

Université de Mons  
Faculté des Sciences  
Laboratoire de zoologie

# **Étude de la diversité des abeilles sauvages au sein des vergers de la commune de Mons**

Année académique 2021-2022

Mémoire de fin d'études présenté par

**Elisa Pellegrino**

En vue de l'obtention du diplôme de

**Master en Biologie des Organismes et Écologie à Finalité**

**Spécialisée dans les métiers de l'éco-conseil**

Directeur de mémoire : **Denis Michez**

Superviseur : **William Fiordaliso**



## Résumé

Pellegrino Elisa (2022). Étude de la diversité des abeilles sauvages au sein des vergers de la commune de Mons.

---

Les insectes, plus particulièrement les abeilles, nous fournissent un important service écosystémique : la pollinisation d'une grande partie des plantes à fleurs et des plantes cultivées nécessaires à notre consommation.

Les abeilles sauvages peuvent se retrouver dans un grand nombre de milieux différents. Il est donc intéressant d'étudier les communautés associées à chacun de ces milieux pour proposer des mesures de gestion dans le but de les conserver. Les vergers sont des milieux consacrés à la culture d'arbres fruitiers. En Belgique, les pommiers sont les espèces le plus souvent retrouvées dans ces milieux en raison de leur affinité avec le climat. Dans la commune de Mons, un recensement de pommiers privés a été fait par le département de l'environnement et transition écologique : ce recensement a rendu possible l'échantillonnage de 10 vergers de production familiale au sein de la commune. L'objectif principal de cette étude est d'analyser la diversité des abeilles sauvages dans ces vergers et inspecter les facteurs ayant un impact sur celle-ci selon le mode de gestion du terrain. Pour faire cela, deux méthodes de collectes ont été couplées. Premièrement, une collecte au filet, uniquement sur les arbres et deuxièmement une collecte au pan traps pour évaluer la faune d'abeilles sauvages associée aux vergers de la région. Seulement les données de la première méthode ont été retenues pour effectuer les analyses statistiques. Toutefois, nous avons comparé la dissimilarité entre les échantillons pour évaluer l'intérêt de les coupler. Enfin, nous avons considéré plusieurs variables caractérisant chaque site pour pouvoir déduire des mesures des gestions pour engendrer une meilleure diversité dans les vergers.

Dans les 10 vergers, 277 espèces d'abeilles ont été recensées. Il semblerait que l'âge, la taille du verger ainsi que la méthode de désherbage aient un impact sur la diversité. D'autres facteurs tels que la présence d'animaux de pâturage et de ruches pourraient également avoir une influence sur la diversité contrairement à l'utilisation d'engrais et de pesticides. Ces résultats ne sont toutefois pas significatifs et nécessitent donc des études complémentaires.

---

**Mots-clés :** Verger - Abeilles sauvages - Pommiers - Diversité - Gestion - Mons



## **Abstract**

Pellegrino Elisa (2022). Study of wild bees diversity in the orchards of Mons municipality

---

Insects, more precisely bees, provide us with important ecosystem services: the pollination of the vast majority of flowers and cultivated plants necessary for our consumption.

Wild bees can be found in a vast variety of environments. That is why it is interesting to study the different bee communities related to each of these environments to suggest ways of managing them and to be able to better preserve them. An orchard is a piece of land dedicated to the cultivation of fruit trees. In Belgium, apple trees are the most common species found in these environments thanks to their great affinity to the local climate. In the municipality of Mons, a census of private apple trees was carried out by the department of environment and ecological transition : this census made it possible to sample 10 orchards of family production within the municipality.

The main objective of this study is to analyze the diversity of wild bees in these orchards and to inspect the factors impacting it according to the management mode of the land. To do this, two collection methods were coupled. First, a net collection, only on trees and second, a pan trap collection to assess the wild bee fauna associated with the orchards in the area. Only data from the first method were retained for statistical analysis. However, we compared the dissimilarity between the samples to evaluate the interest of linking them. Finally, we considered several variables characterizing each site to be able to deduce management measures to generate a better diversity in the orchards.

In the 10 orchards, 277 bees were counted. It appears that age, orchard size and weeding method have an impact on diversity. Other factors such as the presence of grazing animals and beehives could also have an influence on diversity, unlike the use of fertilizers and pesticides. However, these results are not significant and therefore require further study.

---

**Keywords** : Orchards – Wild Bees – Apple Trees – Diversity – Management – Mons



## Remerciements

La réalisation de cette étude n'aurait pas pu être possible sans l'aide et le support de nombreuses personnes.

Je voudrais dans un premier temps remercier mon promoteur de mémoire, le professeur Denis Michez, sans qui cette étude n'aurait pas vu le jour. Je remercie également le doctorant William Fiordaliso pour l'investissement consacré à ce mémoire, pour les formations en analyses statistiques et les innombrables conseils. Je remercie également tous les membres du laboratoire de Zoologie ayant pris le temps pour l'identification des abeilles, et pour leur accueil chaleureux.

Il n'y a pas assez de mots pour expliquer la gratitude que je porte envers mes parents, lesquels m'ont toujours soutenu et donné tous les moyens pour me dépasser. Je remercie infiniment mon frère Andrea pour sa patience, son altruisme et sa gentillesse sans lesquels toutes ces années passées à l'Université n'auraient pas été aussi heureuses.

Je désire aussi remercier la personne avec laquelle je partage ma vie, Célien Vanhuyghem, qui a toujours cru en mes capacités et m'a permis d'aller au bout de ce mémoire. Ma belle-famille mérite également ma plus grande reconnaissance.

Mes plus chers amis ont également donné leur contribution à la rédaction de ce mémoire (même s'ils ne le savent pas) et pour cela je ne remercierais jamais assez Claudia de Sessa, Ilaria de Simone et également Federico Merlo dont le souvenir restera toujours dans mon cœur. Toujours dans ma sphère amicale, je remercie Claudia Vastola pour son soutien, sa disponibilité et les déplacements en voiture.

Enfin, un grand merci à Gilles Vandenbosch pour avoir partagé avec moi les résultats de son recensement. Un autre grand merci à tous les propriétaires des vergers sans lesquels les collectes n'auraient pas pu être effectuées. Parmi eux, je tiens à citer M. Museur Heyndrickx, Mme Marie Thérèse Descamps et M. Eddy Bertieaux dont j'apprécie particulièrement leur grand intérêt et leur engagement pour cette étude.



# Table des matières

1. Introduction	
1.1. Les abeilles sauvages	1
1.1.1. Généralités et diversité	1
1.1.2. Écologie	2
1.2. Importance des pollinisateurs	4
1.2.1. Rôle et enjeux de la pollinisation	5
1.2.2. Déclin des abeilles	5
1.3. Les vergers	7
1.3.1. Définitions et histoire	7
1.3.2. Variétés fruitières et caractéristiques des arbres cultivés en Wallonie	9
1.3.3. Importance des vergers	9
1.3.4. Gestion d'un verger et relation avec les pollinisateurs	10
1.3.4.1. Relation avec les pollinisateurs	10
1.3.4.2. Gestion d'un verger	11
2. Objectifs	15
3. Matériel et méthodes	17
3.1. Description des sites	17
3.1.1. Choix et recensement des vergers de la commune de Mons	17
3.1.2. Relevés botaniques	20
3.1.3. Description des vergers	20
3.2. Méthode d'échantillonnage	20
3.2.1. Techniques	20
3.2.2. Fréquence	22
3.2.3. Mise en collection et identification	23
3.3. Description des communautés d'abeilles	23
3.3.1. Indices de biodiversité	23
3.3.1.1. La diversité alpha	23
3.3.1.2. La diversité bêta	25
3.3.2. Efficacité de l'échantillonnage	25
3.3.3. Raréfaction	26
3.4. Couplage des outils de collecte	26
3.5. Comparaison des communautés et des sites	26
3.5.1. Caractérisation et description des sites	26
3.5.2. Caractérisation des communautés	28
4. Résultats	31
4.1. Composition des communautés d'abeilles sauvages	31
4.1.1. Échantillonnage au filet	31

4.1.1.1. Complétude de l'échantillonnage	32
4.1.1.2. Description des communautés	32
4.1.1.3. Courbes de raréfaction et nombres de Hill	35
4.1.2. Échantillonnage avec les pan traps	37
4.1.2.1. Complétude de l'échantillonnage	37
4.1.2.2. Description des communautés	38
4.2. Couplage des outils de collecte	41
4.3. Comparaison des communautés et des sites	43
4.3.1. Caractérisation et description des sites	43
4.3.2. Caractérisation des communautés	44
4.4. Étude de cas	46
4.4.1. Verger de l'Avenue de la Libération	46
4.4.2. Verger de la Chaussée de Maubeuge	47
4.4.3. Verger de la réserve Ronveaux	48
4.4.4. Verger de la route d'Obourg	49
4.4.5. Verger de la rue de la Bruyère	50
4.4.6. Verger de la rue des Canadiens	50
4.4.7. Verger de la rue du Boussoit	51
4.4.8. Verger de la rue du Pourcelet	51
4.4.9. Verger du Chemin de la Procession	52
4.4.10. Verger de la Cour des Dames	52
5. Discussion	53
5.1. Échantillonnages et communautés d'abeilles	53
5.1.1. Données des collectes au filet	53
5.1.2. Données des collectes avec les pan traps	54
5.2. Couplage des outils de collecte	55
5.3. Impact des pratiques de gestion et caractéristiques des vergers	57
5.3.1. Impact sur la diversité et l'abondance	57
5.3.2. Espèces remarquables	58
5.4. Perspectives d'actions de gestion des vergers	59
6. Conclusion	61
7. Références bibliographiques	
8. Annexes	
8.1. Inventaire complet des espèces collectés au filet et au pan traps	
8.2. Exemple de relevé botanique	
8.3. Questionnaire de gestion des vergers	
8.4. Calendrier des collectes	
8.5. Images des sites de collecte	
8.6. Carte des vergers recensés par la commune de Mons	





