visites observées | Durée de comptage (min) | Fréquence de visites (visites/min) | Taux de visites par abeilles sauvages (%) |
|------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------------|---|
| Chemin de fer | 9 | 17 | 60 | 0,283 | 29,41 |
| Dolez | 3 | 100 | 32 | 3,125 | 47 |
| Entre les Ronces | 7 | 47 | 60 | 0,783 | 97,87 |

Les taux de fructification calculés pour chaque potager sont présentés dans le boxplot de la Figure 15. L'ANOVA effectuée sur ces données ne montre pas de différence significative entre

les différents potagers ni entre eux et les plants-témoins (ddl = 3, statistique F = 1,507, p-valeur = 0,247). Les résultats complets sont disponibles en annexe.

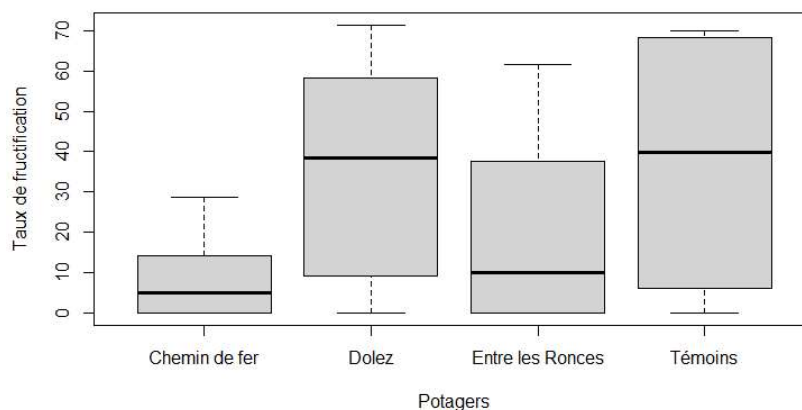


Figure 15. Boxplot des taux de fructification des pollinomètres pour les potagers Central ($n = 6$), Chemin de Fer ($n = 6$) et Entre les ronces ($n = 6$) et les plantes témoins ($n = 2$).

4.3. Analyse des pratiques culturelles des potagistes

4.3.1. Informations générales

Suite à l'envoi du questionnaire par e-mail, deux potagistes nous ont contactés afin d'obtenir des versions papier du questionnaire que nous leur avons envoyé par courrier postal. Nous n'avons obtenu aucune réponse au questionnaire électronique. Sept autres questionnaires obtenus ont été distribués lors de rencontres en personne dans les potagers. Parmi les neuf réponses obtenues, quatre personnes ont répondu au questionnaire pour le potager Dolez, trois personnes pour le potager Chemin de fer et deux personnes pour le potager Entre les ronces. Au total deux femmes et sept hommes ont participé à l'enquête, dont la moyenne d'âge est de $62,6 \pm 10,2$ ans (écart-type). Parmi les potagistes qui ont répondu à notre enquête trois nous ont dit être d'origine portugaise et un d'origine italienne.

L'analyse des réponses est proposée par thème, en suivant l'ordre logique déjà utilisé dans le questionnaire. Onze questions ne sont pas rapportées ici, car leurs réponses ne nous ont pas permis dégager des énoncés ou des tendances pour plusieurs raisons :

- Taux de réponses trop faible : Q12, Q18, Q25, Q26, Q28, Q29
- Réponses aux questions ouvertes trop peu détaillées : Q17, Q19,
- Réponses hors de celles proposées, supposant des questions mal formulées : Q21, Q23,
- Réponses divergentes au sujet de la gestion des parties communes des potagers : Q27.

Aucune question du thème « *Informations sur l'ensemble du potager* » n'a donc été conservée pour l'analyse des résultats.

4.3.2. Premier thème : biodiversité

Au sujet de la compréhension du concept de biodiversité (Q4 et Q5), deux visions distinctes sont ressorties. La première, qui propose une biodiversité incluant l'ensemble des êtres vivants et des interactions existantes entre eux, a été mentionnée dans quatre questionnaires. La deuxième vision décrit une biodiversité cultivée, centrée autour du potager et de la production de légumes, sans utilisation d'intrants chimiques. Elle a été mentionnée par trois potagistes. Une personne a répondu qu'elle ne savait pas et la dernière réponse était plus confuse, ce qui ne nous a pas permis de l'associer à l'une des deux visions. Parmi les réponses appartenant aux deux visions, trois potagistes mentionnent également le climat et son réchauffement.

A la question « *Pensez-vous que votre potager au Kauwberg peut aider à préserver la biodiversité ?* » (Q6), sept potagistes ont répondu oui et deux ne savent pas. Un des potagistes a motivé sa réponse affirmative par « *Oui, car si on est plus, il y a plus de variétés* ».

Pour les actions mises en place au potager pour préserver la biodiversité (Q7), nous avons obtenu six réponses sur les neuf questionnaires. Quatre potagistes indiquent la présence de fleurs dans leur parcelle, deux soulignent la diversité des espèces cultivées et une mentionne laisser les plantes sauvages si elles ne sont pas trop envahissantes. Une seule réponse ne mentionnait aucune de ces propositions.

4.3.3. Deuxième thème : réflexions personnelles

Les motivations des potagistes pour jardiner aux potagers partagés du Kauwberg sont diverses, chaque potagiste en a mentionné au moins deux. En moyenne les participants expriment 5,1 motivations différentes. La distribution des réponses est visible dans la Figure 16. Les réponses « *Production de fleurs pour bouquets* » et « *Entretien de la santé* » ont été ajoutées par deux potagistes via la réponse « *Autre : précisez...* ». Pour cette question, les discussions avec les potagistes nous ont permis de compléter les réponses obtenues dans les questionnaires.

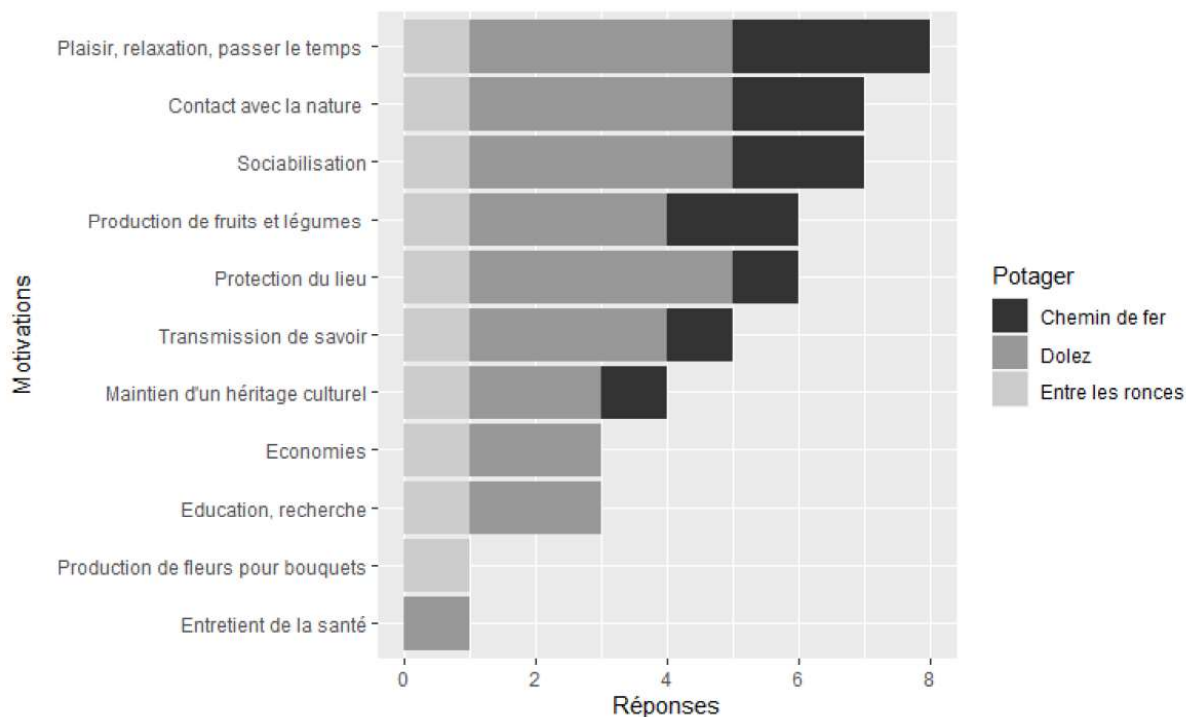


Figure 16. Motivation des potagistes à jardiner au Kauwberg, cumul du nombre de réponses par potager et pourcentage total du nombre de potagistes ayant répondu cette proposition

En ce qui concerne l'importance de la beauté du potager, la distribution des réponses se trouve dans la Figure 17. La description d'un beau potager donne, des réponses très diverses. Sans être exhaustives, trois affirmations reviennent plusieurs fois. « *Pas trop de mauvaises herbes* » est cité quatre fois, « *Fleuri* » est cité trois fois et « *Vivant* » ou « *Qui évolue au fil des saisons* » est cité deux fois (Figure 18). Ces trois affirmations ont chacune été formulées par des potagistes indifféremment de l'une ou l'autre vision de la biodiversité.

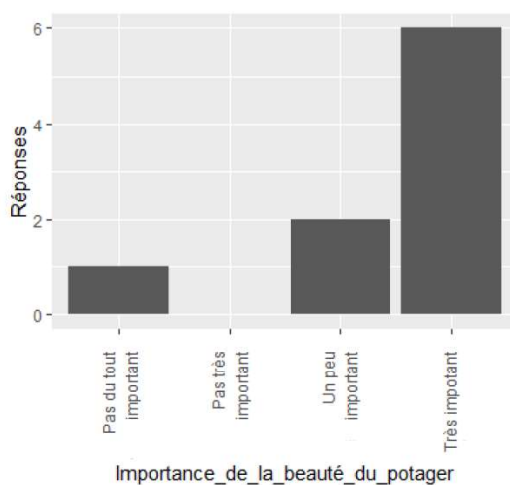


Figure 17. Importance de la beauté du potager pour les potagistes.



Figure 18. Fleurs sauvages ou cultivées embellissant les potagers du Kawwberg.

4.3.4. Troisième thème : plantes cultivées

Les potagistes ont répondu cultiver au minimum six à dix espèces. La répartition des réponses est disponible dans la Figure 19. Cependant d'après les observations menées dans les potagers, ce nombre nous semble sous-estimé, les potagistes se sont probablement focalisés sur les espèces potagères en oubliant un grand nombre d'espèces ayant une autre finalité. De plus, dans les trois potagers, mais particulièrement dans les potagers Dolez et Entre les ronces, nous avons identifié des plantes ligneuses ou pérennes qui n'ont pas été plantées par les potagistes actuels. Ce sont par exemple des arbres ou arbustes fruitiers ou des plantes ornementales ou aromatiques, qui continuent de fournir des ressources alimentaires pour les humains et pour les abeilles sauvages.

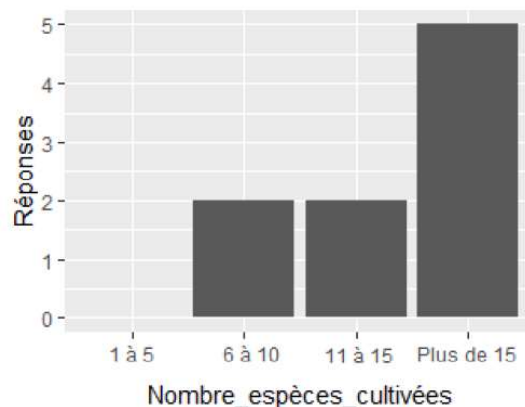


Figure 19. Nombre d'espèces cultivées par les potagistes.

La finalité des espèces cultivées est d'ailleurs diverse parmi les répondants. Ils et elles déclarent en moyenne 4,3 finalités différentes. La répartition des réponses est illustrée dans la Figure 20. Les potagistes qui ont répondu uniquement la production de fruits et/ou de légumes sont celles et ceux qui ont mentionné cultiver au maximum 15 espèces dans la question précédente. Alors

que les personnes cultivant plus de 15 espèces ont mentionné au moins six finalités différentes. Exception faite d'une personne qui cultive uniquement des fleurs ornementales, dont la parcelle comporte plus de 100 taxons. Certains potagistes nous ont d'ailleurs confié observer de nombreuses abeilles dans ces plantations.

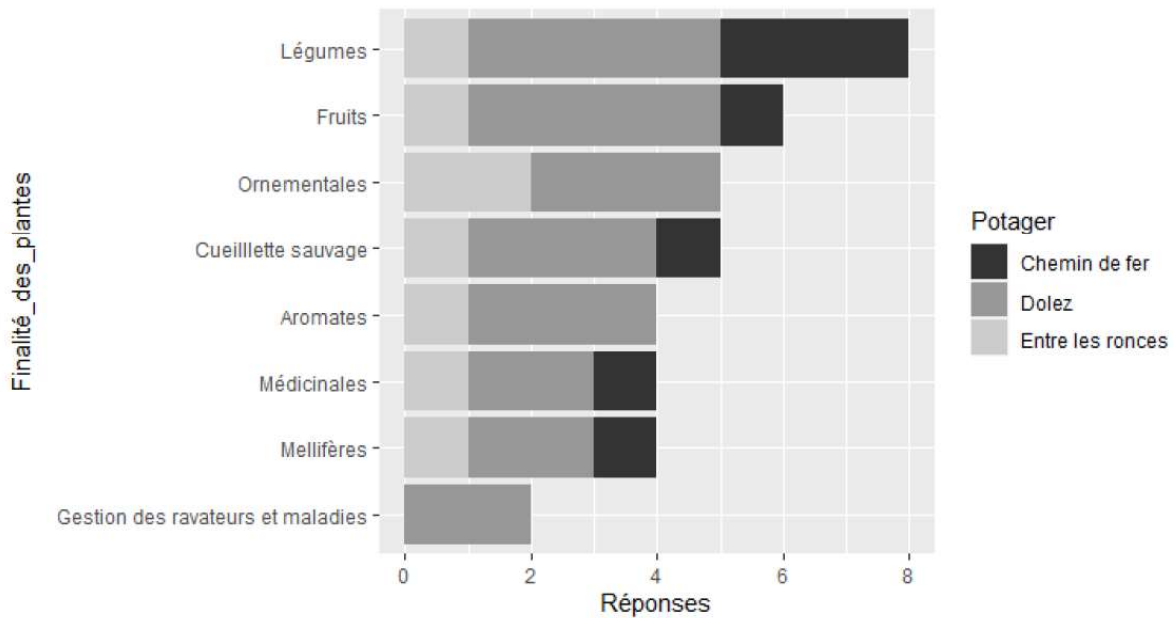


Figure 20. Finalité des plantes cultivées par les potagistes, cumul du nombre de réponses par potager.