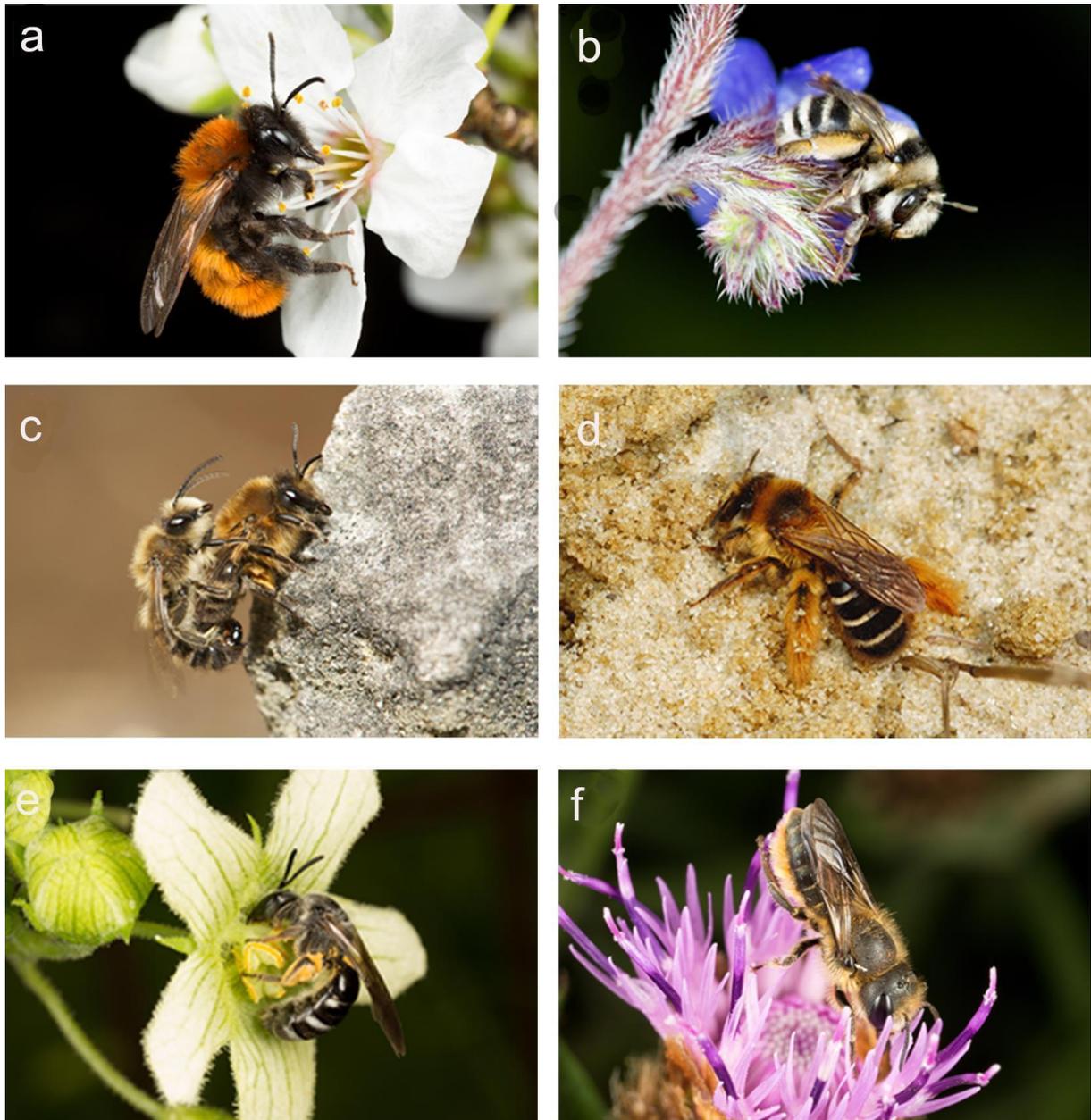
# 1. Introduction

## 1.1. Les abeilles sauvages

### 1.1.1. Généralités et diversité

Le groupe des insectes est le plus diversifié du règne animal, celui comprenant la plus grande richesse en espèces dont la diversité est estimée entre 5 et 15 millions d'espèces (Footitt & Adler, 2009). Dans ce groupe, l'ordre des hyménoptères trouve sa place, caractérisés par deux paires d'ailes membraneuses (antérieures et postérieures) insérées au niveau du thorax et couplées grâce à des crochets dit hamuli (Danforth et al., 2019). Ce dernier englobe différents taxons, par exemple la super-famille des Vespoidea ou la super-famille des Formicoidea, mais nous allons nous concentrer sur une en particulier : la super-famille des Apoidea. Les apoïdes réunissent le taxon des sphéciformes (un groupe de guêpes prédatrices) et le taxon des apiformes comprenant les abeilles (Danforth et al., 2019). Il est possible de faire la distinction entre ces deux taxons grâce à la structure des soies : simples chez les sphéciformes et plumeuses chez les abeilles vraies. De plus, ces dernières utilisent du pollen comme source protéique et lipidique pour nourrir les larves (Michener, 2007). Il est fortement probable que les abeilles soient des guêpes prédatrices ayant changé leur régime alimentaire de carnivores vers une collecte de nectar et de pollen (Falk, 2019). Actuellement, pour nommer les abeilles au sens strict, on parle d'Anthophila ou d'Apiformes (Danforth et al., 2019).

Les apiformes, représentés au niveau mondial par plus de 20 000 espèces (Nieto et al., 2014), sont composés par 7 familles : Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae, Melittidae, Megachilidae et Stenotritidae laquelle est uniquement présente en Océanie (Danforth et al., 2006 ; Fig.1). En Belgique, 403 espèces d'abeilles différentes ont été recensées dont la plus représentée est la famille des Apidae avec 101 espèces (Drossart et al., 2019). Les familles d'Apiformes peuvent être subdivisées en guildes selon la taille relative des pièces composant leur appareil buccal ; une première guildes des « langues courtes » comprenant les Colletidae, les Andrenidae, les Halictidae et les Melittidae et une deuxième guildes des « langues longues » avec les familles des Megachilidae et des Apidae (Danforth et al., 2006).



**Figure 1** — Illustration des 6 familles d'abeilles présentes en Belgique : a) Andrenidae, femelle d'*Andrena fulva* ; b) Apidae, femelle d'*Anthophora aestivalis* ; c) Colletidae, femelle de *Colletes cunicularius* ; d) Melittidae, femelle de *Dasypoda hirtipes* ; e) Halictidae, femelle de *Lasioglossum sexnotatum* ; f) Megachilidae, femelle de *Osmia niveata*. (Drossart et al. 2019. Crédit photo : Nicolas J. Vereecken)

### 1.1.2. Écologie

L'analyse des caractéristiques écologiques des abeilles permet de comprendre les liens entre les traits morphologiques des espèces et leurs comportements inter et intraspécifiques ainsi que leur mode de vie. L'écologie des abeilles se caractérise par des variations dans la socialité, la nidification et le choix de nourriture (Nieto et al., 2014).

Il est commun de penser que les abeilles sont des animaux très sociaux, la réalité montre qu'une grande partie des espèces est solitaire. En effet, les comportements sociaux des abeilles vis-à-vis de leurs communautés peuvent radicalement changer d'une espèce à l'autre exposant 3 tendances : les abeilles sociales, les solitaires et les cleptoparasites.

Chez les abeilles solitaires (grande majorité ; plus de 75 % des espèces selon Danforth et al., 2019), la femelle construit un nid dans lequel elle stocke du pollen et du nectar pour le développement des larves. Ces espèces ne rencontrent pas leurs progénitures (Drossart et al., 2019). Plusieurs abeilles solitaires peuvent également nidifier les une à côté des autres formant des nids regroupés en "bourgades", sans pour autant avoir une coopération entre les individus (Danforth et al., 2019). Ce comportement est observable par exemple chez certaines espèces d'Andrenidae comme *Andrena vaga* (Villemant, 2005).

Les abeilles sociales vivent en colonie, constituée de deux ou plusieurs individus femelles prenant soin du couvain. Le soin de la colonie est partagé entre les différents castes telles que les ouvrières, effectuent la majorité de la recherche de nourriture, de protection et de soin, pour lesquelles les facultés de reproduction sont inhibées et la reine, qui s'occupe de la ponte (Michener, 2007). Parmi les espèces sociales se distinguent les abeilles dites « eusociales ». Cela signifie qu'au sein d'une colonie une différenciation des rôles est présente et que chaque individu accomplit un travail précis. Ce niveau de sociabilité correspond à l'image commune d'une relation entre reine et ouvrières. Parmi ces espèces, deux types d'organisations ressortent : une organisation évoluée, typique des abeilles mellifères chez lesquelles il y a une très grande différence morphologique entre la reine et les ouvrières, et une organisation primitive, retrouvée chez les bourdons. Chez ces derniers, une reine fonde la colonie en travaillant seule jusqu'à l'émergence des ouvrières. Ici, la reine et les ouvrières sont morphologiquement similaires à l'exception de la taille, la reine étant plus grande. (Michener, 2007).

Enfin, on trouve les espèces dites cleptoparasites. Cela signifie que ces abeilles ne collectent pas du pollen et du nectar pour leurs progénitures, mais utilisent les ressources d'un hôte. Ici se retrouvent par exemple les *Nomada* (Falk, 2019). Les parasites sociaux sont un autre exemple de parasitisme comme dans le cas du sous-genre de bourdon *Psithyrus*, lequel remplace la reine chez l'hôte. Les ouvrières de l'espèce visée s'occuperont donc de la progéniture du parasite (Küpper & Schwammberger, 1995).

La nidification est un autre aspect, souvent très variable, de l'écologie et de la conservation des abeilles. Les nids présentent des structures architecturales plus ou moins complexes, comprenant des cellules qui vont accueillir une ou plusieurs larves. Les espèces

terricoles, nidifiant dans le sol, sont les plus communes en Belgique (Drossart et al., 2019). Ceci est notamment le cas des Andrenidae et Colletidae pour citer quelques exemples (Falk, 2019). Ce type de nidification varie et dépend du type de sol, de l'exposition au soleil ou encore de la déclivité du sol. D'autres espèces, telles que les Megachilidae et certaines espèces d'Osmies, vont utiliser des cavités déjà existantes (tiges de plantes creuses, coquilles d'escargot, etc.) pour former leur nid qu'elles perfectionnent avec des matériaux trouvés dans leur environnement (boue, fibre végétale, résine, feuilles pliées en cigares, etc.) (Falk, 2019).

L'alimentation principale des abeilles se base sur les ressources fournies par les fleurs telles que le pollen et le nectar récoltés lors des visites florales. Le pollen est une source de lipides et de protéines nécessaire pour la ponte et la croissance des larves tandis que le nectar sera utilisé par les adultes comme source d'énergie (Requier & Le Féon, 2017). Les préférences alimentaires et la spécialisation diffèrent selon les espèces (Drossart et al., 2019).

Premièrement, les espèces monolectique ne butinent qu'une seule espèce de plantes. Deuxièmement, les espèces oligolectiques sont spécialisées dans un groupe très restreint de plantes et troisièmement les espèces polylectiques visitent plusieurs familles de plantes (Müller & Kuhlmann, 2008).

Il est évident qu'une telle spécialisation exige des caractéristiques morphologiques adaptées au type de plante et inversement. Comme cité précédemment, deux guildes d'Apiformes se distinguent : la guilde « langue courte » et la guilde « langue longue ». Les familles appartenant à la première vont donc visiter préférentiellement les fleurs ayant comme caractéristique une corolle courte tandis que les espèces de la deuxième auront tendance à visiter des fleurs à corolle longue. Bien que cette division soit intuitive, cela n'est pas toujours le cas (Terzo & Rasmont, 2007). En effet, certaines espèces à langue courte butinent sur des fleurs à corolle longue et inversement en utilisant d'autres stratégies (Terzo & Rasmont, 2007).

## 1.2. Importance des pollinisateurs

Au cours de l'évolution, plusieurs stratégies se sont mises en place pour assurer la reproduction des plantes. Ainsi, pour permettre la rencontre entre le stigmate femelle et le pollen mâle différents vecteurs sont utilisés : les animaux (zoogamie), le vent (anémogamie) ou l'eau (hydrogamie). Les animaux jouent un rôle essentiel pour la reproduction des plantes, principalement assurée par les insectes (entomogamie). En effet, ce type de pollinisation est utilisé par 78 % de plantes dans les zones tempérées, montant jusqu'à 94 % dans les zones tropicales (Ollerton et al., 2011 ; Potts et al. 2015 ; Drossart et al. 2019).

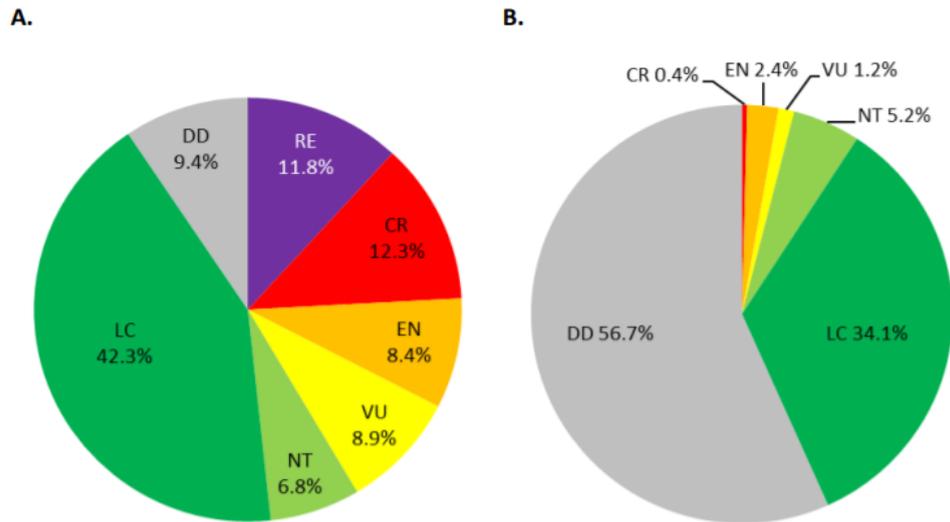
### 1.2.1. Rôle et enjeux de la pollinisation

Les insectes et plus particulièrement les abeilles nous fournissent un service écosystémique : la pollinisation de bon nombre de plantes cultivées et de plantes à fleurs destinées à notre consommation. Les abeilles sont donc un grand atout pour l'homme et ont un rôle indispensable dans le maintien de la diversité végétale (Nieto et al., 2014).

Pourquoi faut-il donner de l'importance aux abeilles sauvages en particulier? En, effet, l'abeille mellifère a été souvent mise en avant pour son grand pouvoir pollinisateur (Garibaldi et al., 2013). Cependant, des études ont souligné une augmentation de la production des plantes lorsque celles-ci sont pollinisées par des abeilles sauvages (Garibaldi et al., 2013). De plus, l'amélioration de la qualité des cultures est liée à une diversité accrue de ces abeilles (MacInnis & Forrest, 2019 ; Drossart et al., 2019 ; Garibaldi et al. 2013 ; Kleijn et al., 2013).

### 1.2.2. Déclin des abeilles

Le déclin des abeilles est un phénomène mondialement connu. Pour connaître l'envergure de ce déclin, il est intéressant de se tourner vers les listes rouges de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). Ces listes, basées sur un très grand nombre d'observations, sont des inventaires évaluant les statuts de conservation des animaux et des plantes. Chaque espèce fait partie d'une catégorie UICN indiquant le risque qui pèse sur chacune d'elle (Fig. 2). En inspectant la liste rouge des abeilles européennes (Nieto et al. 2014), il est possible de remarquer un détail frappant : un très grand nombre d'informations est manquant (56 % ; statut DD, fig. 2B) ce qui implique un manque de données concernant un grand nombre de taxons d'abeilles (Fig.2A ; Nieto et al., 2014). À cause de cela, il est donc parfois difficile d'estimer l'envergure de ce phénomène à l'échelle européenne. Ceci n'est pas le cas pour la Belgique (Fig. 2A) car un plus grand nombre de données est recensé (Drossart et al., 2019).



**Figure 2 - Statut IUCN des abeilles.** Classement des abeilles sauvages en (A) Belgique (Drossart et al., 2019) et en (B) Europe (Nieto et al., 2014) dans les catégories des listes rouges IUCN. RE = Disparue au niveau régional ; CR = En danger critique ; EN = En danger ; VU = Vulnérable ; NT = quasi menacée ; LC = préoccupation mineure ; DD = Données insuffisantes. (Drossart et al., 2019)

Les facteurs du déclin des abeilles sont multiples (Drossart et al., 2019 ; Nieto et al., 2014 ; Rasmont & Mersch, 1988). Les changements environnementaux tels que la fragmentation de l'habitat et sa destruction, l'intensification des pratiques agricoles ainsi que l'introduction de substances telles que les pesticides ou les engrais, l'urbanisation, et les espèces invasives ont un impact sur la santé des abeilles (Nieto et al., 2014 ; Drossart et al., 2019 ; Potts et al., 2010).

Des facteurs comme l'expansion agricole engendrent une simplification du paysage (Carrié, 2016). De plus, cela implique une diminution d'endroits propices à la nidification ou encore la perte de plantes essentielles pour certaines espèces. La diminution d'espaces naturels conduit également à l'augmentation de zones isolées créant ainsi des populations isolées des autres. Cette fragmentation provoque une diminution de la diversité génétique au sein des populations ainsi que l'augmentation du risque de disparition dans le cas d'une catastrophe (SPW environnement s.d.). Selon un rapport de 2015 sur l'état de l'environnement Wallon, une augmentation de l'urbanisation et de terres artificialisées est clairement perceptible avec également une dégradation des connexions écologiques entre les zones naturelles (SPW : Les indicateurs clés de l'environnement Wallon, 2014). La simplification du paysage est donc une conséquence de l'intensification de l'agriculture, mais également de l'urbanisation (European Environment Agency, 2016).

Avec l'intensification de l'agriculture, une augmentation de l'utilisation de substances telles que les engrais, les pesticides et les fongicides est inévitable. Ces composés ajoutés sur les terrains agricoles auraient un effet néfaste sur les communautés d'abeilles, causant des changements de comportement chez elles (Feltham et al., 2014 ; Drossart et al., 2019). Les pesticides pourraient avoir un effet sur l'aptitude à l'initiation de la colonie, la croissance et la reproduction des abeilles sauvages et par la suite un impact sur la capacité de butinage et d'orientation (Siviter, 2018). L'utilisation d'engrais, notamment les engrais azotés, favorise uniquement certaines plantes spontanées (ex : orties, gratteron) et donc la diminution de la diversité en espèce des communautés végétales accessibles aux abeilles (McClellan et al. 2011 ; Carvalheiro et al., 2019). De plus, ces procédures couplées avec l'exploitation intense du territoire engendrent le développement de monocultures et ainsi l'eutrophisation des sols (Le Féon et al., 2010).

Les abeilles sont aussi affectées par le changement climatique. Ce phénomène provoque le déplacement des aires de distribution suivant les changements de température, engendrant la disparition d'espèces ne supportant pas bien de tels changements. Cette problématique perturbe majoritairement les bourdons et seulement dans une moindre mesure les espèces thermophiles (Rasmont et al., 2015). Une autre conséquence du changement climatique serait un décalage entre l'émergence des pollinisateurs et les plantes butinées (Gérard et al., 2020).

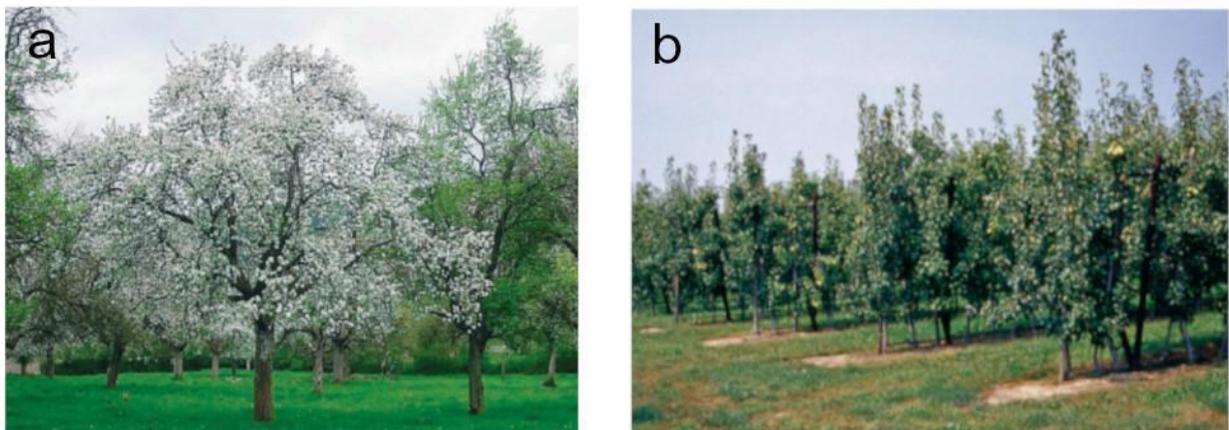
### 1.3. Les vergers

#### 1.3.1. Définitions et histoire

Un verger correspond à un terrain dédié à la culture d'arbres fruitiers. La morphologie des arbres d'un verger dépend de la hauteur de la greffe et du porte-greffe, c'est-à-dire la hauteur à laquelle un greffon a été attaché sur une plante de support dit porte-greffe (Natagora, 2017). Trois types de hauteur de greffe sont le plus couramment utilisés en Belgique. Premièrement, les arbres à « haute-tige » sont les plus grands, atteignant jusqu'à 15 m de haut. Deuxièmement, les arbres à « demi-tige » sont plus petits que les premiers atteignant une grandeur maximale d'environ 6 m et troisièmement, les « basse-tige » ne dépassant pas les 4 m de hauteur. Dans le dernier cas, le greffon est fixé près du sol sur un porte-greffe à faible croissance. Au contraire, les hautes-tiges sont greffées à partir de 1,8 m du sol sur un porte-greffe ayant une bonne qualité d'enracinement, donnant donc un vrai arbre (Isabelle C., 2021 ; Natagora, 2017 ; Cant'ADEAR, 2014). Ces trois types de hauteur des

greffes sont choisies selon l'utilisation et la place disponible dans le verger. Les haute-tige sont majoritairement présentes dans les vergers familiaux. Leur enracinement et la structure du tronc sont très puissants. Au contraire, les basse-tige vont former des petits arbres propices à la production intensive (Coppée et Noiret 2008).