4.3.5. Quatrième thème : pratiques culturales

Pour ce thème, un questionnaire a été écarté de l'analyse car les réponses données ne correspondaient pas aux observations faites sur la parcelle. A propos de la gestion des adventices, les réponses sont assez contrastées en fonction des potagers. Les potagistes des sites Dolez et Chemin de fer ont répondu qu'ils et elles désherbent dans les cultures mais tolèrent les adventices autour de leur parcelle. Alors que dans le potager Entre les ronces, ils et elles ont mentionné un désherbage léger uniquement pour ne pas concurrencer les cultures. Les observations faites sur place confirment bien une plus grande quantité de plantes sauvages dans le potager Entre les ronces, notamment dans les parcelles. Cependant, dans les potagers Dolez et Chemin de fer, la même réponse à la question se matérialise de manière différente, impliquant plus ou moins d'adventices dans et autour des parcelles, mais n'atteignant jamais la même importance que dans le potager Entre les ronces (Figure 21).

Pour la couverture du sol au pied des cultures (paillage, broyat, toile...), le schéma de réponse s'apparente à celui de la question précédente. Les potagistes du site Entre les ronces ont spécifié une couverture de 50 % à 75 % du sol. A l'inverse, les potagistes des sites Dolez et Chemin de

fer mentionnent une absence de couverture, à l'exception d'une personne couvrant moins de 25% de sa surface.

Enfin, les produits phytosanitaires sont très peu utilisés. Dans chaque potager une seule personne a mentionné l'utilisation de granules contre les limaces lorsqu'il y a d'importants dégâts. Toutefois, trois des quatre potagistes du site Dolez ont précisé préparer chaque année des purins, principalement à base d'orties, pour lutter contre les maladies et ravageurs et fertiliser les cultures.



Figure 21. Intensité de désherbage dans les parcelles potagères. (A) et (B) la réponse « désherbage dans les parcelles et adventices tolérées autour » se décline sous différents aspects dans le potager Dolez. (C) réponse « désherbage léger uniquement pour ne pas concurrencer les cultures » au potager Entre les ronces.

4.3.6. Incertitude et démotivation de certains potagistes

Lors des discussions avec les potagistes, plusieurs ont pointé l'incertitude quant aux nouvelles règles qui seront d'application dans les potagers du Kauwberg. En effet, suite à la reprise de gestion du site par Bruxelles environnement, l'administration a décidé de revoir le plan de gestion du site. Les potagers ne font pas exception et les discussions ont été lancées au printemps 2021 afin de construire un nouveau règlement, d'homogénéiser les règles et d'officialiser un accord avec Bruxelles environnement. Historiquement, les potagers ont été fondés sur des accords, parfois sans valeur légale, avec différents propriétaires (privés, industriels...). Aujourd'hui, certaines parcelles ont changé de propriétaires et toutes sont gérées par Bruxelles environnement, rendant ce nouveau règlement nécessaire.

Lors des rencontres avec les potagistes, les règles n'étaient pas encore fixées, mais trois d'entre elles, qui étaient déjà annoncées, nous ont été rapportées avec un sentiment négatif par les potagistes. La première est l'interdiction de construire des cabanes et abris et démolition des structures déjà présentes (Figure 22). Les outils seront rangés dans des coffres et il ne sera plus

possible de récupérer l'eau de pluie via ces structures. Un robinet d'eau de ville sera donc disponible pour arroser les plantations. Les potagistes soulèvent la difficulté de s'abriter de la météo Belge changeante et regrettent de ne plus pouvoir récolter l'eau de pluie.

Le deuxième changement est la redistribution des parcelles potagères. En effet, certaines parcelles du potager Chemin de fer sont actuellement à l'abandon et certain·e·s potagistes ont, avec le temps, accumulé plusieurs parcelles potagères. Plusieurs potagistes ont exprimé à ce sujet une démotivation et un probable abandon de leur parcelle si celle-ci est trop réduite.

Enfin, la pérennité du potager Entre les ronces n'est pas certaine. En effet, Bruxelles environnement souhaiterait limiter l'accès du public à cette zone afin de préserver la biodiversité qui y est présente. Cependant, cette biodiversité s'est, en partie, installée à cet endroit à la suite des activités humaines qui y sont menées. L'interdiction totale au site laisserait la végétation spontanée reprendre le dessus, le potager étant accolé à une zone boisée et à un roncier important. Le devenir du site n'est donc pas encore certain. Afin de reloger les potagistes du potager Entre les ronces, deux options sont envisagées : les parcelles abandonnées du potager Chemin de fer et la création d'un nouveau potager à l'ouest de la parcelle O2.

Ces trois changements à venir étaient fréquemment mentionnés par les potagistes lorsque nous leur demandions de remplir le formulaire, en mettant en avant le fait qu'ils ne viendraient peut-être plus jardiner au Kauwberg à la suite de ces changements.

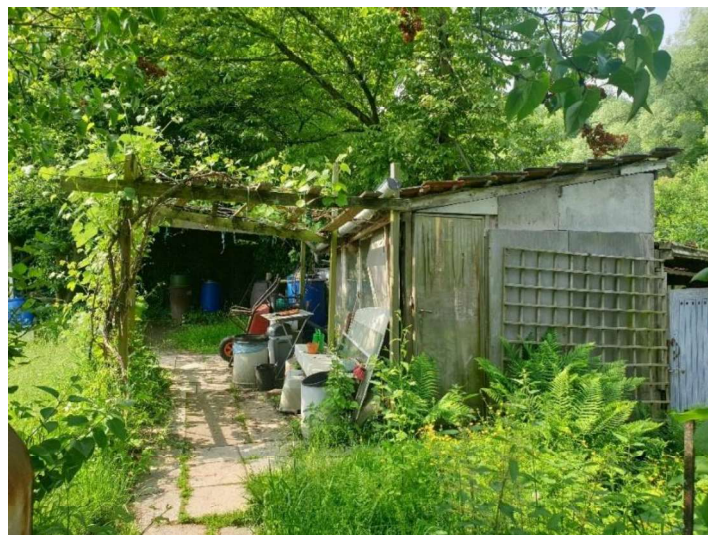


Figure 22. Exemple de cabane auto-construite par les potagistes dans le potager Dolez.

5. DISCUSSION

5.1. Analyse des communautés

Dans l'ensemble de l'échantillonnage, nous avons identifié 100 espèces différentes sur les 246 présentes sur le territoire de la Région Bruxelles-Capitale (Drossart et al. 2019). Cette valeur est très élevée pour un espace vert urbain (Normandin et al. 2017b). Pour la totalité des sites, la courbe d'accumulation semble proche de l'asymptote, ce qui suggère un échantillonnage assez complet. Cependant, en regardant chaque habitat séparément, nous remarquons que les courbes d'accumulation ne sont pas encore saturées, signalant que certaines espèces n'ont pas été détectées. Cela est particulièrement marqué pour les milieux couverts et, est expliqué en partie, par leur faible taux d'identification, notamment pour la sablière, et qui montrent des communautés assez contrastées par rapport aux deux autres habitats. Les individus collectés au printemps 2021 n'ayant pas été tous déterminés, certaines espèces n'ont probablement pas encore été identifiées. En effet, dans les 32,86 % d'individus de 2021 déterminés, nous avons déjà identifié huit espèces printanières supplémentaires. Pour assurer un échantillonnage encore plus complet, nous aurions pu prolonger au-delà du mois d'août afin de capturer les abeilles de fin d'été et d'automne. Néanmoins, notre méthode d'échantillonnage associant pantraps colorés et captures au filet a permis d'obtenir un échantillonnage de qualité.

La famille la plus fréquemment observée au sein du Kauwberg est *Apis*. Parmi celle-ci *Apis mellifera*, *Bombus pascorum* et *Bombus terrestris* sont les trois espèces les plus abondantes. La présence de deux ruchers explique cette forte abondance d'abeilles domestiques, alors que *B. pascorum* et *B. terrestris* sont les deux espèces de bourdons les plus abondantes en Belgique (Atlas Hymenoptera, n.d.). Ces trois espèces peuvent être retrouvées dans tout type d'habitat, vivent en colonies et sont polylectiques. Nous les avons observées dans tous les sites sauf à la sablière pour *B. pascorum*.

En ce qui concerne la comparaison des habitats, les tests effectués ont montré une abondance statistiquement plus élevée pour les milieux ouverts et les potagers que pour les milieux couverts. La richesse est, elle, statistiquement plus élevée uniquement dans les potagers par rapport aux milieux couverts (Figure 12). Cependant, le boxplot montre une tendance plus élevée pour les milieux ouverts que pour les milieux couverts, mais la variance élevée des résultats ne permet pas d'identifier une différence statistique. En regardant les données de

chaque site de plus près (en annexe), deux prairies de fauche (O1 et O2) montrent une richesse plus faible que les autres milieux ouverts, expliquant en partie la grande variance du boxplot. Les faibles abondances et richesses dans des milieux couverts ne sont pas surprenantes. L'abondance et la diversité des abeilles sauvages sont généralement plus faible dans les forêts, le taux de couverture arborés influençant négativement leur présence (Romey et al. 2007; Twerd and Banaszak-Cibicka 2019). De plus, les zones percées présentes dans les espaces boisés sont des zones privilégiées pour les abeilles (Twerd, Sobieraj-Betlińska, and Szefer 2021). A l'inverse, le succès des potagers partagés tant en abondance qu'en diversité est assurément dû à leur faible taux de couverture, aux micro-habitats, ainsi qu'à la grande diversité florale qu'on y retrouve, incluant notamment des espèces ligneuses fournissant des ressources florales abondantes au printemps (MacIvor 2016). Certain-e-s auteur-ric-e-s ont en effet, montré que la présence de zones semi-naturelles proches de potagers partagés permet d'augmenter la diversité de leurs communautés d'abeilles (McFrederick and LeBuhn 2006).

Les indices de diversité de Simpson et de Shannon ne permettent pas de constater de différence significative. Les deux boxplots nous montrent une très faible variance pour les potagers partagés alors qu'elle est, de nouveau, très élevée pour les milieux ouverts. Ici encore, les valeurs sont les plus faibles pour les prairies O1 et O2 que pour les autres sites ouverts. Il serait donc judicieux d'adapter les mesures de gestion, notamment le régime de fauche, de ces deux prairies afin de favoriser des communautés plus diverses. Les deux sites étant côte à côte, les dates de fauches pourraient être alternées afin qu'il y ait toujours une des ressources florales disponibles (Johansen et al. 2019).

Parmi les 100 espèces identifiées, près de la moitié sont des abeilles terricoles. Le Kauwberg est donc un lieu de vie adapté aux abeilles nichant de cette façon, alors que les villes sont réputées pour leur être défavorables étant donné la forte imperméabilisation des sols (Geslin et al. 2016; Cane 2005). Un quart des espèces recensées sont cleptoparasites ou sont des parasites sociaux, leur présence indiquant des populations d'hôtes suffisamment abondantes et stables (Lanner et al. 2020; Matteson, Ascher, and Langellotto 2008). Les abeilles ayant ce type mode de vie sont généralement peu fréquentes en milieu urbain (Cane 2005). En outre, le site accueille 17 espèces oligolectiques, 14 espèces au statut de vulnérabilité préoccupant, selon la liste rouge belge des abeilles sauvages et six espèces dont les données font défaut (Drossart et al. 2019). Le Kauwberg est donc capable de fournir des ressources alimentaires et de nidification variées et nécessaires pour abriter de nombreuses espèces, menacées et/ou ayant des besoins spécifiques.

La PCoA sur l'ensemble des sites nous indique une proximité des communautés d'abeilles différentes de la segmentation du découpage en trois habitats (couvert, ouvert et potager) qui a été adopté au début de l'échantillonnage. Les milieux ouverts et potagers ont des communautés très proches, bien que virtuellement séparées par l'axe un de la PCoA. Les milieux couverts, à l'exception de la sablière, sont très proches les uns des autres. Enfin, la communauté de la sablière est particulièrement isolée des deux autres groupes. Cette typologie suggère que les facteurs influençant le plus fortement les communautés d'abeilles sauvages du Kauwberg sont le taux de couverture et le type de sol. Par ailleurs, cela montre la complémentarité des différents habitats présents et leur importance pour permettre une grande abondance et diversité d'abeilles sauvages. Les milieux couverts, peuvent par exemple fournir des ressources alimentaires printanières fiables pour les abeilles plutôt associées à des milieux ouverts (Mallinger, Gibbs, and Gratton 2016; Banaszak-Cibicka et al. 2018). L'importance de la sablière est également soulignée par sa communauté d'abeilles dont la structure est très différente des autres sites. Il est donc essentiel de maîtriser la végétation qui l'entoure afin de maintenir ce milieu en partie ouvert. Il pourrait également être envisagé de défricher d'autres parties qui étaient dépourvues de végétation il y a plusieurs années (Figure 3). En juillet 2021, des fascines ont été installées pour limiter l'érosion du sol par les intempéries et ainsi protéger les nids, il pourrait également être favorable d'interdire l'accès du versant est durant la période de nidification même en tout temps.

Notons également que le test de Mantel, effectué dans le cadre d'un autre travail de fin d'études, n'a pas mis en lumière d'autocorrélation spatiale dans l'échantillonnage dont nous parlons (Lamarre 2021).

La recherche d'espèces indicatrices montre le même pattern d'association d'habitats que la PCoA. *B. norvegicus*⁹ est la seule espèce indicatrice pour les milieux couverts. Ce bourdon est un parasite social de *B. hypnorum* qui habite principalement les milieux couverts (Atlas Hymenoptera, n.d.) et est également présent dans notre échantillonnage. Les milieux ouverts et les potagers partagent cinq espèces indicatrices communes, qui sont principalement polylectiques (sauf *D. hirtipes*) et qui ont des modes de nidification divers : terricoles, squatteuses de cavités du sol ou de cavité en hauteur. La sablière est le site qui a le plus d'espèces indicatrices qui lui sont propres (cinq). Elle regroupe des espèces sabulicoles dont *C. cunicularius*, mais également des espèces cleptoparasites dont les hôtes affectionnent ce type

⁹ Vérifiés par le Professeur Pierre Rasmont.

de sol. Elle partage aussi une espèce indicatrice cleptoparasite avec les potagers. Enfin *A. vaga* est la seule espèce indicatrice à la fois pour la sablière, les milieux ouverts et les potagers. Cette espèce est terricole et spécialiste des saules (*Salix sp*). La sablière est donc notamment caractérisée par l'association de *C. cunicularius* et d'*A. vaga* qui sont régulièrement observées sur des sites sablonneux ornés de saules. Ces essences sont donc à préserver, car elles fournissent des ressources alimentaires essentielles à des espèces oligolectiques, mais également à des espèces plus généralistes.

Les potagers sont les seuls habitats n'ayant pas d'espèces indicatrices qui leur sont propres, mais ils en partagent avec les milieux ouverts et la sablière. Ces six sites abritent, par ailleurs, des espèces qui ne sont pas retrouvées dans les autres habitats. Contrairement à ce qui est observé dans d'autres potagers urbains (Lanner et al. 2020; Matteson and Langellotto 2010) ceux du Kauwberg hébergent de nombreuses espèces polylectiques et cleptoparasites. La présence de ces sites intensément gérés par les potagistes au sein d'un espace semi naturel est donc source de diversité pour les communautés d'abeilles sauvages. Enfin, la PCoA sur les potagers partagés uniquement associe les sites échantillonnés deux à deux en respectant les trois potagers. Chemin de fer, Dolez et Entre les ronces montrent en effet des communautés d'abeilles substantiellement différentes, indiquant l'intérêt d'avoir trois potagers distincts et éloignés. Cette observation rejoint celle faite par Matteson, Ascher et Langellotto (2008) dans les potagers communautaires de New-York. Il serait donc judicieux de créer un nouveau potager partagé pour remplacer le potager Entre les ronces qui changera bientôt d'attribution. Notons également que le potager Chemin de fer montre les deux communautés les plus proches. Cela est potentiellement expliqué par la proximité de ce site à un rucher. L'abondance de l'abeille sauvage dans les sites P1a et P1b est, en effet, beaucoup plus élevée que pour les autres sites potagers.