En Belgique, le développement et l'utilisation des vergers ont considérablement changé au cours des siècles. Au début du XXe siècle, la culture en verger, principalement caractérisée par des arbres à haute-tige, devient de plus en plus populaire, car les fruits de tables commencent à être consommés couramment. Après la Seconde Guerre mondiale, le développement des vergers à basse-tige prend de l'importance grâce à un besoin en entretien et en main d'œuvre plus faible pour cueillir les fruits comparés aux vergers à hautes-tiges. De plus, la mise à fruit des basse-tiges est plus rapide avec un meilleur rendement (Coppée et Noiret, 2008). Grâce aux basses-tiges, les vergers passent d'une culture extensive centrée à l'échelle familiale, à une culture intensive et donc à une échelle industrielle (Fig. 3). Aujourd'hui, la majorité des vergers de production professionnelle comprennent des arbres à basse-tige tandis que les hautes-tiges ne se retrouvent que dans un contexte familial (Coppée et Noiret, 2008). Aujourd'hui, en Wallonie, seulement 1% des vergers à haute tige subsistent (Natagora, 2017).



**Figure 3 — Illustrations de la conformation d'un verger extensif (a) et intensif (b).** a) verger extensif : les arbres sont plantés distants les uns des autres, avec une pauvre densité d'arbres par hectare. La taille est plus importante et l'enracinement plus puissant et donc nécessitant plus de place. b) Verger dit intensif d'utilisation professionnelle, les arbres étant de plus petites tailles (envergure des branches et du système racinaire moins imposants) et plantés les uns près des autres, la plantation d'un plus grand nombre d'arbres par hectares est possible. (Crédit photo : J.-Luc Coppée ; Coppée et Noiret, 2008)

En Wallonie, différentes typologies de vergers composent le paysage, se trouvant dans des zones isolées, intégrées dans les zones habitées ou sur le bord des routes. Pour citer quelques exemples, un « pré-verger », est caractérisé le plus souvent par des arbres de variétés anciennes à haute-tige associés à du pâturage (Coulon et Pointerea, 2017) tandis que les vergers conservatoires, de plus en plus populaires, permettant d'avoir des essences rares et donc en conserver le patrimoine génétique (Coppée et Noiret, 2008).

### 1.3.2. Variétés fruitières et caractéristiques des arbres cultivés en Wallonie

Au cours des années, le développement des vergers à haute tige a donné naissance à des variétés fruitières régionales. Ce patrimoine fruitier, mis en danger par la négligence des vergers extensifs, conserve une très grande variété génétique (Coppée et Noiret, 2008).

Les fruitiers les plus communs présents en Belgique appartiennent à la famille des Rosaceae. Pour citer quelques exemples, il est possible de retrouver dans les vergers belges des pommiers, des poiriers, des cerisiers, des néfliers, des pruniers, etc. (Biodimestica - CRA-W ; Populer, 1979). Dans la grande majorité des cas, les fleurs de ces arbres sont auto-incompatibles, c'est-à-dire qu'elles auront besoin du pollen d'autres arbres pour être fécondées (Pardo and Borges, 2020 ; Fayet, 2016) et nécessitent donc une pollinisation croisée (SNHF, 2010). Pour permettre cela, il est important d'introduire dans un verger des variétés pollinisatrices compatibles, à proximité des variétés cultivées principales (Fayet, 2016).

En Wallonie, il existe environ 1200 sous-types de variétés anciennes de pommes de l'espèce *Malus domestica* (RGF-Gembloux). La majorité de ces variétés sont originaires de la région et présentent une très bonne adaptabilité aux conditions locales (Biodimestica - CRA-W). La floraison des pommiers dure généralement entre 2 à 3 semaines et s'étend, selon les variétés, entre la fin de mars et le début de mai.

Pour sauvegarder le patrimoine génétique, plusieurs actions sont mises en place. Pour citer quelques exemples, au niveau régional, le développement de vergers conservatoires, constitués principalement par de hautes tiges d'anciennes variétés (Diversifruits : Réseau Wallon des vergers conservatoires) accompagnées d'un suivi sanitaire. Au niveau provincial et communal, grâce à l'aide du plan communal de développement de la nature (PCDN) le recensement des sites d'intérêt et l'instauration d'un réseau de vergers conservatoires en relation avec les citoyens (Vandenbosch, 2022).

### 1.3.3. Importance des vergers

Mis à part l'ornementation paysagère, les vergers offrent un service important pour de nombreuses espèces. Un très grand nombre d'animaux utilisent les ressources offertes par un verger. Les troncs des arbres à haute tige offrent de très bons sites de nidification pour les oiseaux ainsi que pour les chauves-souris. Les animaux de petite taille peuvent également s'abriter à l'intérieur des trous creusés dans les troncs. Ces sites offrent également à ces animaux de la nourriture à proximité (Coppée et Noiret 2008, Coulon et Pointerea, 2017 ; Shalitz et Behrendt, 2009). Certains petits mammifères, rongeurs ou carnivores, trouvent, eux aussi, leur place au sein des verges pour se nourrir ainsi que pour se reproduire. Les vergers sont aussi visités par une multitude d'arthropodes utilisant des niches pour se nourrir, pour se reproduire ou encore pour pondre les œufs. Ces espaces sont visités par un grand nombre d'insectes tels que les coléoptères, lépidoptères et hyménoptères qui contribuent également à la pollinisation des arbres fruitiers (Coulon et Pointerea, 2017 ; Coppée et Noiret 2008).

Une grande variété d'espèces végétales se développe au sein des vergers dont le nombre et la diversité varient. Cette différence s'explique par la présence ou l'absence de certains facteurs tels que le pâturage, la localisation géographique ou encore l'utilisation de produits chimiques (Coppée et Noiret, 2008 ; Natagora, 2017).

### 1.3.4. Gestion d'un verger et relation avec les pollinisateurs

#### 1.3.4.1. Relation avec les pollinisateurs

Une grande partie des arbres fruitiers présents dans les vergers ont un cycle de reproduction tôt dans l'année, sans oublier que les périodes de floraison sont très courtes. La pollinisation des arbres est donc soumise à de fortes contraintes temporelles (Bosch & Kemp, 2001 ; Roeder et al., 2021). De plus, dans des pays comme la Belgique, les périodes de floraison sont caractérisées par des alternances de bon et mauvais temps, parfois empêchent le travail des pollinisateurs et affectent le bon développement des fleurs. À cause de ceci, les vergers ont besoin d'une pollinisation très efficace spécialement lors des premiers jours de floraison (Bosch & Kemp, 2001).

Comme présenté plus haut, les vergers sont des sites dans lesquels les abeilles peuvent trouver plusieurs ressources. Elles profitent des fleurs des arbres fruitiers et de la flore associée ainsi que de la présence de divers sites de nidification. En retour, les abeilles s'occupent de la pollinisation des fruitiers. Plusieurs études montrent qu'une plus grande diversification des abeilles sauvages favorise la production des arbres contrairement aux sites

montrant la présence d'abeilles mellifères (Weekers et al. 2021 ; Garibaldi et al., 2013 ; Földesi et al. 2016). Plusieurs avantages sont mis en avant pour expliquer un meilleur rendement de la part des abeilles sauvages. Par exemple, certaines espèces d'osmies visitent les mêmes fleurs de pommiers plusieurs fois (Bosch & Kemp, 2001). En outre, diverses abeilles sauvages sont capables de voler malgré un mauvais temps parfois légèrement froid (Bosch & Kemp, 2001 ; Ockermüller, 2018).

En Europe, plusieurs abeilles sauvages font partie de la faune des vergers. Plusieurs genres d'abeilles tels que *Bombus*, *Osmia* et *Andrena*, participent à la pollinisation des arbres fruitiers (Chansigaud, 1972). Les abeilles du genre *Osmia* sont très présentes dans ces milieux (Haider et al., 2014 ; Weekers et al., 2022). Elles pollinisent particulièrement les arbres fruitiers. Souvent, certaines espèces comme *Osmia cornuta* sont introduites artificiellement dans les vergers intensifs pour améliorer la production de fruits (Nunes-Silva, 2020 ; Haider et al., 2014 ; Krunic & Stanisavljević, 2006). Les bourdons sont également très communément retrouvés dans les vergers et au même titre que les osmies ils sont considérés comme des pollinisateurs très efficaces (Pardo & Borges, 2020).

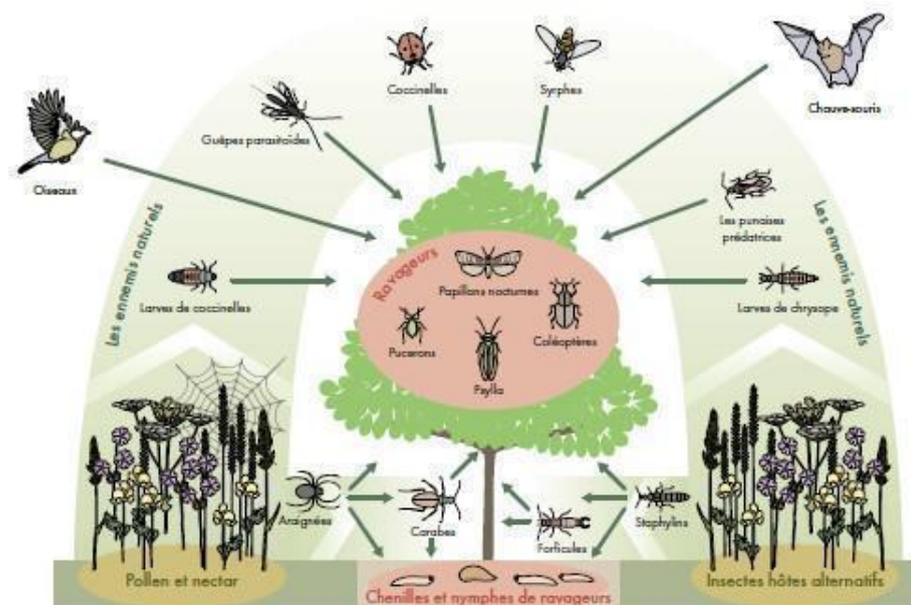
#### 1.3.4.2. Gestion d'un verger

Les modalités de gestion d'un verger, privé ou professionnel, divergent selon l'utilisation du terrain.

Une première mesure de gestion est le pâturage. La présence d'animaux de pâturage au sein d'un verger (pré-verger ou verger traditionnel) n'est pas une pratique rare. La présence de ces animaux montre plusieurs avantages tels que la diminution du coût de l'entretien des herbes au sein du terrain ainsi que la consommation de feuilles et de fruits morts. Cette pratique montre également la diminution du développement des nuisibles ainsi que la diminution de populations de petits rongeurs (Jamar et Jorion, 2016 ; Corroyer, 2017). Le pâturage extensif permettrait la mise à nue de certaines parties de sol permettant la découverte de nouveaux sites de nidification (Nielsen et al., 2011). En revanche, des pressions de pâturage plus importantes pourraient provoquer un effet négatif sur l'abondance d'abeilles sauvages à cause de la diminution des plantes à fleurs et de la destruction de sites de nidification dans le sol (Thapa-Magar et al., 2020). Pour cela, il est intéressant d'effectuer du pâturage extensif pour permettre l'alternance entre zones découvertes et zones sauvages tout en évitant l'écrasement du sol par une surcharge (Hauteclair et al., 2006). De plus, une gestion

de pâturage modérée permettrait la diversification des plantes à fleurs et par conséquent la diversité des abeilles (Hevia et al., 2016 ; Kimoto et al., 2012).

Au sein d'un verger, plusieurs facteurs limitent la santé et la production des arbres fruitiers. En effet, l'écosystème d'un verger est très attractif pour les pollinisateurs, mais également pour les ravageurs. Dans ce cas, le contrôle biologique du verger est nécessaire. Encourager les ennemis naturels des ravageurs en ajoutant des plantes à fleurs spécifiques semble être une solution impliquant peu d'inconvénients. Dans cette catégorie il est possible de trouver deux types d'ennemis naturels ; premièrement, les généralistes, tels que les araignées qui se nourrissent d'une vaste gamme de proies et deuxièmement, les spécialistes, dont font partie les larves de syrphes et les coccinelles, se nourrissant sur des proies spécifiques (Pfiffner et al., 2018).. Les guêpes sont également des ennemis naturels très efficaces, notamment les hyménoptères parasitoïdes dont certaines visent comme hôtes les ravageurs des pommiers (Pfiffner et al., 2018 ; Groupe PRDA biodiversité, s.d.). Des bandes fleuries sont donc disposées le long des vergers sur de longues rangées entourant les arbres (Fig.4). Cette pratique, bénéfique pour la santé des arbres, apporte également des avantages pour les pollinisateurs (Pfiffner et al., 2018 ; Jamar et Jorion, 2016). Par exemple, lors de l'émergence anticipée d'une espèce pollinisant un pommier, celle-là pourra butiner les plantes à fleurs à proximité de l'arbre en attendant le moment de la floraison de ce dernier.



**Figure 4 – Illustration de l'interaction entre les nuisibles et leurs ennemis naturels par les bandes fleuries.** L'aménagement des bandes fleuries au sein d'un verger encourage l'arrivée des ennemis naturels des nuisibles et instaure un équilibre favorisant la santé du verger (Pfiffner et al., 2018).

D'autres solutions seraient l'achat de prédateurs des ravageurs et l'utilisation d'insecticides et produits chimiques bien que ces derniers pourraient nuire à la santé des pollinisateurs sauvages comme discuté plus haut (Pfiffner et al., 2018).

Un autre mode de gestion pour assurer la pollinisation des arbres fruitiers est l'achat d'abeilles sauvages et domestiques. Aujourd'hui, cette pratique devient de plus en plus courante notamment dans de grands vergers de production. Ceci est par exemple le cas pour certaines espèces d'osmies comme *Osmia bicornis* (Krunić & Stanisavljević, 2006). Toutefois, il a été montré une différence dans l'efficacité de pollinisation des abeilles mellifères et sauvages. En effet, les méthodes de butinage des abeilles sauvages sont plus efficaces que celles d'*Apis mellifera* et permettent une meilleure pollinisation des fleurs (Weekers et al., 2022b). Les abeilles domestiques ne seraient donc pas responsables de la pollinisation d'une grande partie des cultures et d'ailleurs elles installent une compétition avec les abeilles sauvages. Il a été montré que la diversité des abeilles sauvages diminue lorsque la dominance d'abeilles domestiques augmente (Weekers et al., 2022).



## 2. Objectifs

L'objectif principal de cette étude est de caractériser la diversité des abeilles sauvages dans les vergers privés de la commune de Mons.

Cette étude vise également à décrire les caractéristiques et les pratiques de gestion retrouvées au sein des vergers de la commune de Mons. À partir de nos résultats et de la littérature scientifique, nous tenterons d'établir des recommandations de gestion pour favoriser la diversité des abeilles sauvages.

Pour répondre à cette question, une étude de cas sera effectuée en comparant la diversité et l'abondance des abeilles sauvages par rapport aux caractéristiques des sites. Afin d'objectiver nos données, nous comparerons l'intérêt relatif de deux méthodes d'échantillonnage : la capture au filet et le piégeage au pan traps.



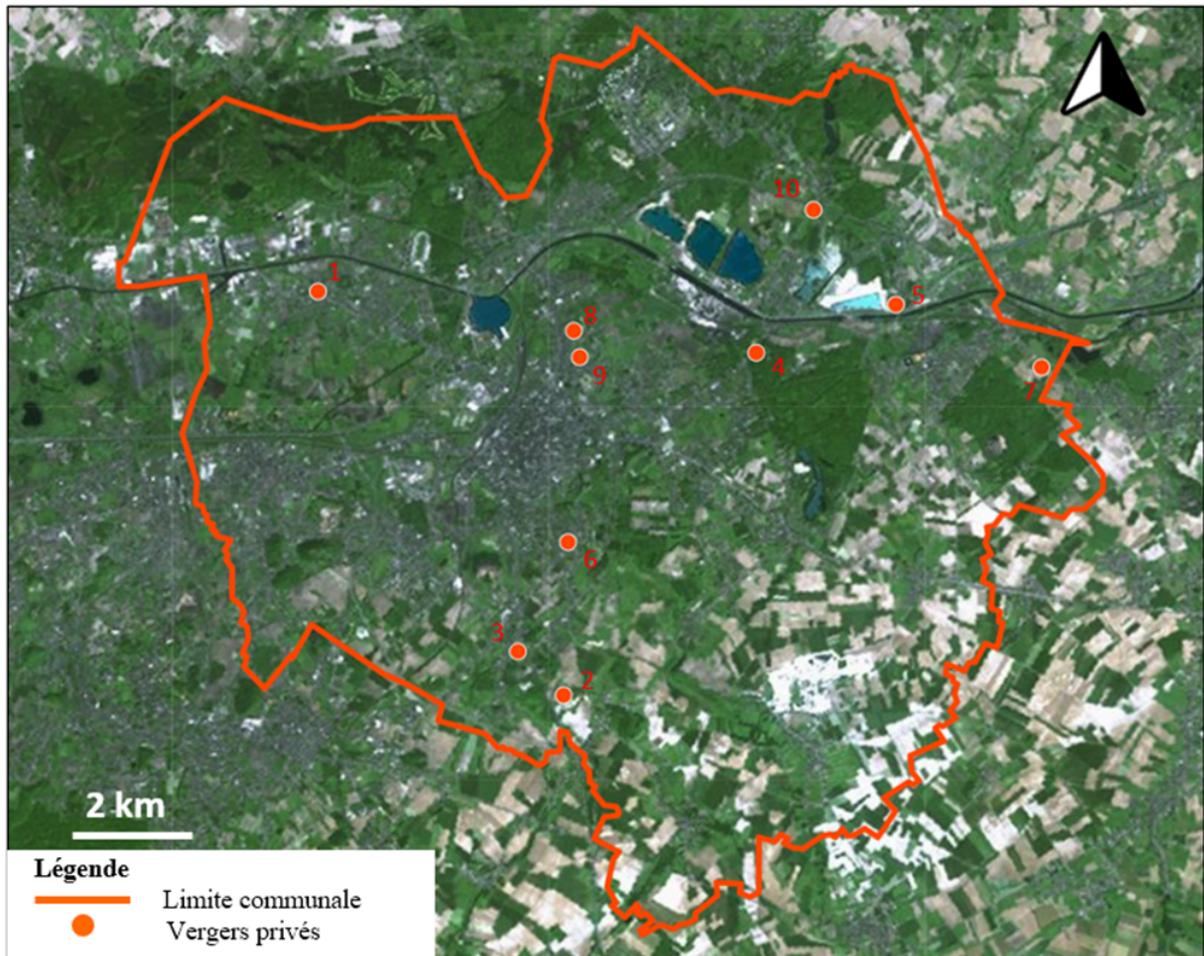
## 3. Matériel et méthodes

### 3.1. Description des sites

#### 3.1.1. Choix et recensement des vergers de la commune de Mons

Les sites échantillonnés lors de cette étude ont été trouvés suite au travail de recensement des vergers montois effectué par Gilles Vandebosch (Vandebosch, 2022) à la requête du département de l'environnement et transition écologique de la commune de Mons. En collaboration avec le plan communal de développement de la nature (PCDN), le but de ce travail a été d'effectuer une première cartographie des vergers privés présents sur le territoire de la commune de Mons. L'intérêt de cette étude a été de localiser les vergers, contenant potentiellement des variétés anciennes et créer à l'aide des citoyens un réseau de vergers conservatoire (Vandebosch, 2022). Pour interpeller les propriétaires des vergers, un questionnaire a été mis en ligne par la commune de Mons concentrant les informations suivantes : la localisation, l'utilisation du verger, les essences présentes sur le terrain et le type d'arbre (haute-tige, demi-tige, basse-tige). Dans ce questionnaire figurait également une question concernant la volonté de participer à l'étude des pollinisateurs sauvages dans les vergers. À l'issue de cette enquête, 19 vergers ont été recensés dans la commune de Mons. La carte illustrant la localisation des 19 vergers est consultable dans l'annexe 8.6.

Avec l'accès aux informations recueillies dans le questionnaire de la ville de Mons, il a été possible d'effectuer une première sélection des vergers agréant à participer à cette étude. À la suite de cela, tous les propriétaires ont été contactés par e-mail en leur faisant parvenir une deuxième enquête cette fois-ci se focalisant principalement sur le mode de gestion de leur terrain. Cette enquête liste les méthodes de gestion pouvant avoir une influence sur la diversité des abeilles sauvages présentes sur le site et dont les impacts ont été discutés plus haut (un exemplaire du questionnaire est consultable dans l'annexe 8.3.).



**Figure 5 : Carte des vergers.** Carte illustrant la localisation dans la commune des différents vergers échantillonnés. Carte créée avec *OpenStreetMap*.

Sur les 19 personnes participant au recensement des vergers, 9 ont donné leur disponibilité et accord pour effectuer les collectes dans les sites. Dans l'intérêt d'avoir un site supplémentaire, dont le mode de gestion était par certains points différent des autres, le verger présent au cœur du site Natura 2000 réserve Ronveaux, a été également considéré.