5.2. Evaluation du service écosystémique de pollinisation

Le comptage des visites florales montre une grande variation entre les trois potagers. Le potager Dolez montre en effet quatre fois et onze fois plus de visites florales que les potagers Entre les ronces et Chemin de fer respectivement. Cependant, ces deux derniers potagers ont été expérimentés en début d'après-midi, selon le protocole standardisé, lorsque le soleil était particulièrement intense. Il est indéniable que la différence de météo moins favorable, par rapport à la matinée durant laquelle le potager Dolé a été expérimenté, a eu un impact majeur dans la fréquence des visites florales. En effet, lorsque la chaleur est forte, certaines plantes ont

tendance à se fermer durant l'après-midi, imposant aux pollinisateurs de butiner les périodes plus fraîches (Falk and Lewington 2015). De plus, Hoehn et al. (2008), ont décelé des différences temporelles dans l'activité des abeilles sauvages, certaines préférant butiner lorsqu'il fait plus frais. Il est donc difficile de comparer les résultats entre eux.

Nous pouvons tout de même observer une fréquence des visites florales 2,7 fois plus élevées pour le potager Entre les ronces que pour le potager Chemin de fer. De plus, une plus faible proportion de visites est réalisée par les abeilles sauvages dans le potager Chemin de fer que dans les deux autres potagers. Ces observations peuvent être associées à la moindre abondance et diversité des abeilles sauvages dans le potager Chemin de fer en comparaison des deux autres potagers (voir annexes).

La valeur élevée des plantes témoins ne nous permet pas de tirer des conclusions des valeurs observées pour chaque potager. Ce problème est certainement lié à des fécondations lors de la manipulation et du transport des plants. En effet, ceux-ci étaient vraiment très grands lors de la mise sur le terrain (plus d'un mètre), il se sont fréquemment touchés rendant possible les fécondations croisées. La culture des plants sous le filet a été aussi un grand challenge, certaines plantes étant plus grandes que la hauteur du filet, elles ont poussé dans différentes directions, rendant également possible des fécondations entre plantes.

Une possible amélioration de l'expérience, pour pallier les différents problèmes rencontrés serait de semer directement les graines de moutarde dans une parcelle de chaque potager et de placer des plantes témoins sous des filets. L'utilisation de plusieurs espèces florissant à des périodes différentes pourrait également être intéressante pour évaluer le service de pollinisation à différentes périodes et donc offert par des espèces différentes. Certaines études ont déjà utilisé avec succès d'autres plantes comme la bourrache (*Borago officinalis*, L. 1753) (Theodorou et al. 2017) ou la fève (*Vicia faba*, L. 1753) (Birkin and Goulson 2015). Cependant, cette suggestion demandant une présence plus régulière sur le terrain est difficilement applicable si le site étudié est à une grande distance, comme c'est le cas de Kauwberg par rapport au laboratoire d'Entomologie fonctionnelle et Evolutive de Gembloux. De plus, cela augmente le risque de vandalisme des structure expérimentales.

Notons cependant, que même si des différences significatives d'offre de ce service peuvent être observées entre les différents potagers, Matteson and Langellotto (2009) ont évalué que la pollinisation offerte dans ce type de potagers n'est pas limitante pour la production personnelle des potagistes.

5.3. Analyse des pratiques culturelles des potagistes

Le taux de réponses au questionnaire est assez faible. Nous avons, en effet, obtenu neuf questionnaires complétés alors qu'il y a une quarantaine de potagistes répertoriés au sein des trois potagers du Kauwberg. La prise de contact par e-mail n'ayant donné lieu qu'à deux réponses au questionnaire, cette méthode n'est donc pas la plus adaptée. Les contacts directs avec les potagistes ont abouti à plus de réponses, probablement dû au fait que nous avons pu directement discuter avec les potagistes et leur expliquer plus amplement le but de cette enquête. Nous soumettons trois hypothèses à ce faible taux de participation.

Premièrement, nous avons fréquemment croisé les mêmes personnes, durant les journées au Kauwberg. En venant en fin de journée ou durant les weekends, nous aurions peut-être rencontré d'autres personnes, notamment des personnes travaillant aux horaires classiques de bureau. Cette supposition est renforcée par la moyenne d'âge des participants ($62,6 \pm 10,2$ ans) légèrement supérieure à l'âge moyen de la pension en Belgique qui est de 61,8 ans (Belga 2019).

Ensuite, les incertitudes sur les futurs changements de gestion des potagers ont souvent été mises en avant lorsque nous interrogeons les potagistes quant à la participation à l'enquête. Nous avons, dès lors, pu mieux leur expliquer le but de cette enquête et le lien avec l'inventaire des abeilles sauvages des années 2020 et 2021. Cependant, les personnes que nous n'avons pas rencontrées directement n'ont pas eu cette explication.

Enfin, la longueur du questionnaire a sans doute découragé certaines personnes. En effet, nous avons remarqué moins de réponses ou des réponses plus brèves à la fin du questionnaire indiquant possiblement un ennui à répondre. La partie « *Informations sur l'ensemble du potager* » n'a d'ailleurs pas été exploitée dans ce travail. Pour s'assurer un meilleur taux de réponses, nous suggérons d'avoir recours à moins de questions ouvertes longues. Certaines questions ouvertes n'ayant pas donné de réponses exploitables, elles pourraient être supprimées pour simplifier le questionnaire (Q12, Q17, Q18 et Q19). Les questions sur l'ensemble du potager (Q26, Q27 et Q29) ainsi que les questions non obligatoires pourraient également être supprimées.

La définition de la biodiversité généralement acceptée : « *Variété des types d'organismes, d'habitats ou d'écosystèmes de la planète, ou d'un lieu donné* » (Ricklefs and Miller 2005, page 722). La biodiversité inclut trois niveaux d'organisation, la diversité des gènes, des espèces et des écosystèmes ainsi que les interactions existantes dans et entre eux. Des deux visions de la

biodiversité que nous avons identifiées dans les questionnaires, celle proposant une biodiversité incluant l'ensemble des êtres vivants et des interactions existantes entre eux est celle qui se rapproche le plus de la définition énoncée ci-dessus. Près la moitié des potagistes a donc une vision assez proche de ce concept scientifique. La deuxième proposition, en se centrant autour du potager et de la production de légumes sans utilisation d'intrants chimiques, s'intéresse uniquement sur la biodiversité cultivée, qui a été modelée pour répondre aux exigences humaines (ONU 1992). Cette vision est donc plus utilitariste et anthropocentrée. La mention de non-utilisation d'intrants chimiques tout en étant bénéfique pour les abeilles sauvages, fait également référence à un bénéfice pour la santé humaine. Trois potagistes ont également mentionné le réchauffement climatique qui est une des causes majeures du déclin de la biodiversité et notamment des abeilles sauvages (Sánchez-Bayo and Wyckhuys 2019). Toutefois, aucune des réponses ne mentionne les bénéfices fournis par la biodiversité et notamment les effets positifs des auxiliaires de culture particulièrement bénéfiques dans un environnement tel que les potagers partagés. Les abeilles sauvages en font partie en fournissant un service de pollinisation majeur pour de nombreuses cultures potagères (Matteson and Langellotto 2009; Pardee and Philpott 2014). Informer les potagistes des effets productifs des abeilles sauvages sur leur activités de jardinage pourrait les inciter à leur prêter plus d'attention.

La majorité des potagistes pensent que leur parcelle potagère aide à soutenir la biodiversité. Cinq d'entre eux disent avoir au moins une pratique favorable aux abeilles sauvages c'est-à-dire cultiver des fleurs (Matteson and Langellotto 2010; Pawelek et al. 2009), avoir une diversité d'espèces cultivées (Pardee and Philpott 2014; Matteson and Langellotto 2010; Lanner et al. 2020; Pearsall et al. 2017) ou ne pas trop désherber (Majewska and Altizer 2020; MacIvor 2016). La mise en place de ces pratiques est donc globalement en phase avec leur point de vue sur l'adéquation de leur parcelle avec la préservation de la biodiversité. Un participant a également soulevé que le nombre de potagistes augmente la diversité végétale. En effet, Pearsall et al. (2017) ont montré que les potagistes avec des identités culturelles différentes ont tendance à choisir des espèces différentes. C'est le cas aux potagers du Kauwberg avec trois origines ethniques différentes constatées sans poser cette question explicitement. Il est donc vraisemblable qu'en posant la question nous en aurions relevé d'autres.

Les potagistes ont énoncé en moyenne plus de cinq motivations différentes pour venir jardiner au Kauwberg. Trois d'entre elles sont associées à des services écosystémiques de production : production de fruits et légumes, économies et production de fleurs pour bouquets. Les autres, dont les trois plus fréquemment cités sont associées à des services écosystémiques culturels. En

effet, selon une étude menée à Bruxelles, les principales fonctions des potagers urbains sont sociales et récréatives, suivies par la fonction de production (Dedicated Research 2012). Le contact avec la nature a été cité par sept potagistes et la protection du lieu par six d'entre eux, ce qui laisse entendre un certain attachement pour cet espace vert de grande taille et pour ces potagers qui sont de véritables lieux de vie et de proximité entre humains et non-humains.

La beauté du potager est un facteur très important pour deux tiers des potagistes. Il est donc intéressant de se questionner sur l'adéquation de leurs critères de beauté à la préservation des communautés d'abeilles sauvages. Le critère « *Pas trop de mauvaises herbes* » cité quatre fois n'est, selon la littérature, pas favorable car il tend à diminuer les ressources alimentaires disponibles (Majewska and Altizer 2020; MacIvor 2016). A l'inverse le critère « *Fleuri* » cité trois fois est avantageux pour les pollinisateurs car il offre des ressources alimentaires (Pawelek et al. 2009; Majewska and Altizer 2020). Enfin les réponses « *Vivant* » ou « *Qui évolue au fil des saisons* » ne font pas directement référence à des pratiques favorables ou non, mais suggèrent un attrait pour la présence d'espèces végétales et animales sauvages dans le potager. Les critères de beauté des potagistes ne coïncident donc que partiellement avec la préservation des abeilles sauvages. Communiquer sur les facteurs qui leur sont favorables pourrait aider à modifier l'image d'un beau potager et à la rendre plus en adéquation avec la préservation des abeilles sauvages.

Le nombre d'espèces par parcelle semble augmenter avec le nombre de finalités des plantes cultivées. Diversifier les finalités permet donc de fournir des ressources alimentaires différentes et de mieux soutenir des communautés d'abeilles sauvages diverses (Pardee and Philpott 2014; Matteson and Langellotto 2010; Lanner et al. 2020; Pearsall et al. 2017). Une exception est notable dans le contexte du Kauwberg, où une parcelle comprenant uniquement des plantes ornementales montre une très grande diversité d'espèces et attire de nombreux pollinisateurs. En outre, la présence d'espèces pérennes et en particulier d'arbres fruitiers dans les potagers Dolez et Entre les ronces est également bénéfique pour les pollinisateurs printaniers en leur fournissant des ressources alimentaires constantes durant cette période (MacIvor 2016). Les plantes aromatiques de la famille des lamiacées, comme le thym, la menthe et la lavande, sont également des sources fiables de nourriture pour les abeilles sauvages (Lanner et al. 2020).

Au sujet des pratiques culturales, des tendances se profilent par potager. Le désherbage est moins intensif dans le potager Entre les ronces que dans les deux autres, sous-entendant plus de ressources florales à disposition des pollinisateurs. Cependant, nous avons constaté que l'évaluation de l'intensité de désherbage par une seule question à choix multiple permet peu de

nuance entre les potagistes de Dolez et Chemin de fer. L'information pourrait être complétée par une question ouverte ou en orientant le sujet lors des discussions avec les potagistes. Nous avons également identifié une forte couverture du sol des cultures (paillage, broyat...) dans le potager Entre les ronces alors qu'elle est très faible ou nulle dans les deux autres potagers. Cette pratique est mentionnée comme défavorable pour les abeilles terricoles par plusieurs auteur·rice·s (Majewska and Altizer 2020; MacIvor 2016).

Les potagistes ont signifié utiliser peu ou pas de produits phytosanitaires ce qui est favorable pour l'ensemble des insectes. Peu d'entre eux utilisent des granulés contre les limaces, lorsque les dégâts sont importants, dont l'effet sur les abeilles n'est pas documenté. Les préparations à base d'orties qui sont utilisées chaque année par les potagistes de Dolez sont connues pour avoir des propriétés fongicides, notamment contre le mildiou, répulsives contre les pucerons et acariens et fertilisantes (Durán-Lara, Valderrama, and Marican 2020; Boyrie 2016). L'effet positif de ces concoctions maisons sur les plantes peut se répercuter sur les communautés d'abeilles sauvages via l'assurance d'une bonne floraison des plantes traitées. A notre connaissance, aucune étude ne s'est penchée sur l'impact des préparations à base d'ortie sur les abeilles sauvages, il est donc possible que celles-ci aient un effet toxique encore non documenté.

Enfin, les questions relatives à la tonte et au travail du sol n'ont pas pu être exploitées. Les réponses proposaient plusieurs fréquences qui ne convenaient pas à la majorité des participant·e·s. Dans l'optique d'améliorer ce questionnaire, il serait nécessaire de modifier ces questions, en proposant par exemple une réponse ouverte courte.

6. CONCLUSION

Ce travail de fin d'études a permis de mettre en lumière la valeur écologique considérable du Kauwberg au sein d'une commune et d'une région très urbanisées. Ce site semi-naturel accueille des communautés d'abeilles abondantes et riches. Malgré la dominance de quelques espèces généralistes, la présence en grand nombre d'espèces oligolectiques, terricoles, cleptoparasites ou ayant un statut de vulnérabilité inquiétant soutient le rôle d'île verte que joue le Kauwberg au sein d'un paysage urbain inhospitalier. La diversité et la proximité des différents habitats permet de fournir des ressources alimentaires et de nidification variées adaptées à cette diversité espèces.

L'ancienne carrière de sable est notamment un site privilégié pour la nidification d'abeilles terricoles qui se nourrissent de la végétation qui l'entoure. Ces pollinisateurs tireraient donc bénéfice d'une protection contre l'érosion ou le tassement du sol, ainsi que d'un défrichage pour préserver, voir augmenter, la superficie de la clairière qui se réduit d'années en années. Les potagers partagés du Kauwberg sont également de bons lieux de vies pour les abeilles sauvages. Leur proximité d'habitats semi-naturels, la diversité des espèces végétales mélangeant plantes potagères et ornementales ainsi que la diversité des micro-habitats qu'ils renferment sont autant de facteurs favorables à des communautés diverses capables de fournir un service de pollinisation nécessaire à cette agriculture urbaine.