Au total, 10 sites ont été échantillonnés pour cette étude et séparés par une distance minimale de 500 m (Fig.5). Le choix des sites étant limité par la disponibilité des propriétaires, cette distance a été choisie pour éviter au mieux la superposition des communautés sachant que la distance de vol des abeilles sauvages est comprise entre 150 et 600 m (Gathmann & Tschardtke, 2002).

Les collectes ont eu lieu principalement sur des arbres de pomme étant en période de floraison au début du printemps. Les pommiers rencontrés dans les différents sites étaient de différentes variétés. Cette différence a notamment rythmé le calendrier et donc l'ordre des visites de sorte à pouvoir effectuer des collectes sur chaque variété minimum une fois en début de floraison et une fois en fin de floraison. Quelques variétés les plus courantes sont les

suivantes : Belle de Boskoop, Double Belle Fleur, Reinette, Transparente blanche, etc. Lors des échantillonnages dans trois sites (Tab. 1) les collectes ont été également effectuées sur des variétés de cerisier (*Prunus avium*) dû à la grande proximité avec les pommiers et une floraison simultanée.

Dans la table suivante (Tab. 1) sont présentés les 10 sites explorés lors de cette étude ainsi que certaines caractéristiques et coordonnées.

**Table 1 :** table résumant les informations concernant les vergers échantillonnés

Nom du verger	Coordonnées (WGS 84)	Surface du verger (ha)	Âge du verger (app.)	Espèces d'arbres
Verger de la rue du Pourcelet	50°28'07"N 3°57'40" E	0,25	Plus de 15 ans	<i>Malus domestica</i>
Verger de la rue du Bousoit	50° 27'48" N 4° 4'12" E	0,2	De 1 à 10 ans	<i>Malus domestica</i> + <i>Prunus avium</i>
Verger du Chemin de la Procession	50° 27'55" N 3° 57'45" E	0,025	Plus de 15 ans	<i>Malus domestica</i>
Verger de la Chaussée de Maubeuge	50° 25'11" N 3° 57'18" E	1,7	Plus de 15 ans	<i>Malus domestica</i> + <i>Prunus avium</i>
Verger de l'Avenue de la Libération	50° 28'29" N 3° 54'03" E	0,5	Environ 65 ans	<i>Malus domestica</i> + <i>Prunus avium</i>
Verger de la rue des Canadiens	50° 26'14" N 3° 57'35.3 » E	0,03	De 5 à 10 ans	<i>Malus domestica</i>
Verger de la route d'Obourg	50° 27'55" N 4° 00'11" E	0,4	Entre 50 et 70 ans	<i>Malus domestica</i>
Verger de la rue de la Bruyère	50° 28'21" N 4° 02'09" E	1	Environ 15 ans	<i>Malus domestica</i>
Verger de la réserve Ronveaux	50° 25'15" N 3° 56'52" E	0,2	Plus que 15 ans	<i>Malus domestica</i>
Verger de la Cour des Dames	50° 29'12" N 4° 01'01" E	0,4	3 ans	<i>Malus domestica</i>

### 3.1.2. Relevés botaniques

Lors de chaque échantillonnage, le relevé phytosociologique du site a été effectué. Lors de ces relevés, toutes les espèces en fleur ont été identifiées en utilisant la nouvelle flore de la Belgique (Lambinon & Verloove, 2012) et suivant la méthode de Braun-Blanquet pour donner un indice d'abondance des espèces présentes dans le site (Delassus, 2015). Un exemple de relevé est consultable dans l'annexe 8.2.

### 3.1.3. Description des vergers

Plusieurs caractéristiques des vergers sélectionnées pour cette étude ont été retenues pour effectuer l'analyse d'étude des cas :

- La taille du verger
- L'âge moyen du verger
- La présence de ruches d'abeilles domestiques
- La présence d'animaux de pâturage
- L'utilisation d'engrais
- L'utilisation de pesticides.

Comme dit précédemment, les vergers étudiés lors de cette étude sont utilisés pour une production familiale, certains sites ne subissent donc aucune mesure de gestion et la flore complète du site est intouchée.

D'autres espèces d'arbres étaient également présentes dans les vergers, ceux-ci n'ont pas été pris en compte dans l'étude, car n'étant pas en période de floraison lors des collectes.

## 3.2. Méthode d'échantillonnage

### 3.2.1. Techniques

Pour analyser la diversité des abeilles sauvages des vergers étudiés, deux types d'échantillonnages ont été effectués : filet et pan traps. Cette étude s'intéressant principalement aux communautés d'abeilles butinant sur les arbres fruitiers, pour estimer la diversité en abeilles directement associée aux arbres, la méthode de collecte au filet a été utilisée. Ici, un filet télescopique de 2 m de longueur a été utilisé pour atteindre les fleurs les plus hautes. Cependant, les vergers étant des sites d'un très grand intérêt, il a été également intéressant d'avoir un aperçu de la communauté hors arbres fruitiers, d'autant plus que toutes les espèces ne sont pas capturables au filet (référence). Pour faire cela, une méthode de

collecte par des pièges colorés (« pan traps » ; bols colorés contenant de l'eau savonneuse) a été utilisée.

La méthode de piégeage au filet permettrait de collecter un plus grand nombre de taxons ainsi que mettre en avant les espèces directement intéressées par les fleurs des arbres fruitiers des vergers (Westphal et al., 2008 ; Nielsen et al., 2011). Néanmoins, cette méthode accumule plusieurs biais tels que l'expertise et les connaissances du collecteur (Westphal et al., 2008 ; Nielsen et al., 2011). La collecte au « pan traps » élimine les biais liés à l'expérience du collecteur, et permet de collecter plusieurs sites en même temps en minimisant les efforts (Gibbs et al. 2017). Malgré cela, cette méthode favorise la collecte de certaines espèces au détriment d'autres qui seront sous-représentés (Westphal et al., 2008).

Pour résumer, les échantillonnages pour cette étude ont été effectués par une collecte au filet se concentrant sur les abeilles butinant les arbres fruitiers ainsi qu'un piégeage à l'aide de « pan traps » de trois couleurs différentes : jaune fluorescent, bleu et blanc. Les couleurs ont été choisies selon les préférences entre les espèces et donc pour maximiser les espèces attirées (Nielsen et al., 2011). L'utilisation des « pan traps » ayant comme intérêt d'analyser les communautés associées aux vergers, deux clusters de trois couleurs ont été positionnés au niveau du sol dans chaque site, un au centre de celui-ci et au bord des sites. Les échantillonnages ont été effectués par une seule personne (sauf pour une journée de collecte) et il était important de standardiser les collectes pour pouvoir les comparer d'un site à l'autre et les comparer à des études antérieures. Chaque session était caractérisée par une durée d'environ 40 minutes pour un seul récolteur (20 minutes pour deux récolteurs) sans prendre en compte le trajet pour atteindre l'arbre suivant, la prise de notes ou la mise à mort des spécimens. Dans le cas où aucune abeille n'était collectée dans les 10 premières minutes d'échantillonnage, le site était considéré comme nul. Pour permettre une collecte homogène sur tous les arbres présents sur le site, un même nombre de minutes a été consacré à chaque arbre en raison de la taille des sites et du nombre d'arbres en fleurs, effectuant ainsi des tournantes sur chaque arbre. Les abeilles qui ont été capturées ont été mises à mort avec de l'acétate d'éthyle (à l'exception d'*Apis mellifera*).

Il est à noter que les arbres étant inclus dans des propriétés privées et utilisées pour des productions familiales, il a été essentiel de limiter les échantillonnages aux fleurs extérieures facilement atteignables par un filet télescopique et dans une moindre mesure aux fleurs des branches internes. Cette limitation a été essentielle pour minimiser les dégâts infligés aux fleurs lors des collectes et pour ne pas impacter le cycle de reproduction et la production des fruits. Cette méthodologie sera tenue en compte dans les biais de collecte.

### 3.2.2. Fréquence

Les collectes ont eu lieu pendant la période de floraison des arbres fruitiers visés par cette étude à savoir les pommiers (*Malus domestica*). La floraison ayant lieu en Belgique au cours du mois d'avril jusqu'au début de mai selon les variétés. Le calendrier des visites des sites est consultable dans l'annexe 8.4.

Chaque site a été visité trois fois lors de cette période, une première fois au début du mois d'avril, une deuxième en milieu de floraison et une dernière en début du mois de mai avec un intervalle d'au moins une semaine entre chaque collecte. Les visites ont été influencées par la disponibilité des propriétaires des vergers ainsi que par les conditions météo. En effet, la météo étant très importante pour avoir un maximum d'espèces d'abeilles en activité, les collectes ont eu lieu uniquement lors de conditions météorologiques favorables : températures supérieures à 15 °C, absence de grands vents et de pluie ainsi que peu de nuages. Ce facteur a impacté plusieurs fois le planning des collectes (devant commencer une semaine plutôt) et c'est également pour cette raison qu'un échantillonnage supplémentaire a eu lieu en milieu de floraison pour maximiser les spécimens collectés.

Les collectes ont été organisées pour chaque période de sorte à pouvoir visiter les 10 vergers en environ 4 jours. Idéalement, pour chaque journée de collecte deux à trois vergers étaient visités. Pendant une journée, débutant à environ 10 h, chaque verger a été visité trois fois, un premier échantillonnage au matin avec la mise en place des pan traps (trois couleurs et deux clusters au bord et au centre du verger), une deuxième visite à partir de 14 h et une dernière après 17 h pour collecter les abeilles piégées dans les pan traps. Chaque station a été visitée deux fois par jour pour les collectes au filet, cela permettant de prendre en compte la période d'activité journalière des différentes espèces et les éventuels écarts d'activité dus à la météo (Levermann et al., 2000). Dans la littérature, les pièges colorés sont laissés sur place selon les sources entre 24 et 48 h (Nielsen et al., 2011; Westphal et al., 2008; Joshi et al. 2015). Cela n'étant pas possible lors de cette étude, les pan traps ont été laissés sur chaque site environ 6 à 7 h par jour. Les horaires des visites de chaque verger étaient influencés par les conditions météorologiques ainsi que par la durée du trajet reliant chaque site.

### 3.2.3. Mise en collection et identification

À la suite de chaque journée de récolte, les spécimens ont été épinglés et ont été étalés et mis dans des boîtes de collection pour ensuite permettre l'identification. Chaque abeille a reçu une étiquette indiquant la date de collecte, la provenance (pays, province, ville et lieu-dit), les coordonnées WGS84, l'altitude et la plante sur laquelle le spécimen a été capturé. Ensuite, les abeilles ont été organisées par famille et par genre en divisant les spécimens mâles et femelles en utilisant une clé dichotomique (Michez et al., 2019 ; Terzo & Rasmont, 2016). Cette opération servant à faciliter l'identification spécifique par les experts travaillant au sein du laboratoire de Zoologie : William Fiordaliso (familles : Apidae, Andrenidae, Megachilidae et Halictidae), Thomas Wood (famille Andrenidae du genre *Andrena*) et Maud Mignot (famille Apidae du genre *Nomada*). Les bourdons des espèces *Bombus terrestris* et *Bombus lucorum* ont été regroupés sous l'appellation *Terrestribombus sp.* car les ouvrières sont difficilement distinguables.

Suite à l'identification jusqu'à l'espèce, les abeilles ainsi que leurs informations ont été encodées dans une base de données grâce au logiciel Data-Fauna-Flora (Barbier et al. 2013) version 5.2.2. Ce logiciel permet la création de matrices de contingence pour l'exploitation des données collectées sur le terrain. Pour cette étude, les spécimens collectés au filet et au pan traps feront partie de deux matrices différentes et donc de deux analyses différentes, l'étude se concentrant principalement sur les abeilles interagissant directement avec les fleurs des arbres fruitiers.

## 3.3. Description des communautés d'abeilles

Les analyses statistiques présentées dans cette étude ont été réalisées avec le logiciel Rstudio (version 2022.02.3 +492)

### 3.3.1. Indices de biodiversité

La diversité peut être décrite par plusieurs indices. La diversité alpha ( $\alpha$ ) mesure la diversité en espèces observées au niveau local tandis que la diversité bêta ( $\beta$ ) permet de comparer la diversité d'un site à l'autre (Legendre et Legendre, 2012; Borcard et al. 2018).

#### 3.3.1.1. La diversité alpha

La diversité alpha permet de calculer la diversité spécifique définie comme le nombre d'espèces présentes dans un lieu donné. Pour avoir plus d'informations concernant la répartition des espèces dans un milieu, il est possible d'utiliser d'autres indices comme

l'indice de Shannon (H). Cet indice prend en compte la richesse spécifique ainsi que la distribution d'abondance des espèces et dont la formule est la suivante :

$$H = - \sum_{i=1}^q p_i \log(p_i)$$

Où :

$p_i$  = proportion de l'espèce  $i$  :  $p_i = ni/N$

$q$  = nombre d'espèces

$ni$  = nombre de représentants d'une espèce

$N$  = nombre total d'individus de toutes les espèces

Pour un nombre d'espèces données, l'indice H atteint un maximum lorsque toutes les espèces ont une même abondance. Autrement dit, plus H sera grand plus la diversité sera grande (Borcard et al. 2018).

Un autre indice très utilisé est l'indice de Simpson lequel mesure la probabilité que deux organismes choisis au hasard soient de la même espèce (Borcard et al. 2018). La formule est la suivante en considérant que l'échantillon contienne un grand nombre d'individus (Legendre et Legendre, 2012) :

$$\lambda = \sum_{i=1}^q p_i^2$$

Les indices de Shannon et de Simpson sont considérés comme des cas particuliers de l'équation générale de Rényi (Legendre et Legendre, 2012) :

$$H_a = \frac{1}{1-a} \log \sum_{i=1}^q p_i^a$$

Où  $a$  représente l'ordre de mesure de la diversité. Les trois premiers ordres seront utilisés :

$a = 0, 1, 2$ .

À partir de cette équation, Hill propose des nombres de diversité faisant le lien entre la présence d'espèces abondantes et d'espèces rares :

$$N_a = e^{Ha}$$

Les nombres de Hill peuvent être interprétés comme suit :  $N_0$  représente la richesse spécifique,  $N_1$  correspond au nombre d'espèces abondantes et  $N_2$  le nombre d'espèces les plus abondantes (Hill, 1973).

### 3.3.1.2. La diversité bêta

Comme cité précédemment, la diversité bêta permet de calculer la différence de la diversité entre différents sites en prenant en compte leur composition (Legendre et Legendre, 2012). Le calcul de cette diversité peut être effectué grâce à l'indice de Bray-Curtis (Legendre et Legendre, 2012). Cet indice de dissimilarité varie entre 0 et 1. Plus il sera proche de 0, plus les populations seront semblables.

La diversité bêta sera calculée grâce à la fonction *vegdist()* du package *vegan* (Oksanen et al., 2022).

### 3.3.2. Efficacité de l'échantillonnage

Lors d'un recensement, il est important de se poser la question suivante : est-ce que l'échantillonnage est représentatif de la variété en espèces réellement présentes sur les sites ? Cette efficacité peut être mesurée par l'analyse de la complétude de l'échantillonnage indiquant la proportion d'espèces découvertes sur le nombre total d'espèces lors d'une collecte dans un site donné. Cette complétude est influencée notamment par l'effort et la qualité de la collecte (Gotelli & Colwell, 2001). Pour déterminer la complétude de l'échantillonnage, il est possible de créer une courbe d'accumulation (Béguinot, 2017) .

Lors de l'échantillonnage, cette courbe mesure l'augmentation du nombre d'espèces nouvelles découvertes par rapport à la taille de l'échantillon. La courbe augmente très rapidement en sachant qu'en début de collecte aucune espèce n'est connue. Cette allure sera ralentie à partir d'un certain seuil, car avec l'avancement de la collecte il sera de plus en plus difficile de découvrir de nouvelles espèces. Lorsque l'augmentation de la courbe devient minime avec une allure d'asymptote, l'échantillonnage pourra être considéré comme complet (Gotelli & Colwell, 2001). Autrement dit, plus le nombre d'espèces est grand, plus le nombre d'espèces manquantes diminue (Béguinot, 2017).

Pour représenter la courbe d'accumulation dans le cadre de cette étude, la fonction *specaccum()* du package *vegan* sera utilisée (Oksanen et al., 2022).

Pour estimer le nombre d'espèces manquantes et donc connaître l'effort de collecte nécessaire pour atteindre l'asymptote, des estimateurs de richesse seront utilisés (Béguinot, 2017). Les estimateurs Jackknife1, Jackknife2, bootstrap et l'estimateur de Chao seront calculés à partir de la fonction *specpool()* du package *vegan* (Oksanen et al., 2022) .

### 3.3.3. Raréfaction

L'effort de collecte fourni lors des échantillonnages est considéré comme un biais non négligeable influençant la complétude des collectes ainsi que la bonne comparaison entre les stations. Il est possible de standardiser les données via interpolation par une courbe de raréfaction. Cette courbe permet de réduire la taille des plus grands échantillonnages pour les rendre de la même taille que les plus petits (Chao & Jost, 2012). La courbe de raréfaction sera effectuée par la fonction *rarecurve()* du package *vegan* (Oksanen et al., 2022).

Malgré cela, comparer des échantillonnages de même taille apporterait des biais lors des analyses, car à parité de taille les populations n'auront pas forcément la même complétude (Chao & Jost, 2012). Pour caractériser la diversité, les sites seront donc comparés selon leur niveau de couverture c'est-à-dire, la proportion d'individus de la communauté appartenant à des espèces découvertes lors des collectes (Chao & Jost, 2012). Cette raréfaction en fonction de la couverture sur les nombres de Hill sera réalisée par la fonction *estimateD()* du package *iNext* (Hsieh et al., 2020).

## 3.4. Couplage des outils de collecte

Lors de cette étude, deux outils de collecte ont été utilisés. Pour rappel, une collecte au filet directement sur les arbres à fruit et en complément des pan traps disposés dans le terrain pour analyser le reste des populations d'abeilles.

Un test de Mantel a été utilisé sur les matrices de distances créées lors de la mesure de la diversité bêta pour les deux types d'échantillonnages. Cette méthode est un outil d'analyse multivarié de corrélation spatiale et permet de mesurer la corrélation entre deux matrices de distance (Borcard et al., 2018). Cela permet de voir si les variations de communauté observées avec une méthode sont retrouvées avec l'autre.

Le test de Mantel (avec un seuil  $\alpha$  de 5 %), a été calculé grâce à la fonction *mantel()* du package *vegan* (Oksanen et al., 2022).

Une analyse supplémentaire de comparaison a été faite au moyen du test de Chi-carré en utilisant la fonction *chisq.test()* du package de base de R.

## 3.5. Comparaison des communautés et des sites

### 3.5.1. Caractérisation et description des sites

Dans le but de décrire les sites de récolte, les différentes variables choisies pour leur caractérisation seront visualisées via une analyse de correspondances multiples (MCA). La

MCA est une méthode d'ordination permettant de modéliser les relations entre plusieurs variables (Abdi & Valentin 2007). À la différence d'autres méthodes d'ordination, la MCA permet de faire le lien entre des variables qualitatives. Chaque variable utilisée sera caractérisée, sur chaque site (Tab 3), par différents niveaux, lesquels seront transformés en variables binaires par la MCA (Abdi & Valentin 2007).

La MCA permet donc de visualiser la corrélation entre les sites (ici les sites de collecte) et les variables qui les décrivent. Les données sont représentées dans un espace à plusieurs dimensions dans lequel chaque axe représente une variable. L'interprétation d'un tel nuage de points devient très vite difficile. Grâce à la MCA il sera possible de projeter les informations sur deux axes qui maximisent la dispersion des données (Escoffier & Pagès, 2008). La fonction utilisée pour réaliser cette analyse est *MCA()* du package *FactoMineR* (Husson et al. 2020). Les variables choisies pour décrire les sites sont décrites sur la table 2. Des catégories pour la variable âge et surface ont été créées à cause des informations peu précises transmises par les propriétaires.

**Table 2 : table résumant les variables caractérisant les vergers utilisés lors de la MCA.** Chaque variable est décrite pour permettre une meilleure compréhension des niveaux utilisés pour la MCA

Variable	Description
Surface	La surface des vergers est calculée en hectares. Si la surface est : $\leq 0,2$ ha → petit Si la surface est : $> 0,2$ mais $\leq 0,4$ ha → moyen Si la surface est : $> 0,4$ ha → grand
Âge	Si l'âge du verger est : $\leq 15$ ans → under Si l'âge du verger est : $> 15$ ans → over
Pâturage	Si le verger accueille des animaux de pâturage (toute espèce et nombre d'individus confondus) → oui Si pas de pâturage → non
Engrais	Si le verger subit l'ajout d'engrais (tous types et quantités confondues) → oui Si pas d'engrais → non
Pesticides	Si le verger subit l'ajout de pesticides (tous types et quantités confondues) → oui Si pas de pesticides → non
Ruches	Si des ruches d'abeilles domestiques se trouvent au sein du verger ou à proximité (rayon de 200m) → oui Si pas de ruches d'abeille domestique → non
Contrôle biologique	Si utilisation de tout type de pratique de contrôle biologique → oui Si aucun type de contrôle biologique → non

La table 3 illustre la matrice introduite dans R pour réaliser la MCA.