Parmi les potagistes du Kauwberg, deux visions de la biodiversité se côtoient. L'une proche du concept scientifique et l'autre dirigée vers le potager et la production alimentaire. Toutefois, plusieurs d'entre elles et eux mettent déjà en œuvre des actions favorables aux abeilles sauvages et profitent de ces potagers et de leurs activités de jardinage pour être en contact avec la nature et protéger un lieu qui leur tient à cœur. La représentation qu'ils et elles portent d'un beau potager indique cependant des points favorables et défavorables pour les communautés d'abeilles sauvages. Dès lors, une information au sujet du potentiel d'accueil de la biodiversité et aux caractéristiques favorables aux abeilles sauvages, ainsi qu'une co-construction du futur des trois potagers pourrait encore favoriser la présence de ces pollinisateurs essentiels. Les abeilles sauvages pourraient donc, au Kauwberg également, être les représentantes d'une sensibilisation de la population urbaine à la préservation de la biodiversité, mais aussi resserrer les liens entre humains et non humains dans ces lieux de vie particuliers.

BIBLIOGRAPHIE

- Amiet, Felix, and Mike Herrmann. 2010. *Apidae 6: Andrena, Melitturga, Panurginus, Panurgus*.
- Appenfeller, Logan R., Sarah Lloyd, and Zsofia Szendrei. 2020. "Citizen Science Improves Our Understanding of the Impact of Soil Management on Wild Pollinator Abundance in Agroecosystems." *PLoS ONE* 15 (3): 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230007>.
- Atlas Hymenoptera. n.d. "Atlas Hymenoptera." <http://www.atlashymenoptera.net/default.aspx>. Date d'accès : 23.07.21
- Baldock, Katherine C.R., Mark A. Goddard, Damien M. Hicks, William E. Kunin, Nadine Mitschunas, Helen Morse, Lynne M. Osgathorpe, et al. 2019. "A Systems Approach Reveals Urban Pollinator Hotspots and Conservation Opportunities." *Nature Ecology and Evolution* 3 (3): 363–73. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0769-y>.
- Banaszak-Cibicka, Weronika, Lucyna Twerd, Monika Fliszkiewicz, Karol Giejdasz, and Aleksandra Langowska. 2018. "City Parks vs. Natural Areas - Is It Possible to Preserve a Natural Level of Bee Richness and Abundance in a City Park?" *Urban Ecosystems* 21 (4): 599–613. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0756-8>.
- Banaszak-Cibicka, Weronika, and Michał Żmihorski. 2012. "Wild Bees along an Urban Gradient: Winners and Losers." *Journal of Insect Conservation* 16: 331–43. <https://doi.org/10.1007/s10841-011-9419-2>.
- Bartholomée, Océane, and Sandra Lavorel. 2019. "Disentangling the Diversity of Definitions for the Pollination Ecosystem Service and Associated Estimation Methods." *Ecological Indicators* 107: 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105576>.
- Belga. 2019. "L'âge Effectif de Départ à La Pension En Belgique Est l'un Des plus Bas de l'OCDE." 2019. https://www.rtbf.be/info/economie/detail_l-age-effectif-de-depart-a-la-pension-en-belgique-est-l-un-des-plus-bas-de-l-ocde?id=10375529. Date d'accès : 26.08.21
- Birkin, Linda, and Dave Goulson. 2015. "Using Citizen Science to Monitor Pollination Services." *Ecological Entomology* 40 (S1): 3–11. <https://doi.org/10.1111/een.12227>.
- Bollekens, Pascale. 2017. "Escale Estivale Dans Le Bois Du Kauwberg à Uccle (JT 13h - RTBF 31/07/2017)." Belgique: RTBF. <https://www.youtube.com/watch?v=aG19dvwLulE>.
- Boyrie, Juliette. 2016. "Urtica Dioica 1 . : Une Plante Aux Usages Multiples." Université de Bordeaux. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01387999>.
- Bruxelles Environnement. 2015. "La Biodiversité à Bruxelles." <https://environnement.brussels/thematiques/espaces-verts-et-biodiversite/la-biodiversite>. Date d'accès : 02.03.21
- Bruxelles Environnement. 2018. "Espace Public." 2018. <https://environnement.brussels/thematiques/espaces-verts-et-biodiversite/les-pesticides/legislation-sur-lutilisation/espace-public>. Date d'accès : 01.01.21
- Buri, Pierrick, Jean Yves Humbert, and Raphaël Arlettaz. 2014. "Promoting Pollinating Insects in Intensive Agricultural Matrices: Field-Scale Experimental Manipulation of Hay-Meadow Mowing Regimes and Its Effects on Bees." *PLoS ONE* 9 (1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085635>.

- Cáceres, Miquel De. 2020. "How to Use the Indicspecies Package (Ver. 1.7.1)." <https://cran.r-project.org/web/packages/indicspecies/index.html>.
- Cáceres, Miquel De, Florian Jansen, and Noah Dell. 2009. "Indicspecies: Relationship Between Species and Groups of Sites." <https://doi.org/10.1890/08-1823.1>.
- Cáceres, Miquel De, and Pierre Legendre. 2009. "Associations between Species and Groups of Sites: Indices and Statistical Inference." *Ecology* 90 (12): 3566–74. <https://doi.org/10.1890/08-1823.1>.
- Cáceres, Miquel De, Pierre Legendre, and Marco Moretti. 2010. "Improving Indicator Species Analysis by Combining Groups of Sites." *Oikos* 119 (10): 1674–84. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18334.x>.
- Cane, James H. 2005. "Bees, Pollination, and the Challenges of Sprawl." In *Nature in Fragments*, edited by Elizabeth A. Johnson and Michael W. Klemens, 109–24. New-York: Columbia University Press. <https://doi.org/10.7312/john12778-008>.
- Cheng, Bifang, David J. Williams, and Yan Zhang. 2012. "Genetic Variation in Morphology, Seed Quality and Self-(In)Compatibility among the Inbred Lines Developed from a Population Variety in Outcrossing Yellow Mustard (*Sinapis Alba*)." *Plants* 1 (1): 16–26. <https://doi.org/10.3390/plants1010016>.
- Collins, Graham A. 2008. "Key to the Genera of British Bees." In *Bees Of Surrey*, edited by D.W. Baldock, 303. Surrey Wildlife Trust.
- Commission Européenne. 2020. "Honey Market Presentation, Autumn 2020." https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/animals-and-animal-products/animal-products/honey_en.
- Coupey, Clara, Hugues Mouret, Laura Fortel, Charlotte Visage, Frédéric Vyghen, Mélina Aubert, and Bernard E. Vaissière. 2014. "Guide de Gestion Écologique Pour Favoriser Les Abeilles Sauvages et La Nature En Ville." <http://urbanbees.eu/pageressources/professionnels> Association.
- Crepet, William L. 1984. "Advanced (Constant) Insect Pollination Mechanisms : Pattern of Evolution and Implications Vis-a-Vis Angiosperm Diversity Author (s): William L . Crepet Source : Annals of the Missouri Botanical Garden , Vol . 71 , No . 2 , Historical Perspectives of A." *Annals of the Missouri Botanical Garden* 71 (2): 607–30.
- Danforth, Bryan N., Sedonia Sipes, Jennifer Fang, and Seán G. Brady. 2006. "The History of Early Bee Diversification Based on Five Genes plus Morphology." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103 (41): 15118–23. <https://doi.org/10.1073/pnas.0604033103>.
- Daniels, Benjamin, Jana Jedamski, Richard Ottermanns, and Martina Ross-Nickoll. 2020a. "A 'Plan Bee' for Cities: Pollinator Diversity and Plant-Pollinator Interactions in Urban Green Spaces." *PLoS ONE* 15 (7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235492>.
- Dedicated Research. 2012. "Les Maraîchages Urbains, Écologiques: Freins, Leviers à La Réalisation et État Des Lieux – Phase Quantitative : Enquête Téléphonique Réalisée à La Demande de Bruxelles Environnement." <https://doi.org/10.1515/9783110241006.ix>.
- Drossart, Maxime, Pierre Rasmont, Pieter Vanormelingen, Marc Dufrêne, Morgane Folschweiller, Alain Pauly, Nicolas J. Vereecken, et al. 2019. *Belgian Red List of Bees*. Mons: Presse universitaire de l'Université de Mons. <http://www.atlashymenoptera.net>.

- Dufrêne, Marc, and Pierre Legendre. 1997. "Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach." *Ecological Monographs* 67 (3): 345–66. <https://doi.org/10.2307/2963459>.
- Dumont, Bertrand, Pascal Carrère, Cécile Ginane, Anne Farruggia, Laurent Lanore, Antoine Tardif, Francis Decuq, Olivier Darsonville, and Frédérique Louault. 2011. "Plant-Herbivore Interactions Affect the Initial Direction of Community Changes in an Ecosystem Manipulation Experiment." *Basic and Applied Ecology* 12 (3): 187–94. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2011.02.011>.
- Durán-Lara, Esteban F., Aly Valderrama, and Adolfo Marican. 2020. "Natural Organic Compounds for Application in Organic Farming." *Agriculture* 10 (41): 1–22. <https://doi.org/10.3390/agriculture10020041>.
- Espace environnement ASBL. 2013. "Créer Des Vergers et Des Jardins Communautaires." http://www.lobbes.be/pdf/vie-communale/odr/pcdr/phase4/Fiche_projet_2.10_vergers_jardins_communautaires2.pdf.
- Falk, Steven. 2015. *Field Guide to the Bees of Great Britain and Ireland*. Edited by Bloomsbury Publishing. London.
- Falk, Steven, and Richard Lewington. 2015. *Field Guide to the Bees of Great Britain and Ireland*. Edited by British Wildlife Publishing Ltd. Bloomsbury.
- FAO. n.d. "Services Ecosystémiques & Biodiversité." <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/fr/>. Date d'accès : 02.03.21
- Petridge, Evelyn D., John S. Ascher, and Gail A. Langellotto. 2008. "The Bee Fauna of Residential Gardens in a Suburb of New York City (Hymenoptera: Apoidea)." *Annals of the Entomological Society of America* 101 (6): 1067–77. <https://doi.org/10.1603/0013-8746-101.6.1067>.
- Fortel, Laura, Mickaël Henry, Laurent Guilbaud, Anne Laure Guirao, Michael Kuhlmann, Hugues Mouret, Oriane Rollin, and Bernard E. Vaissière. 2014. "Decreasing Abundance, Increasing Diversity and Changing Structure of the Wild Bee Community (Hymenoptera: Anthophila) along an Urbanization Gradient." *PLoS ONE* 9 (8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104679>.
- Garibaldi, Lucas A., Ingolf Steffan-dewenter, Rachael Winfree, Marcelo A Aizen, Riccardo Bommarco, Saul A Cunningham, Claire Kremen, and Luísa G Carvalheiro. 2014. "Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance." *Science* 339: 1608–11.
- Gaston, Kevin J., Richard M. Smith, Ken Thompson, and Philip H. Warren. 2005. "Urban Domestic Gardens (II): Experimental Tests of Methods for Increasing Biodiversity." *Biodiversity and Conservation* 14 (2): 395–413. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-6066-x>.
- Geslin, Benoît, Violette Le Féon, Morgane Folschweiller, Floriane Flacher, David Carmignac, Eric Motard, Samuel Perret, and Isabelle Dajoz. 2016. "The Proportion of Impervious Surfaces at the Landscape Scale Structures Wild Bee Assemblages in a Densely Populated Region." *Ecology and Evolution* 6 (18): 6599–6615. <https://doi.org/10.1002/ece3.2374>.
- Gezon, Zachariah J., Eli S. Wyman, John S. Ascher, David W. Inouye, and Rebecca E. Irwin. 2015. "The Effect of Repeated, Lethal Sampling on Wild Bee Abundance and Diversity." *Methods in Ecology and Evolution* 6 (9): 1044–54. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12375>.

- Goddard, Mark A., Andrew J. Dougill, and Tim G. Benton. 2010. "Scaling up from Gardens: Biodiversity Conservation in Urban Environments." *Trends in Ecology and Evolution* 25 (2): 90–98. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.07.016>.
- Goulson, Dave, Elizabeth Nicholls, Cristina Botías, and Ellen L. Rotheray. 2015. "Bee Declines Driven by Combined Stress from Parasites, Pesticides, and Lack of Flowers." *Science* 347 (6229). <https://doi.org/10.1126/science.1255957>.
- Grundel, Ralph, Krystalynn J. Frohnapple, Robert P. Jean, and Noel B. Pavlovic. 2011. "Effectiveness of Bowl Trapping and Netting for Inventory of a Bee Community." *Environmental Entomology* 40 (2): 374–80. <https://doi.org/10.1603/EN09278>.
- Hall, Damon M., Gerardo R. Camilo, Rebecca K. Tonietto, Jeff Ollerton, Karin Ahrné, Mike Arduser, John S. Ascher, et al. 2016. "The City as a Refuge for Insect Pollinators." *Conservation Biology* 31 (1): 24–29. <https://doi.org/10.1111/cobi.12840>.
- Hennig, Ernest Ireneusz, and Jaboury Ghazoul. 2012. "Pollinating Animals in the Urban Environment." *Urban Ecosystems* 15 (1): 149–66. <https://doi.org/10.1007/s11252-011-0202-7>.
- Hernandez, Jennifer L., Gordon W. Frankie, and Robbin W. Thorp. 2009. "Ecology of Urban Bees: A Review of Current Knowledge and Directions for Future Study." *Cities and the Environment* 2 (1). <https://doi.org/10.15365/cate.2132009>.
- Hoehn, Patrick, Teja Tscharntke, Jason M. Tylianakis, and Ingolf Steffan-Dewenter. 2008. "Functional Group Diversity of Bee Pollinators Increases Crop Yield." *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 275: 2283–91. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0405>.
- IPBES. 2019. "Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services." https://www.ipbes.net/sites/default/files/2020-02/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers_fr.pdf.
- Jansson, Åsa, and Steven Polasky. 2010. "Quantifying Biodiversity for Building Resilience for Food Security in Urban Landscapes: Getting down to Business." *Ecology and Society* 15 (3). <https://doi.org/10.5751/ES-03520-150320>.
- Johansen, Line, Anna Westin, Sølvi Wehn, Anamaria Iuga, Cosmin Marius Ivascu, Eveliina Kallioniemi, and Tommy Lennartsson. 2019. "Traditional Semi-Natural Grassland Management with Heterogeneous Mowing Times Enhances Flower Resources for Pollinators in Agricultural Landscapes." *Global Ecology and Conservation* 18: e00619. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00619>.
- Kearns, Carol A., David W. Inouye, and Nickolas M. Waser. 1998. "Endangered Mutualisms: The Conservation of Plant-Pollinator Interactions." *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 83–112. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.83>.
- Kindt, Roeland. 2021. "BiodiversityR: Package for Community Ecology and Suitability Analysis. Version 2.13-1." <https://cran.r-project.org/web/packages/BiodiversityR/index.html>.
- Klein, Alexandra Maria, Bernard E. Vaissière, James H. Cane, Ingolf Steffan-Dewenter, Saul A. Cunningham, Claire Kremen, and Teja Tscharntke. 2007. "Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops." *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274: 303–13. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>.

- Lamarre, Marie. 2021. “Recensement et Impact de La Structure Paysagère Urbaine Sur Les Communautés d’abeilles Sauvages Au Kauwberg (Uccle).” Gembloux agro-Bio Tech, Université de Liège.
- Lanner, Julia, Sophie Kratschmer, Božana Petrović, Felix Gaulhofer, Harald Meimberg, and Bärbel Pachinger. 2020. “City Dwelling Wild Bees: How Communal Gardens Promote Species Richness.” *Urban Ecosystems* 23 (2): 271–88. <https://doi.org/10.1007/s11252-019-00902-5>.
- Lanzas, Mónica, Virgilio Hermoso, Sergio de-Miguel, Gerard Bota, and Lluís Brotons. 2019. “Designing a Network of Green Infrastructure to Enhance the Conservation Value of Protected Areas and Maintain Ecosystem Services.” *Science of the Total Environment* 651: 541–50. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.164>.
- Lerman, Susannah B., Alexandra R. Contosta, Joan Milam, and Christofer Bang. 2018. “To Mow or to Mow Less: Lawn Mowing Frequency Affects Bee Abundance and Diversity in Suburban Yards.” *Biological Conservation* 221: 160–74. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.01.025>.
- Louah, L., and M. Visser. 2016. “Q Methodology, a Useful Tool to Foster Multi-Actor Innovation Networks Performance.” In , 1–18. <https://hau.idm.oclc.org/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=lah&AN=20193024415&site=ehost-live&scope=site%0Ahttp://www.cabi.org/cabdirect/showpdf.aspx?PAN=http://www.cabi.org/cabdirect/showpdf.aspx?PAN=20193024415%0Aemail: Lin>.
- Lowenstein, David M., Kevin C. Matteson, and Emily S. Minor. 2015. “Diversity of Wild Bees Supports Pollination Services in an Urbanized Landscape.” *Oecologia* 179 (3): 811–21. <https://doi.org/10.1007/s00442-015-3389-0>.
- MacIvor, J. Scott. 2016. “Wild Bees in Cultivated City Gardens.” In *Sowing Seeds in the City: Ecosystem and Municipal Services*, edited by Sally Brown, Kristen McIvor, and Elizabeth Hodges Snyder, Springer, 207–27. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-7453-6>.
- Majewska, Ania A., and Sonia Altizer. 2020. “Planting Gardens to Support Insect Pollinators.” *Conservation Biology* 34 (1): 15–25. <https://doi.org/10.1111/cobi.13271>.
- Mallinger, Rachel E., Hannah R. Gaines-Day, and Claudio Gratton. 2017. “Do Managed Bees Have Negative Effects on Wild Bees?: A Systematic Review of the Literature.” *PLoS ONE* 12 (12): 1–32. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189268>.
- Mallinger, Rachel E., Jason Gibbs, and Claudio Gratton. 2016. “Diverse Landscapes Have a Higher Abundance and Species Richness of Spring Wild Bees by Providing Complementary Floral Resources over Bees’ Foraging Periods.” *Landscape Ecology* 31 (7): 1523–35. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0332-z>.
- Marcon, Eric. 2018. “Mesures de La Biodiversité.” <https://hal-agroparistech.archives-ouvertes.fr/cel-01205813>.
- Martins, Kyle T., Andrew Gonzalez, and Martin J. Lechowicz. 2017. “Patterns of Pollinator Turnover and Increasing Diversity Associated with Urban Habitats.” *Urban Ecosystems* 20 (6): 1359–71. <https://doi.org/10.1007/s11252-017-0688-8>.
- Matteson, Kevin C., John S. Ascher, and Gail A. Langellotto. 2008. “Bee Richness and Abundance in New York City Urban Gardens.” *Annals of the Entomological Society of America* 101 (1): 140–50. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2008\)101\[140:BRAAIN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2008)101[140:BRAAIN]2.0.CO;2).

- Matteson, Kevin C., and Gail A. Langellotto. 2010. "Determinates of Inner City Butterfly and Bee Species Richness." *Urban Ecosystems* 13 (3): 333–47. <https://doi.org/10.1007/s11252-010-0122-y>.
- Matteson, Kevin C., and Gail A. Langellotto. 2011. "Small Scale Additions of Native Plants Fail to Increase Beneficial Insect Richness in Urban Gardens." *Insect Conservation and Diversity* 4 (2): 89–98. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2010.00103.x>.
- Matteson, Kevin C., and Gail A. Langellotto. 2009. "Cities and the Environment Bumble Bee Abundance in New York City Agriculture." *Cities and the Environment* 2 (1): 1–12.
- McFrederick, Quinn S., and Gretchen LeBuhn. 2006. "Are Urban Parks Refuges for Bumble Bees *Bombus* Spp. (Hymenoptera: Apidae)?" *Biological Conservation* 129: 372–82. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.11.004>.
- McKinney, Michael L. 2002. "Urbanization, Biodiversity, and Conservation." *BioScience* 52 (10): 883–90.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. "Ecosystems and Human Wellbeing." Edited by Island Press. Washington D.C. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>.
- Motzke, Iris, Teja Tschardt, Thomas C. Wanger, and Alexandra Maria Klein. 2015. "Pollination Mitigates Cucumber Yield Gaps More than Pesticide and Fertilizer Use in Tropical Smallholder Gardens." *Journal of Applied Ecology* 52 (1): 261–69. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12357>.
- Mouret, Hugues, Gabriel Carre, Stuart PM Roberts, Nicolas Morison, and Bernard E Vaissiere. 2007. "Mise En Place d'une Collection d'abeilles (Hymenoptera, Apoidea) Dans Le Cadre d'une Étude de La Biodiversité." *Osmia* 1: 8–15.
- Nations Unies. 2018. "The World's Cities in 2018 - Data Booklet." https://www.un.org/en/events/citiesday/assets/pdf/the_worlds_cities_in_2018_data_booklet.pdf.
- Nieto, A., S.P.M. Roberts, J. Kemp, P. Rasmont, M. Kuhlmann, M. García Criado, J.C. Biesmeijer, et al. 2014. "European Red List of Bees." *IUCN Global Species Programme*. Luxembourg. <https://doi.org/10.2779/77003>.
- Normandin, Étienne, Nicolas J. Vereecken, Christopher M. Buddle, and Valérie Fournier. 2017a. "Taxonomic and Functional Trait Diversity of Wild Bees in Different Urban Settings." *PeerJ* 2017 (3): 1–35. <https://doi.org/10.7717/peerj.3051>.
- Observations.be. n.d. "Observations.Be." <https://observations.be/>. Date d'accès : 23.07.21
- Odanaka, Katherine A., and Sandra M. Rehan. 2019. "Impact Indicators: Effects of Land Use Management on Functional Trait and Phylogenetic Diversity of Wild Bees." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 286. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106663>.
- Oksanen, Jari, F. Guillaume Blanchet, Michael Friendly, Roeland Kindt, Pierre Legendre, Dan Mcglinn, Peter R. Minchin, et al. 2020. "Vegan: Community Ecology Package. Version 2.5-7." https://doi.org/10.1007/978-94-024-1179-9_301576.
- Ollerton, Jeff, Rachael Winfree, and Sam Tarrant. 2011. "How Many Flowering Plants Are Pollinated by Animals?" *Oikos* 120: 321–26. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>.
- ONU. 1992. "Convention Sur La Diversité Biologique." Rio de Janeiro. <https://www.un.org/fr/observances/biological-diversity-day/convention>.

- Orlandi, Stefano, Massimiliano Probo, Tommaso Sitzia, Giovanni Trentanovi, Matteo Garbarino, Giampiero Lombardi, and Michele Lonati. 2016. "Environmental and Land Use Determinants of Grassland Patch Diversity in the Western and Eastern Alps under Agro-Pastoral Abandonment." *Biodiversity and Conservation* 25 (2): 275–93. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1046-5>.
- Pardee, Gabriella L., and Stacy M. Philpott. 2014. "Native Plants Are the Bee's Knees: Local and Landscape Predictors of Bee Richness and Abundance in Backyard Gardens." *Urban Ecosystems* 17 (3): 641–59. <https://doi.org/10.1007/s11252-014-0349-0>.
- Pauly, Alain. 2019. "Contribution à l'inventaire Des Abeilles Sauvages de La Région de Bruxelles-Capitale et de La Forêt de Soignes (Hymenoptera: Apoidea)." *Belgian Journal of Entomology* 79: 1–160.
- Pauly, Alain, and Nicolas J. Vereecken. 2018. "Les Abeilles Sauvages Des Pelouses Calcaires de Han-Sur-Lesse (Hymenoptera: Apoidea)." *Belgian Journal of Entomology* 20: 1–39. www.srbe-kbve.be.
- Pawelek, Jamie C., Gordon W. Frankie, Robbin W. Thorp, and Maggie Przybylski. 2009. "Modification of a Community Garden to Attract Native Bee Pollinators in Urban San Luis Obispo, California." *Cities and the Environment* 2 (1): 1–20. <https://doi.org/10.15365/cate.2172009>.
- Pearsall, Hamil, Sheila Gachuz, Marcel Rodriguez Sosa, Birgit Schmook, Hans van der Wal, and Maria Amalia Gracia. 2017. "Urban Community Garden Agrodiversity and Cultural Identity in Philadelphia, Pennsylvania, U.S." *Geographical Review* 107 (3): 476–95. <https://doi.org/10.1111/j.1931-0846.2016.12202.x>.
- Plascencia, M., and S. M. Philpott. 2017. "Floral Abundance, Richness, and Spatial Distribution Drive Urban Garden Bee Communities." *Bulletin of Entomological Research* 107: 658–67. <https://doi.org/10.1017/S0007485317000153>.
- Potter, Andrew, and Gretchen LeBuhn. 2015. "Pollination Service to Urban Agriculture in San Francisco, CA." *Urban Ecosystems* 18 (3): 885–93. <https://doi.org/10.1007/s11252-015-0435-y>.
- Potts, Simon G., Betsy Vulliamy, Stuart Roberts, Chris O'Toole, Amots Dafni, Gidi Ne'eman, and Pat Willmer. 2005. "Role of Nesting Resources in Organising Diverse Bee Communities in a Mediterranean Landscape." *Ecological Entomology* 30: 78–85. <https://doi.org/10.1111/j.0307-6946.2005.00662.x>.
- R Core Team. n.d. "The R Stats Package." <https://stat.ethz.ch/R-manual/R-devel/library/stats/html/stats-package.html>.
- Rader, Romina, Ignasi Bartomeus, Lucas A. Garibaldi, Michael P.D. Garratt, Brad G. Howlett, Rachael Winfree, Saul A. Cunningham, et al. 2016. "Non-Bee Insects Are Important Contributors to Global Crop Pollination." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113 (1): 146–51. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517092112>.
- Rasmont, Pierre, and Michaël Terzo. 2010. "Catalogue et Clé Des Sous-Genres et Espèces Du Genre Bombus de Belgique et Du Nord de La France (Hymenoptera, Apoidea)."

- Ravetto Enri, Simone, Massimiliano Probo, Anne Farruggia, Laurent Lanore, André Blanchetete, and Bertrand Dumont. 2017. “A Biodiversity-Friendly Rotational Grazing System Enhancing Flower-Visiting Insect Assemblages While Maintaining Animal and Grassland Productivity.” *Agriculture, Ecosystems and Environment* 241: 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.02.030>.
- Ricklefs, Robert E., and Gary L. Miller. 2005. *Ecologie. Traduction de La 4e Édition Américaine*. De Boeck Université. Bruxelles.
- Romey, W. L., J. S. Ascher, D. A. Powell, and M. Yanek. 2007. “Impacts of Logging on Midsummer Diversity of Native Bees (Apoidea) in a Northern Hardwood Forest.” *Journal of Th Kansas Entomological Society* 80 (8): 327–38.
- Sánchez-Bayo, Francisco, and Kris A.G. Wyckhuys. 2019. “Worldwide Decline of the Entomofauna: A Review of Its Drivers.” *Biological Conservation* 232: 8–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>.
- Schaut, Christine. 2019. “Les Sites Semi-Naturels Bruxellois : Usages et Usagers.” In *Entre Ville et Nature : Les Sites Semi-Naturels*, edited by François Ost, Jean Remy, and Luc Van Campenhoudt, 299.
- Shannon, Claude Elwood, and Warren Weaver. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. Edited by Urbana : University of Illinois Press.
- Simpson, E. H. 1949. “Measurment of Diversity.” *Nature* 163: 688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>.
- Simpson, Gavin L., R Core Team, Douglas M. Bates, and Jari Oksanen. 2019. “Permute: Functions for Generating Restricted Permutations of Data.” <https://cran.r-project.org/web/packages/permute/index.html>.
- SOS Kauwberg. n.d. “Description Du Kauwberg.” Accessed January 4, 2021. http://kauwberg.be/description_du_site.htm.
- Souris, Simon. 2020. “Avec Sa Moutarde 100% Belge, Farm for Good Relocalise l’agriculture.” 2020. <https://www.lecho.be/entreprises/alimentation-boisson/avec-sa-moutarde-100-belge-farm-for-good-relocalise-l-agriculture/10269965.html>. Date d'accès : 17.08.21
- Tasker, Perrin, Chris Reid, Andrew D. Young, Caragh G. Threlfall, and Tanya Latty. 2020. “If You Plant It, They Will Come: Quantifying Attractiveness of Exotic Plants for Winter-Active Flower Visitors in Community Gardens.” *Urban Ecosystems* 23 (2): 345–54. <https://doi.org/10.1007/s11252-019-00914-1>.
- Theodorou, Panagiotis, Karoline Albig, Rita Radzevičiūtė, Josef Settele, Oliver Schweiger, Tomás E. Murray, and Robert J. Paxton. 2017. “The Structure of Flower Visitor Networks in Relation to Pollination across an Agricultural to Urban Gradient.” *Functional Ecology* 31: 838–47. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12803>.
- Tichý, Lubomír, and Milan Chytrý. 2006. “Statistical Determination of Diagnostic Species for Site Groups of Unequal Size.” *Journal of Vegetation Science* 17: 809–18. [https://doi.org/10.1658/1100-9233\(2006\)17\[809:sdodsf\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1658/1100-9233(2006)17[809:sdodsf]2.0.co;2).
- Turo, Katherine J., and Mary M. Gardiner. 2019. “From Potential to Practical: Conserving Bees in Urban Public Green Spaces.” *Frontiers in Ecology and the Environment* 17 (3): 167–75. <https://doi.org/10.1002/fee.2015>.
- Twerd, Lucyna, and Weronika Banaszak-Cibicka. 2019. “Wastelands: Their Attractiveness and

- Importance for Preserving the Diversity of Wild Bees in Urban Areas.” *Journal of Insect Conservation* 23 (3): 573–88. <https://doi.org/10.1007/s10841-019-00148-8>.
- Twerd, Lucyna, Anna Sobieraj-Betlińska, and Piotr Szefer. 2021. “Roads, Railways, and Power Lines: Are They Crucial for Bees in Urban Woodlands?” *Urban Forestry and Urban Greening* 61. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127120>.
- UCLouvain. n.d. “Écologie Végétale : Diversité Des Interactions.” <https://biologievegetale.be/ecologie-vegetale/communautes/diversite-des-interactions-1-1/>. Date d'accès : 02.03.21
- UICN. 2015. “Nearly One in 10 Wild Bee Species Face Extinction in Europe While the Status of More than Half Remains Unknown.” 2015. <https://www.iucn.org/content/nearly-one-10-wild-bee-species-face-extinction-europe-while-status-more-half-remains-unknown-iucn-report>.
- Vereecken, Nicolas. 2017. *Découvrir et Protéger Nos Abeilles Sauvages*. Glénat. Grenoble.
- Vereecken, Nicolas J., Timothy Weekers, Leon Marshall, Jens D’Haeseleer, Maarten Cuypers, Alain Pauly, Bernard Pasau, et al. 2021. “Five Years of Citizen Science and Standardised Field Surveys in an Informal Urban Green Space Reveal a Threatened Eden for Wild Bees in Brussels, Belgium.” *Insect Conservation and Diversity*, 1–9. <https://doi.org/10.1111/icad.12514>.
- Vereecken, Nicolas, Etienne Toffin, Matthias Gosselin, and Denis Michez. 2006. “Observations Relatives à La Biologie et à La Nidification de Quelques Abeilles Sauvages Psammophiles d’intérêts En Wallonie 1. Observations Estivales et Automnales.” *Parcs et Réserves* 61 (1): 8–13.
- Wastian, Laura, Philipp Andreas Unterweger, and Oliver Betz. 2016. “Influence of the Reduction of Urban Lawn Mowing on Wild Bee Diversity (Hymenoptera, Apoidea).” *Journal of Hymenoptera Research* 49: 51–63. <https://doi.org/10.3897/JHR.49.7929>.
- Westphal, Catrin, Riccardo Bommarco, Gabriel Carré, Ellen Lamborn, Nicolas Morison, Theodora Petanidou, Simon G. Potts, et al. 2008. “Measuring Bee Diversity in Different European Habitats and Biogeographical Regions.” *Ecological Monographs* 78 (4): 653–71. <https://doi.org/10.1890/07-1292.1>.
- Willmer, Pat. 2011. *Pollination and Floral Ecology*. Edited by Princeton University Press. Princeton.
- Woodcock, Thomas S., Laura J. Pekkola, Cara Dawson, Fawziah L. Gadallah, and Peter G. Kevan. 2014. “Development of a Pollination Service Measurement (PSM) Method Using Potted Plant Phytometry.” *Environmental Monitoring and Assessment* 186: 5041–57. <https://doi.org/10.1007/s10661-014-3758-x>.
- Wratten, Stephen D., Mark Gillespie, Axel Decourtye, Eric Mader, and Nicolas Desneux. 2012. “Pollinator Habitat Enhancement: Benefits to Other Ecosystem Services.” *Agriculture, Ecosystems and Environment* 159: 112–22. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.06.020>.
- Zaninotto, Vincent, Xavier Raynaud, Emmanuel Gendreau, Yvan Kraepiel, Eric Motard, Olivier Babiari, Amandine Hansart, Cécile Hignard, and Isabelle Dajoz. 2020. “Broader Phenology of Pollinator Activity and Higher Plant Reproductive Success in an Urban Habitat Compared to a Rural One.” *Ecology and Evolution* 10 (20): 11607–21. <https://doi.org/10.1002/ece3.6794>.

ANNEXES

ANNEXE 1. COORDONNEES GPS DES SITES D'ECHANTILLONNAGE

| N°du site | Type d'habitat | Longitude (degrés décimaux) | Latitude (degrés décimaux) |
|-----------|---------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| C1 | Sablière | 4.3554 | 50.7898 |
| C2 | Milieu forestier | 4.3557 | 50.7885 |
| C3 | Milieu forestier | 4.3531 | 50.7868 |
| C4 | Milieu forestier | 4.3544 | 50.7856 |
| C5 | Milieu forestier, terrain de dirtbike | 4.3587 | 50.7841 |
| C6 | Roselière | 4.3596 | 50.7845 |
| O1 | Prairie de fauche | 4.3524 | 50.7892 |
| O2 | Prairie de fauche | 4.3509 | 50.7890 |
| O3 | Prairie de fauche | 4.3542 | 50.7871 |
| O4 | Prairie de pâturage | 4.3564 | 50.7841 |
| O5 | Prairie de pâturage | 4.3570 | 50.7849 |
| O6 | Prairie de pâturage | 4.3575 | 50.7861 |
| P1a | Potager <i>Chemin de fer</i> | 4.3528 | 50.7906 |
| P1b | Potager <i>Chemin de fer</i> | 4.3533 | 50.7909 |
| P2a | Potager <i>Entre les ronces</i> | 4.3548 | 50.7877 |
| P2b | Potager <i>Entre les ronces</i> | 4.3550 | 50.7874 |
| P3a | Potager <i>Dolez</i> | 4.3584 | 50.7877 |
| P3b | Potager <i>Dolez</i> | 4.3586 | 50.7882 |

ANNEXE 2. PLANNING D'ECHANTILLONNAGE DE 2020 ET 2021

| Mois | Date | Circuit |
|-----------|----------|---------|
| Avril | 01.04.21 | 1 |
| | 17.04.21 | 2 |
| | 26.04.21 | 1 |
| | 27.04.21 | 2 |
| Mai | 21.05.20 | 1 |
| | 25.05.20 | 2 |
| | 27.05.20 | 2 |
| | 31.05.21 | 1 |
| Juin | 01.06.20 | 1 |
| | 03.06.20 | 2 |
| | 07.06.21 | 2 |
| | 23.05.20 | 1 |
| | 25.06.20 | 2 |
| | 28.06.20 | 2 |
| Juillet | 03.07.20 | 1 |
| | 11.07.20 | 2 |
| Août | 05.08.20 | 1 |
| | 10.08.20 | 2 |
| Septembre | 10.09.20 | 1 |

ANNEXE 3. QUESTIONNAIRE A DESTINATION DES POTAGISTES

QUESTIONNAIRE POTAGERS ET ABEILLES SAUVAGES AU KAUWBERG

Je suis étudiante en dernière année de master en Agroécologie co-organisé par l'ULiège et l'ULB. Dans le cadre de mon travail de fin d'études, je m'intéresse aux abeilles sauvages dans les différents potagers présents sur le site du Kauwberg. Ce travail s'intègre dans le projet KauwBees initié par Bruxelles Environnement et mené par l'unité d'entomologie fonctionnelle et évolutive de Gembloux Agro-Bio Tech.

Dans le cadre de ce travail, votre aide me sera précieuse ! Le questionnaire qui suit est à destination des **potagistes du Kauwberg**. Il me servira à réunir les informations sur les pratiques culturales et les caractéristiques des potagers afin de les mettre en lien avec les données du recensement qui est effectué sur le site. Veuillez répondre aux questions selon les pratiques que vous mettez réellement en place dans votre parcelle au Kauwberg. Vous pouvez également ajouter toute information qui vous semble intéressante.

Vous pouvez me renvoyer votre formulaire par e-mail, courrier postal ou me le rendre en main propre. N'hésitez pas à me contacter si vous avez la moindre question sur le questionnaire ou si vous voulez plus d'informations sur le projet de recherche.

Vos informations personnelles ne seront pas partagées et me serviront uniquement à traiter les réponses recueillies.

Déjà mille mercis pour votre participation !

Enora Flamion

04 ■■■■■
enora.flamion@student.uliege.be
Rue de la colline 56/bte 11
5000 Namur

INFORMATIONS PERSONNELLES

1. Nom :

2. Age :

3. Genre :

- Femme
- Homme
- Autre

QUESTIONNAIRE

4. Pour vous, qu'est-ce que la biodiversité ?

.....
.....
.....
.....
.....

5. En quoi la biodiversité est-elle importante ?

.....
.....
.....
.....
.....

6. Pensez-vous que votre potager partagé au Kauwberg peut aider à préserver la biodiversité ?

Cochez **une seule** réponse.

- Oui
- Non
- Je ne sais pas

7. Dans vos activités de jardinage au Kauwberg, prêtez-vous attention à la conservation de la biodiversité et plus généralement des abeilles sauvages ? Si oui, expliquez comment :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

8. Depuis combien de temps jardinez-vous au Kauwberg ?

9. Quelle est la surface approximative de votre parcelle ?

10. Où se situe votre parcelle ? Entourez sur la photo correspondante.

Potager Chemin de fer



Potager Entre les ronces



Potager Dolez



11. Quelles sont vos motivations pour jardiner au Kauwberg ? Cochez **toutes** les réponses qui vous correspondent.

- Production de fruits et légumes
- Contact avec la nature
- Plaisir, relaxation
- Economies
- Sociabilisation
- Protection du lieu
- Maintien d'un héritage culturel
- Transmission de savoir
- Education, recherche
- Autre, précisez :

12. Vos motivations ont-elles changé depuis que vous avez commencé ? Si oui, expliquez :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

13. Quelle importance donnez-vous à la beauté de votre potager ? *Cochez **une seule** réponse.*

- Pas du tout important
- Pas très important
- Un peu important
- Très important

14. Pouvez-vous me décrire un beau potager selon vos critères ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

15. Combien d'espèces différentes cultivez-vous ? *Cochez **une seule** réponse. Une espèce correspond par exemple à des tomates, des salades ou du thym. Les différentes variétés comme les tomates cœur de bœuf, tomate Roma ou noires de Crimée comptent pour une seule espèce.*

- 1-5 espèces
- 6-10 espèces
- 11-15 espèces
- Plus de 15 espèces

16. Quelle est la finalité des plantes que vous cultivez ? *Cochez **toutes** les réponses qui vous correspondent.*

- Production de légumes
- Production de fruits
- Aromates
- Plantes médicinales
- Plantes ornementales
- Plantes mellifères
- Gestions des ravageurs et maladies des plantes
- Cueillette de plantes sauvages
- Autre, précisez :

17. Comment choisissez-vous les espèces que vous cultivez ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

18. Comment obtenez-vous vos plants, bulbes ou graines ? *Cochez **toutes** les réponses qui vous correspondent.*

- Achat
- Echange
- Reproduction sur votre parcelle
- Autre, précisez :

19. Si vous reproduisez vous-même certaines plantes, pouvez-vous préciser lesquelles et comment ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

20. Comment cohabitez-vous avec les « mauvaises herbes » ? *Cochez **une seule** réponse.*

- Aucune dans votre parcelle
- Pas dans les cultures, mais tolérées autour
- Désherbage léger, seulement pour ne pas faire trop de concurrence aux cultures
- Tout peut pousser

21. A quelle fréquence travaillez-vous la surface du sol de vos cultures (râteau, binette ...) ? *Cochez **une seule** réponse.*

- Jamais
- A la mise en place des cultures seulement
- Chaque mois
- Chaque semaine

22. Couvrez-vous le sol entre les cultures (paillage, broyat, toile...) ? *Cochez **une seule** réponse.*

- Non
- Oui, moins de 25 %
- Oui, entre 25 et 50 % de la surface
- Oui, entre 50 et 75 % de la surface
- Oui, plus de 75 % de la surface

23. A quelle fréquence entretenez-vous les abords herbacés de votre parcelle (tonte, fauchage...) ? *Cochez **une seule** réponse.*

- Jamais
- Une tonte/fauchage tardif (en fin de saison)
- Chaque mois
- Chaque semaine

24. Sur votre parcelle, à quelle fréquence utilisez-vous les produits ci-dessous ? *Cochez une case par ligne, n'hésitez pas à mentionner des commentaires*

| | Jamais | Uniquement s'il y a de gros dégâts | Chaque année | Chaque semaine |
|---|--------|--|-----------------|-------------------|
| Pesticides, herbicides, fongicides conventionnels | | | | |
| Pesticides, herbicides, fongicides labellisés bio | | | | |
| Préparations maison contre les maladies et/ou ravageurs (purins, décoctions...), précisez | | | | |
| Autre, précisez : | | | | |

25. Voulez-vous rajouter quelque chose au sujet de vos pratiques culturales ?

.....

26. Sur l'ensemble du potager partagé dans lequel vous cultivez votre parcelle, quelles structures retrouvez-vous ? *Cochez toutes les réponses qui vous correspondent.*

- Zone de repos et de socialisation (chaise, tables, abris...)
- Chemin en dalle, en gravier ou en caillebotis
- Vieux mur
- Zone de végétation sauvage
- Massif de fleurs annuelles semées (type prairie fleurie)
- Arbres ou haies fruitières
- Tas de bois coupé
- Végétation morte sur pied ou en tas
- Hôtel à insectes ou à abeilles
- Point d'eau (mare...)
- Pièges à ravageurs, précisez le(s)quel(s) :
- Autre, précisez :

27. Sur l'ensemble du potager partagé, à quelle fréquence sont entretenus les abords herbacés (tonte, fauchage...)? Cochez **une seule** réponse. Cela peut être fait par vous et/ou par d'autres personnes.

- Jamais
- Une tonte/fauchage tardif (en fin de saison)
- Chaque mois
- Chaque semaine

28. Si vous avez déjà observé des abeilles dans votre potager, vous pouvez me faire part ici de vos observations (comportement, lieux d'observation ou autre) :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

29. Comment se passent les relations entre les différents potagistes dans votre potager partagé ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

30. Si vous souhaitez être tenu-e informé-e des résultats obtenus par ce travail, laissez-moi votre adresse e-mail :

Merci pour vos réponses !



ANNEXE 4. RESULTATS BRUTS DE L'INVENTAIRE DES ABEILLES SAUVAGES AU KAUBERG

| Espèce | C1sab | C2 | C3 | C4 | C5 | C6ros | O1 | O2 | O3 | O4 | O5 | O6 | P1a | P1b | P2a | P2b | P3a | P3b |
|------------------|-------|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| And_angustior | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| And_barbilabris | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| And_bicolor | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| And_chrysoseles | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 1 | 3 | 3 | 4 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| And_cineraria | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 26 | 1 | 5 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| And_dorsata | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 2 | 4 | 3 | 7 | 8 | 4 | 5 | 1 | 5 | 1 | 3 | 10 | 11 |
| And_flavipes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 2 | 1 | 4 | 1 | 3 | 0 | 10 | 1 | 0 | 2 | 9 |
| And_florea | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| And_fulva | 0 | 0 | 0 | 5 | 3 | 0 | 1 | 3 | 0 | 2 | 1 | 2 | 4 | 0 | 4 | 4 | 10 | 1 |
| And_fulvago | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| And_fulvida | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| And_gravida | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| And_haemorrhhoa | 0 | 4 | 4 | 15 | 6 | 0 | 20 | 16 | 35 | 45 | 30 | 23 | 3 | 5 | 12 | 7 | 7 | 8 |
| And_helvola | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| And_humilis | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| And_labiata | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 |
| And_minutula | 17 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 | 6 | 10 | 17 | 0 | 4 | 1 |
| And_nigroaenea | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| And_nitida | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 10 | 1 | 3 | 3 | 3 | 5 | 0 |
| And_ovatula | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| And_rosae | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| And_scotica | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| And_subopaca | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| And_trimmerana | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| And_vaga | 6 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 4 | 9 | 2 | 7 | 8 | 17 | 6 | 5 | 1 | 5 | 4 | 2 |
| And_viridescens | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Anth_furcata | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Anth_plumipes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 | 16 | 1 | 1 | 4 | 4 |
| Anth_manicatum | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 3 |
| Apis_mellifera | 10 | 7 | 1 | 12 | 11 | 15 | 94 | 47 | 34 | 45 | 30 | 33 | 93 | 117 | 32 | 31 | 21 | 61 |
| B_bohemicus | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B_hortorum | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5 | 1 | 2 | 0 |
| B_hypnorum | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 6 | 4 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 6 | 11 |
| B_lapidarius | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 5 | 6 | 10 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 0 | 3 |
| B_lucorum | 1 | 4 | 2 | 5 | 1 | 6 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 | 5 | 6 | 3 |
| B_norvegicus | 0 | 4 | 1 | 1 | 8 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B_pascuorum | 0 | 7 | 5 | 1 | 4 | 18 | 26 | 7 | 24 | 22 | 14 | 33 | 16 | 33 | 40 | 30 | 43 | 41 |
| B_pratorum | 0 | 9 | 2 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| B_sylvestris | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B_terrestris | 3 | 18 | 17 | 13 | 10 | 21 | 21 | 23 | 25 | 31 | 42 | 29 | 22 | 18 | 13 | 8 | 31 | 54 |
| B_vestalis | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 |
| C_cyanea | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Ch_campanularum | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Ch_florisomme | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 8 | 11 | 27 | 10 | 5 | 0 | 3 | 1 | 1 |
| Ch_rapunculi | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Coe_rufescens | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Col_cunicularius | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| Col_hederae | 15 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 8 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 7 |
| Da_hirtipes | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 8 | 40 | 3 | 7 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 | 27 | 3 | 4 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|---|----|----|---|----|
| Ha_rubicundus | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ha_scabiosae | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 6 | 5 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ha_sexincinctus | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| He_truncorum | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 6 | 17 | 10 | 0 | 2 | 0 | 2 | 7 |
| Hy_brevicornis | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 13 | 1 | 7 | 0 |
| Hy_communis | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 6 | 8 | 17 | 7 | 10 |
| Hy_confusus | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 3 | 0 |
| Hy_hyalinatus | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 1 | 0 | 0 |
| Hy_pictipes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Hy_punctulatisissimus | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Hy_styriacus | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| L_calceatum | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 4 | 0 | 1 | 3 | 3 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 |
| L_fulvicorne | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| L_laticeps | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 2 | 0 |
| L_lativentre | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| L_leucozonium | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 1 | 1 | 4 |
| L_morio | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 2 | 3 | 2 | 5 | 2 | 8 | 7 |
| L_sexnotatum | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| L_villosulum | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Ma_fulvipes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 0 |
| Meg_centuncularis | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Meg_ericetorum | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Meg_leachella | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Meg_pyrenaea | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Meg_rotundata | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Meg_versicolor | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| N_fabriciana | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| N_flavoguttata | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 6 | 2 | 0 |
| N_fucata | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N_fulvicornis | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N_goodeniana | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| N_marshamella | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| N_sheppardana | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| N_zonata | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| O_bicornis | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| O_leaiana | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| O_leucomelana | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| O_niveata | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| P_calcaratus | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Sela_tumulorum | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Sp_albilabris | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sp_crassus | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Sp_ephippius | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Sp_gibbus | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Sp_hyalinatus | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sp_majalis | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sp_miniatus | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Sp_monilicornis | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 |
| Sp_puncticeps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| St_breviuscula | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| St_phaeoptera | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

ANNEXE 5. RESULTATS R DE L'ABONDANCE

```

> Abond <- rowSums(CommBees)
> Abond
C1sab C2 C3 C4 C6 C7ros O1 O2 O3 O4 O5
O6 Pla P1b P2a P2b P3a P3b
  73 60 39 38 57 79 156 133 132 138
155 178 155 197 157 160 155 209

> aovAbond = aov(Abond~Habitat)
> summary(aovAbond)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Habitat    2  43887    21943    55.2 1.21e-07 ***
Residuals 15   5964     398
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> shapiro.test(residuals(aovAbond))
      Shapiro-Wilk normality test
data:  residuals(aovAbond)
W = 0.87552, p-value = 0.02196

> bartlett.test(Abond~Habitat)
      Bartlett test of homogeneity of variances
data:  Abond by Habitat
Bartlett's K-squared = 0.73132, df = 2, p-value = 0.6937

> TukeyHSD(aovAbond)
      Tukey multiple comparisons of means
      95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = Abond ~ Habitat)

$Habitat
          p adj          diff          lwr          upr
Ouvert-Couvert    91.0    61.098365  120.90163  0.0000028
Potager-Couvert  114.5    84.598365  144.40163  0.0000002
Potager-Ouvert   23.5    -6.401635   53.40163  0.1365039

```


ANNEXE 6. RESULTATS R DE LA RICHESSE

```

> Rich<-rowSums (CommBeesBin)
> Rich
C1sab  C2    C3    C4    C6    C7ros  O1    O2    O3    O4    O5
O6  P1a  P1b  P2a  P2b  P3a  P3b
    19    15    15    11    18    19
26    36    40    21    34    28    32    28    40    29

> aovRich = aov(Rich~Habitat)
> summary(aovRich)
              Df  Sum Sq  Mean Sq  F value  Pr(>F)
Habitat          2    691.4    345.7      7.391
0.00584 **
Residuals       15    701.7     46.8
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> shapiro.test(residuals(aovRich))
      Shapiro-Wilk normality test
data:  residuals(aovRich)
W = 0.97718, p-value = 0.9163

> bartlett.test(Rich~Habitat)
      Bartlett test of homogeneity of variances
data:  Rich by Habitat
Bartlett's K-squared = 4.7855, df = 2, p-value = 0.09138

> TukeyHSD(aovRich)
      Tukey multiple comparisons of means
      95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = Rich ~ Habitat)

$Habitat
              diff              lwr              upr
Ouvert-Couvert 11.500000    1.243251    21.75675    0.0272946
Potager-Couvert 14.333333    4.076584    24.59008    0.0065626
Potager-Ouvert  2.833333   -7.423416    13.09008    0.7570793

```

ANNEXE 7. RESULTATS R DE L'INDICE DE SIMPSON

```

> Simpson <- diversity(CommBees, index="simpson")
> Simpson
      C1sab      C2      C3      C4
      C6      C7ros
0.8737099 0.8494444 0.7968442 0.7603878 0.8956602 0.8662073
      O1      O2      O3      O4      O5      O6
0.6655983 0.7864775 0.8702938 0.8932997 0.9045578 0.8982452
      P1a      P1b      P2a      P2b      P3a      P3b
0.7711134 0.8728388 0.8766279 0.8896094 0.8738398 0.8814359

> aovSimpson = aov(Simpson~Habitat)
> summary(aovSimpson)
              Df    Sum Sq    Mean Sq    F value    Pr(>F)
Habitat      2     0.00208     0.001038     0.23
  0.797
Residuals   15     0.06760     0.004506

> shapiro.test(residuals(aovSimpson))
      Shapiro-Wilk normality test
data:  residuals(aovSimpson)
W = 0.84944, p-value = 0.008298

> bartlett.test(Simpson~Habitat)
      Bartlett test of homogeneity of variances
data:  Simpson by Habitat
Bartlett's K-squared = 3.1174, df = 2, p-value = 0.2104

> KruskalSimpson = kruskal_test(Simpson~Habitat, data=CommBees)
> KruskalSimpson
# A tibble: 1 x 6
  .y.      n  statistic      df      p
  <chr> <int> <dbl> <int> <dbl> <chr>
1 Simpson 18     1.06      2     0.587
  Kruskal-Wallis

```

ANNEXE 8. RESULTATS R DE L'INDICE DE SHANNON

Indice de Shannon

```
> Shannon <- diversity(CommBees, index="shannon")
> Shannon
  C1sab      C2      C3      C4      C6
2.429346 2.228576 2.142021 1.763628 2.526601 2.386767
  O1      O2      O3      O4      O5
1.589696 1.966503 2.552382 2.643377 2.855866 2.801417
  P1a      P1b      P2a      P2b      P3a
2.081521 2.664774 2.522422 2.701626 2.560840 2.760008

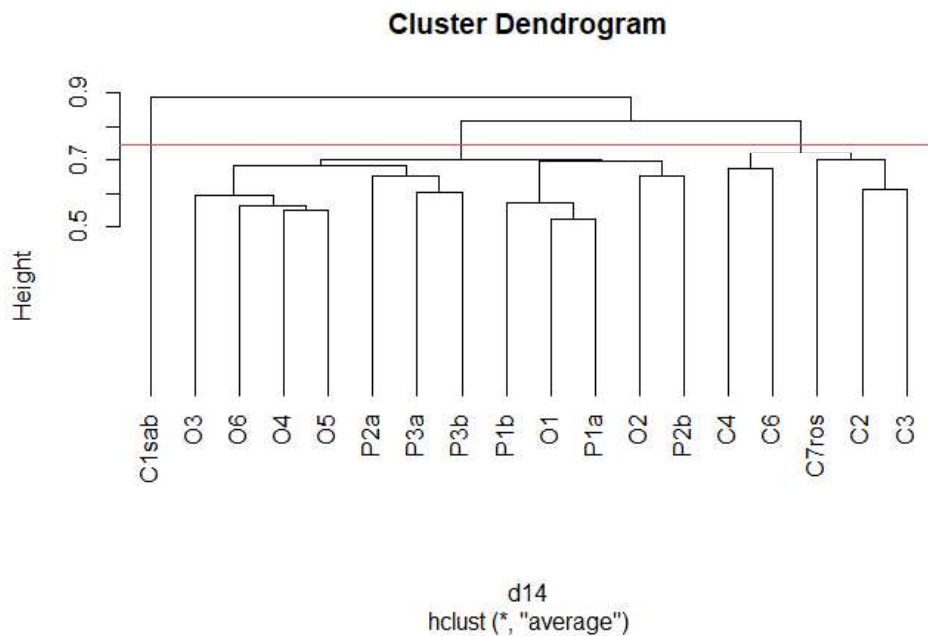
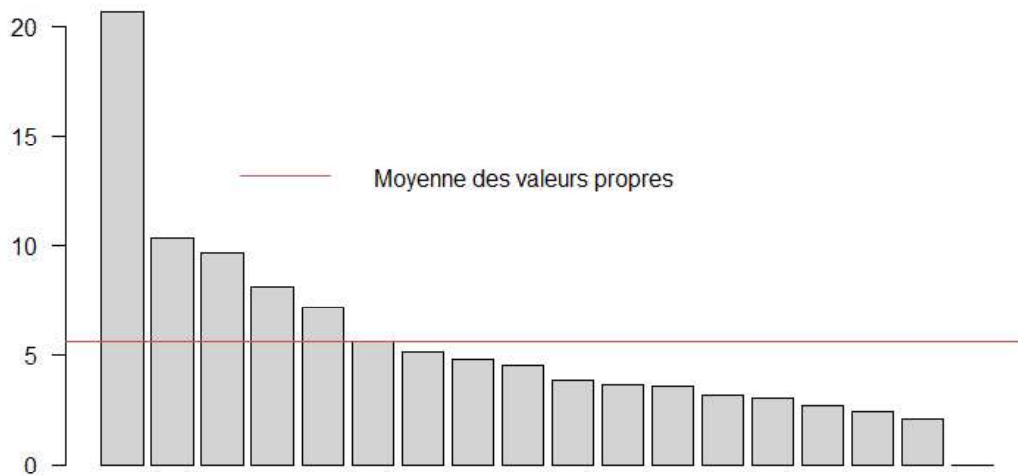
> aovShannon = aov(Shannon~Habitat)
> summary(aovShannon)
          Df  Sum Sq   Mean Sq    F      value Pr(>F)
Habitat    2    0.2744    0.1372    1.043    0.377
Residuals 15    1.9725    0.1315

> shapiro.test(residuals(aovShannon))
  Shapiro-Wilk normality test
data:  residuals(aovShannon)
W = 0.89711, p-value = 0.05117

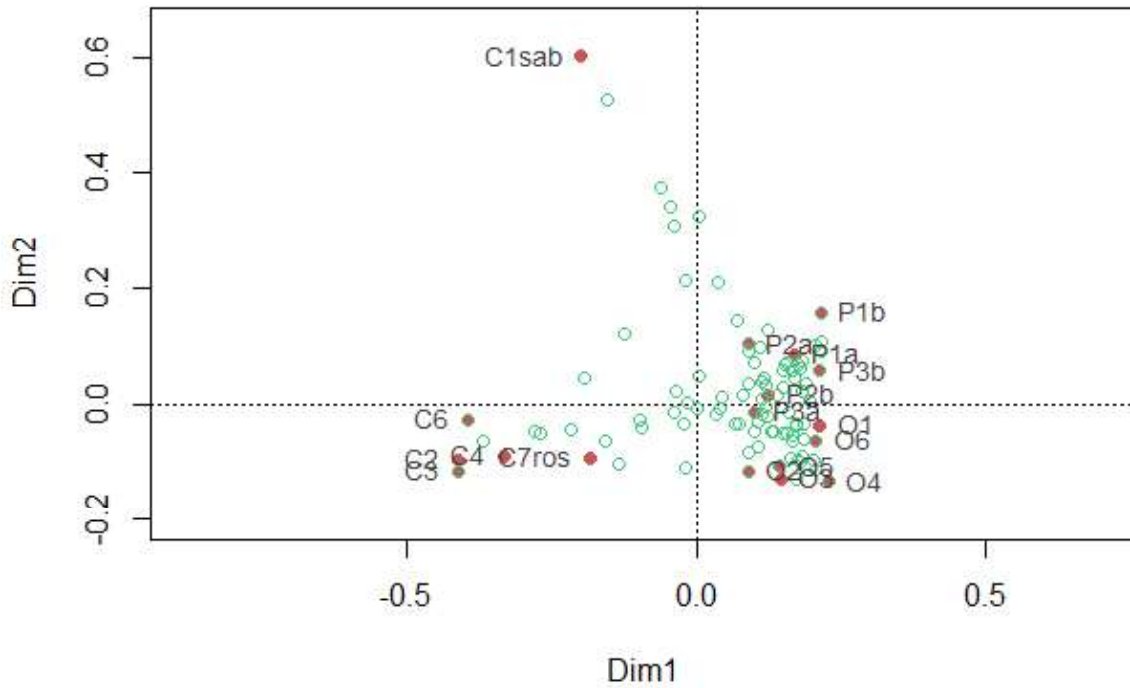
> bartlett.test(Shannon~Habitat)
  Bartlett test of homogeneity of variances
data:  Shannon by Habitat
Bartlett's K-squared = 3.0445, df = 2, p-value = 0.2182
```

ANNEXE 9. RESULTATS R DE LA PCOA SUR TOUS LES SITES

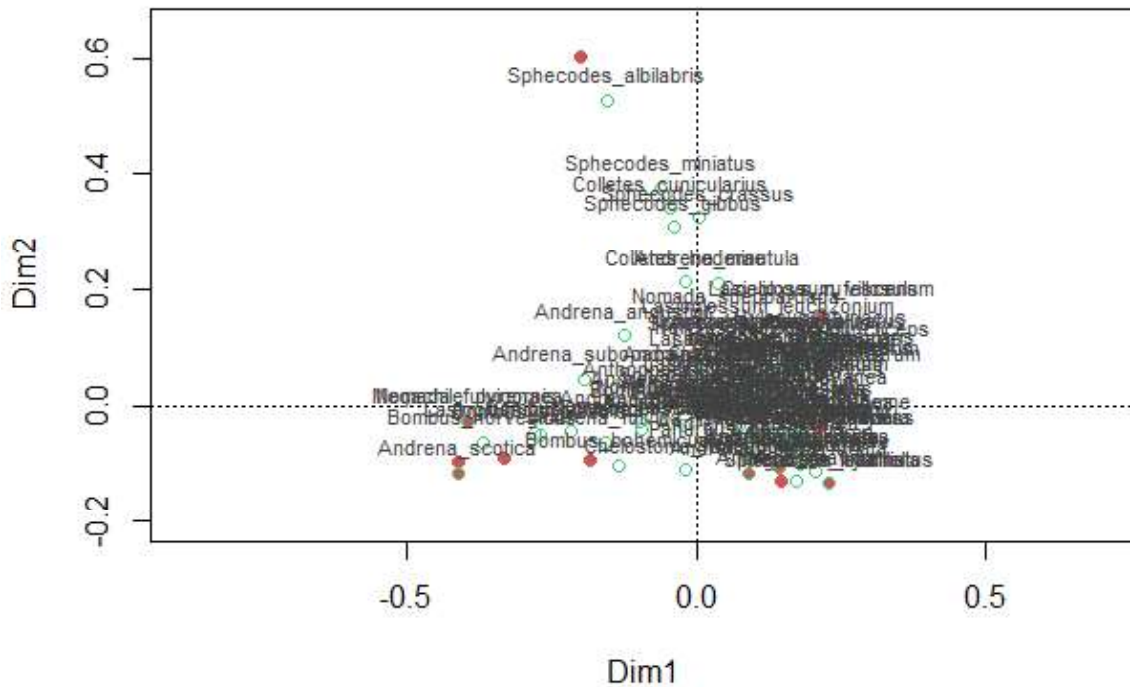
```
> valeurs_propres = round(pcoa_resu$eig/sum(pcoa_resu$eig)*100,
digits = 2)
> valeurs_propres
[1] 20.65 10.35  9.64  8.08  7.11  5.58  5.11  4.80  4.47
[10]  3.82  3.63  3.52  3.13  2.98  2.67  2.37  2.09  0.00
```



PCoA avec points représentant les espèces (en vert)

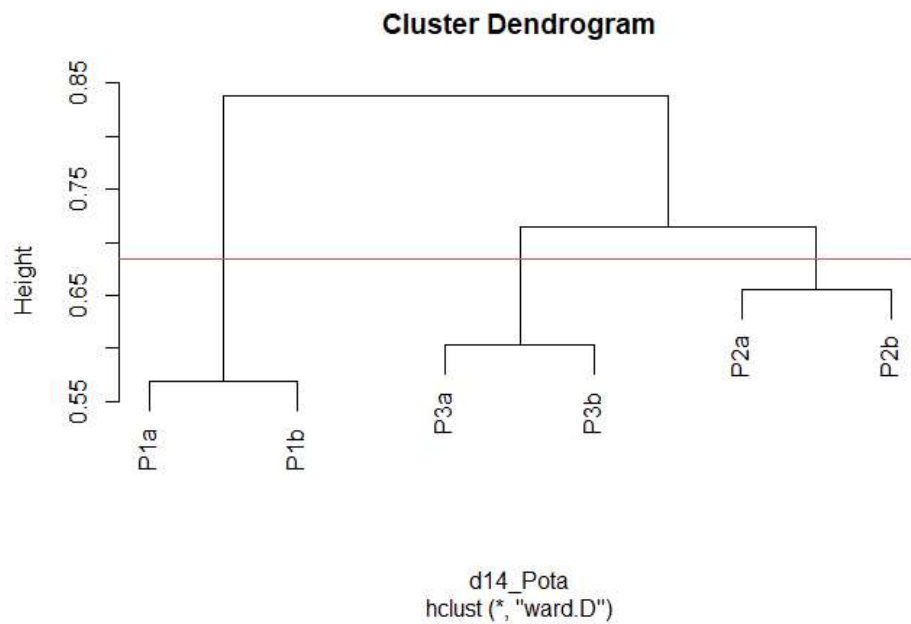
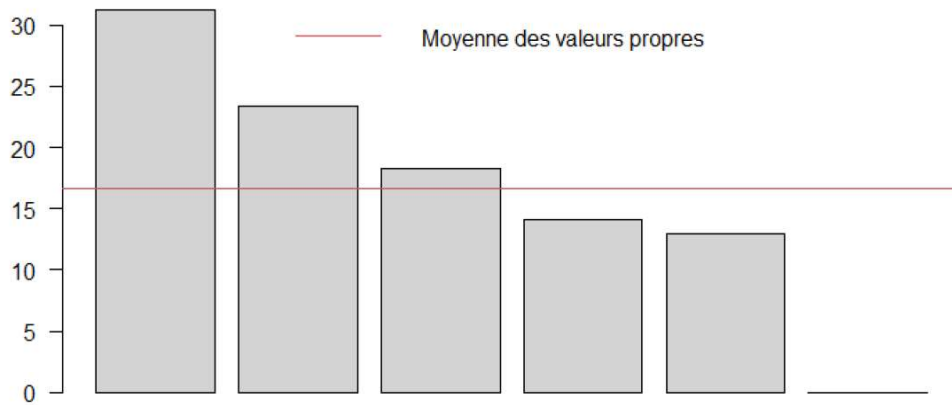


PCoA avec points et noms des espèces

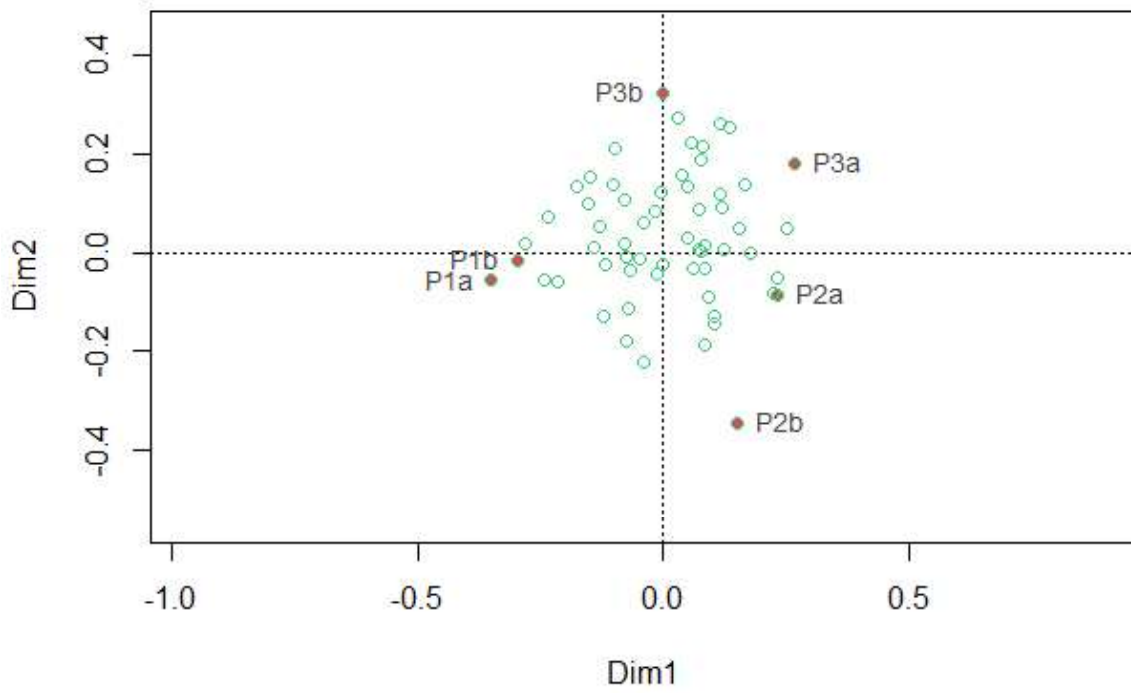


ANNEXE 10. RESULTATS R DE LA PCOA SUR LES SITES POTAGERS

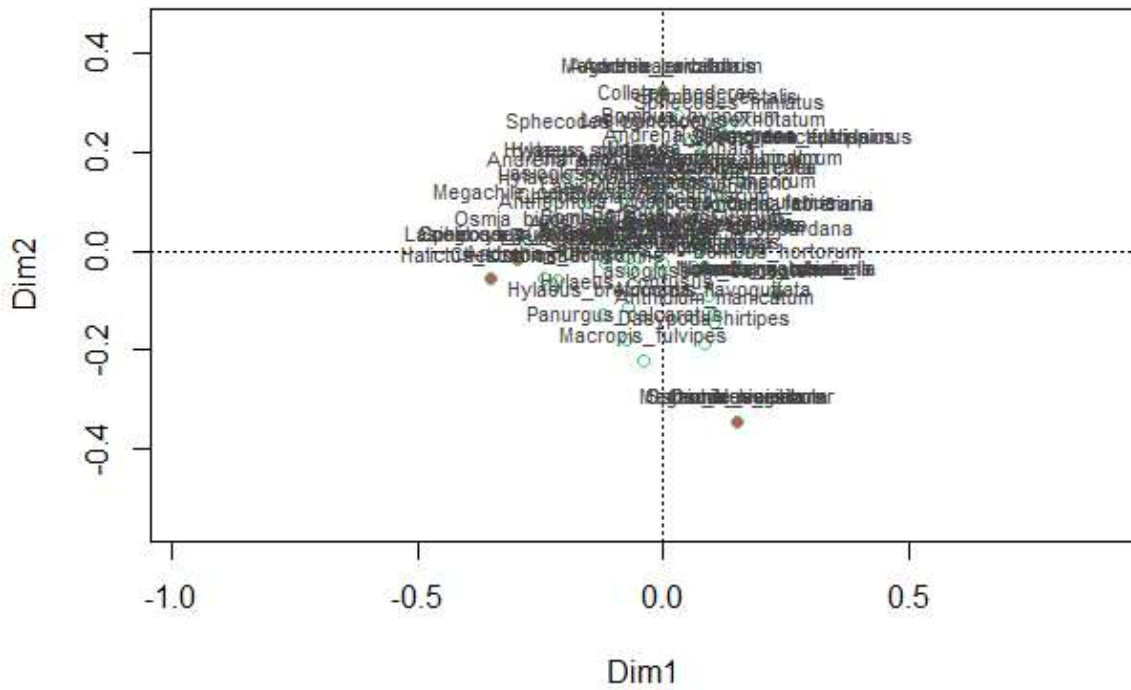
```
> valeurs_propres_Pota =  
round(pcoa_resu_Pota$eig/sum(pcoa_resu_Pota$eig)*100, digits = 2)  
> valeurs_propres_Pota  
[1] 31.19 23.40 18.29 14.07 13.05 0.00
```



PCoA avec points représentant les espèces (en vert)



PCoA avec points et noms des espèces



ANNEXE 11. RESULTATS R DE L'INDVAL (ESPECES INDICATRICES)

```
> indval=multipatt(CommBeesB,HabitatB,control = how(nperm=999))
> summary(indval)
```

Multilevel pattern analysis

Association function: IndVal.g
Significance level (alpha): 0.05

Total number of species: 100
Selected number of species: 13
Number of species associated to 1 group: 7
Number of species associated to 2 groups: 5
Number of species associated to 3 groups: 1

List of species associated to each combination:

```
Group Couvert #sps. 1
              stat p.value
Bombus_norvegicus 1 0.001 ***

Group Ouvert #sps. 1
             stat p.value
Halictus_scabiosae 0.972 0.001 ***

Group Sablière #sps. 5
              stat p.value
Sphecodes_albilabris 0.990 0.037 *
Sphecodes_miniatus 0.956 0.018 *
Colletes_cunicularius 0.943 0.005 **
Sphecodes_crassus 0.926 0.029 *
Colletes_hederæ 0.890 0.021 *

Group Ouvert+Potager #sps. 4
                   stat p.value
Dasypoda_hirtipes 0.994 0.002 **
Bombus_lapidarius 0.943 0.004 **
Hylaeus_communis 0.921 0.032 *
Andrena_flavipes 0.898 0.039 *

Group Potager+Sablière #sps. 1
                      stat p.value
Sphecodes_monilicornis 0.889 0.006 **

Group Ouvert+Potager+Sablière #sps. 1
                              stat p.value
Andrena_vaga 0.978 0.002 **
---
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

ANNEXE 12. RESULTATS R DU TAUX DE FRUCTIFICATION

```
> Taux_fructification
  N_plante  Taux_fructification
1      CH1      28.571429
2      CH2       0.000000
3      CH3     10.000000
4      CH4       0.000000
5      CH5       0.000000
6      CH6     14.285714
7       D1     54.545455
8       D2     71.428571
9       D3     58.333333
10      D4       0.000000
11      D5      9.090909
12      D6     22.222222
13      E1       0.000000
14      E2       0.000000
15      E3     61.538462
16      E4       0.000000
17      E5     20.000000
18      E6     37.500000
19      T1       0.000000
20      T2     70.000000
21      T3     66.666667
22      T4     12.500000

> aovFructi = aov(Taux_fructification~Site, data = datapollino)
> summary(aovFructi)
              Df    Sum Sq   Mean Sq    F value    Pr(>F)
Site              3      3047     1016      1.507
  0.247
Residuals        18     12132      674

> shapiro.test(residuals(aovFructi))
      Shapiro-Wilk normality test
data:  residuals(aovFructi)
W = 0.94917, p-value = 0.3041

> bartlett.test(Taux_fructification~Site, data = datapollino)
      Bartlett test of homogeneity of variances
data:  Taux_fructification by Site
Bartlett's K-squared = 4.7148, df = 3, p-value = 0.1939
```

ANNEXE 13. DECLARATION SUR L'HONNEUR CONTRE LE PLAGIAT

Titre : Étude de la structure des communautés d'abeilles sauvages et du potentiel de pollinisation au Kauwberg (Uccle) et dans ses potagers partagés.

Co-promoteurs : Frédéric Francis et Grégoire Noël

Je certifie qu'il s'agit d'un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité. Je certifie, de surcroît, que je n'ai ni recopié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets. Le non-respect de ces dispositions est passible de constituer un obstacle rédhibitoire à la validation de mon TFE et donc à l'obtention du diplôme convoité.

Namur, le 15 septembre 2021

Enora Flamion

Rue de la Colline, 56/11

5000 Namur