**Table 3** : table affichant les variables et leur niveau dans chaque site.

Sites	Surface	Âge	Pâturage	Engrais	Pesticides	Ruches	Contrôle Bio
1	grand	over	oui	non	non	non	non
2	grand	under	non	oui	non	oui	oui
3	petit	over	non	non	non	non	non
4	moyen	over	oui	oui	oui	non	oui
5	grand	under	non	oui	non	non	oui
6	petit	under	non	non	non	oui	non
7	petit	under	non	oui	non	non	non
8	moyen	over	non	non	non	oui	non
9	petit	over	oui	non	non	non	non
10	moyen	under	oui	oui	non	oui	oui

### 3.5.2. Caractérisation des communautés

Après avoir caractérisé les sites, il est intéressant de visualiser sur un plan à deux dimensions la proximité des sites par rapport à leur communauté.

Pour faire cela, la méthode d'ordination Non-Metric Multidimensional Scaling (NMDS) sera utilisée. Cette méthode permet de représenter les relations spatiales entre des objets sur un petit nombre d'axes (Borcard et al., 2018). La NMDS sera effectuée sur R via la fonction *metaMDS()* du package *vegan* (Oksanen et al., 2022) en utilisant comme distance la dissimilarité de Bray-Curtis. La fonction permet également de calculer une valeur de « stress » représentant la variation des distances représentées par le graphique par rapport à la distance initiale (Borcard et al., 2018). Une valeur inférieure à 0,2 nous indique que la représentation peut être considérée comme fidèle (Dexter et al., 2018). Un diagramme de Shepard sera également représenté pour cette analyse comparant la distance initiale par rapport à celle représentée (*stressplot()*).

Pour cette analyse, la station 6 (Verger de la rue des Canadiens) ne sera pas prise en considération. Sur ce site seulement deux spécimens ont été collectés sur la totalité des échantillons et leur présence dans la NMDS engendre une déformation du graphique.



## 4. Résultats

### 4.1. Composition des communautés d'abeilles sauvages

#### 4.1.1. Échantillonnage au filet

Le nombre total d'individus collectés au filet sur les 10 stations est de 277. Quatre familles sont représentées dans cet échantillon : la famille des Apidae, Megachilidae, Andrenidae et Halictidae (Tab. 4).

**Table 4 : Familles d'abeilles et statut belge UICN.** Le statut de chaque famille est fourni par la liste rouge de la Belgique. DD = Data deficient, LC = Least concern, NT = Near threatened, VU = Vulnerable, EN = Endangered, CR = Critically Endangered (Drossart et al., 2019).

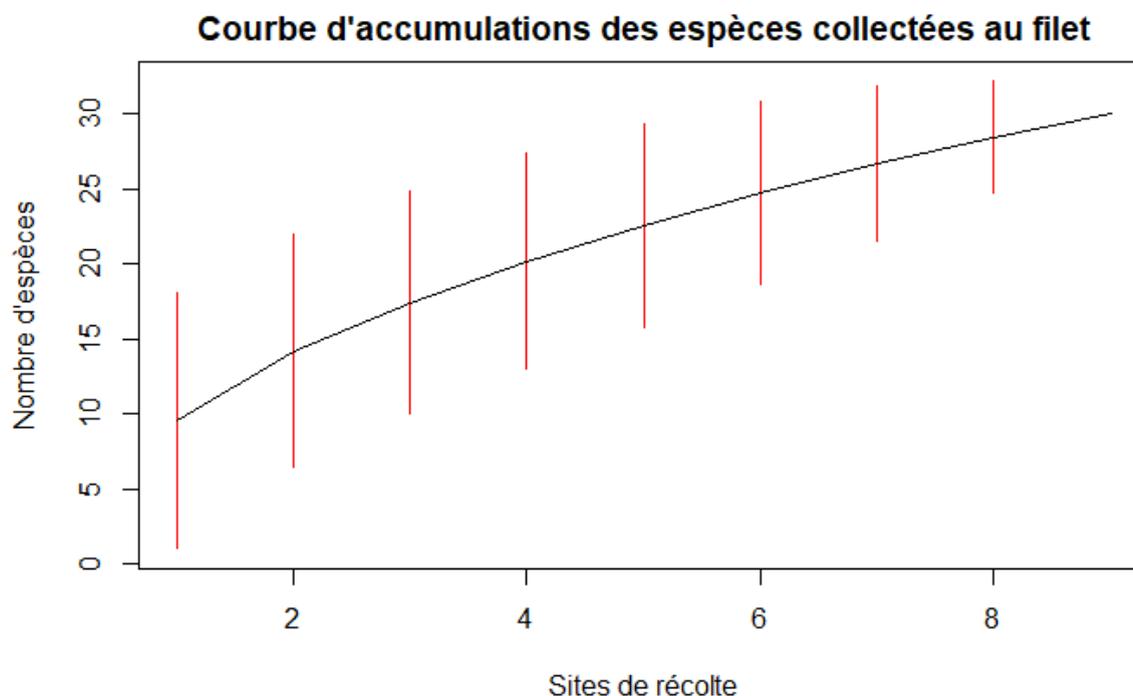
Famille	Nombre d'individus collectés	Nombre d'espèces	DD	LC	NT	VU	EN	CR
Apidae	120	11	0	11	0	0	0	0
Megachilidae	84	3	0	3	0	0	0	0
Andrenidae	71	14	7	6	0	1	0	0
Halictidae	2	2	0	1	0	0	1	0
TOT	277	30	7	21	0	1	1	0

En termes de nombre d'individus observés, la famille des Apidae est la plus abondante, suivie par la famille des Megachilidae et Andrenidae. En termes de nombre d'espèces découvertes, cette fois nous avons en première place la famille des Andrenidae suivie par celle des Apidae. Les Megachilidae sont représentés seulement par 3 espèces. La famille la moins diversifiée est celle des Halictidae avec 2 espèces, dont un individu de chacune.

En observant le statut belge UICN d'espèces récoltées, 22 espèces sont classées LC, pour 7 DD (il n'y a pas assez de données pour donner une évaluation de leur risque d'extinction), une espèce est en danger (*Lasioglossum pauxillum*) et une autre est vulnérable (*Andrena helvola*).

#### 4.1.1.1. Complétude de l'échantillonnage

L'analyse de la complétude de l'échantillonnage au filet a été effectuée grâce à une courbe d'accumulation. La courbe n'atteint pas l'asymptote comme le montre la figure 6.



**Figure 6 : Courbe d'accumulation des espèces capturées au filet en fonction des sites de collecte.** La courbe d'accumulation permet d'évaluer la complétude de l'échantillonnage dans tous les sites (intervalle de confiance pour 9999 permutations aléatoires). La courbe a été réalisée avec la fonction *specaccum()*.

Cette tendance est également confirmée par l'extrapolation des estimateurs de richesse maximale présents dans la table 5. En nous basant sur celle-ci, nous pouvons estimer qu'entre 61 % et 83 % des espèces présentes dans les vergers ont été collectées au filet.

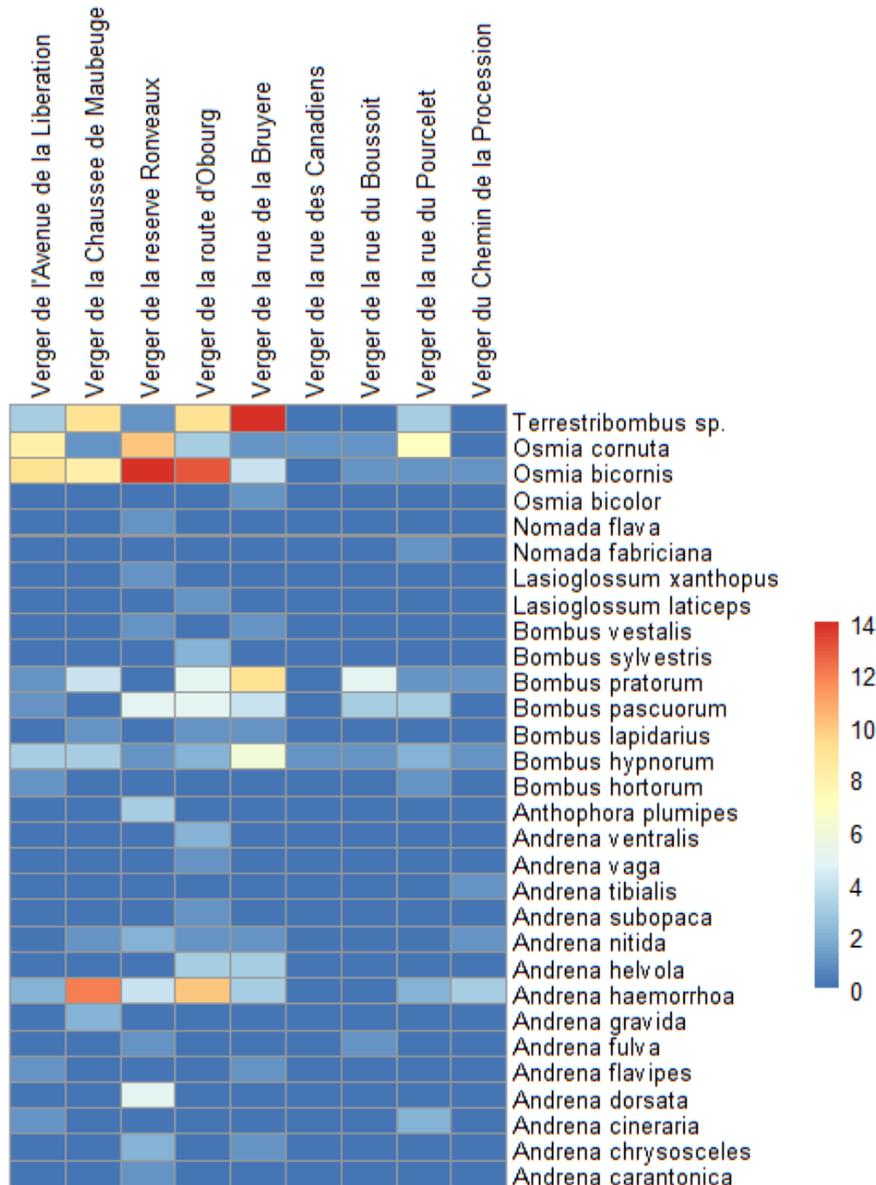
**Table 5 : Estimateurs de la richesse spécifique totale.** Quatre estimateurs de la richesse spécifique totale avec leur erreur.

Espèces observées	Chao $\pm$ se	Jack1 $\pm$ se	Jack2	Bootstrap $\pm$ se
30	42 $\pm$ 9	42 $\pm$ 7	49	36 $\pm$ 4

#### 4.1.1.2. Description des communautés

Pour visualiser la distribution de l'abondance des espèces d'abeilles sur tous les sites, une carte de chaleur est présentée par la figure 7. Il est possible, à partir de cette carte, d'avoir une première idée concernant les taxons les plus souvent rencontrés. Une grande abondance du genre *Bombus* représenté le plus souvent par *Terrestibombus sp*, *Bombus pratorum*, *Bombus*

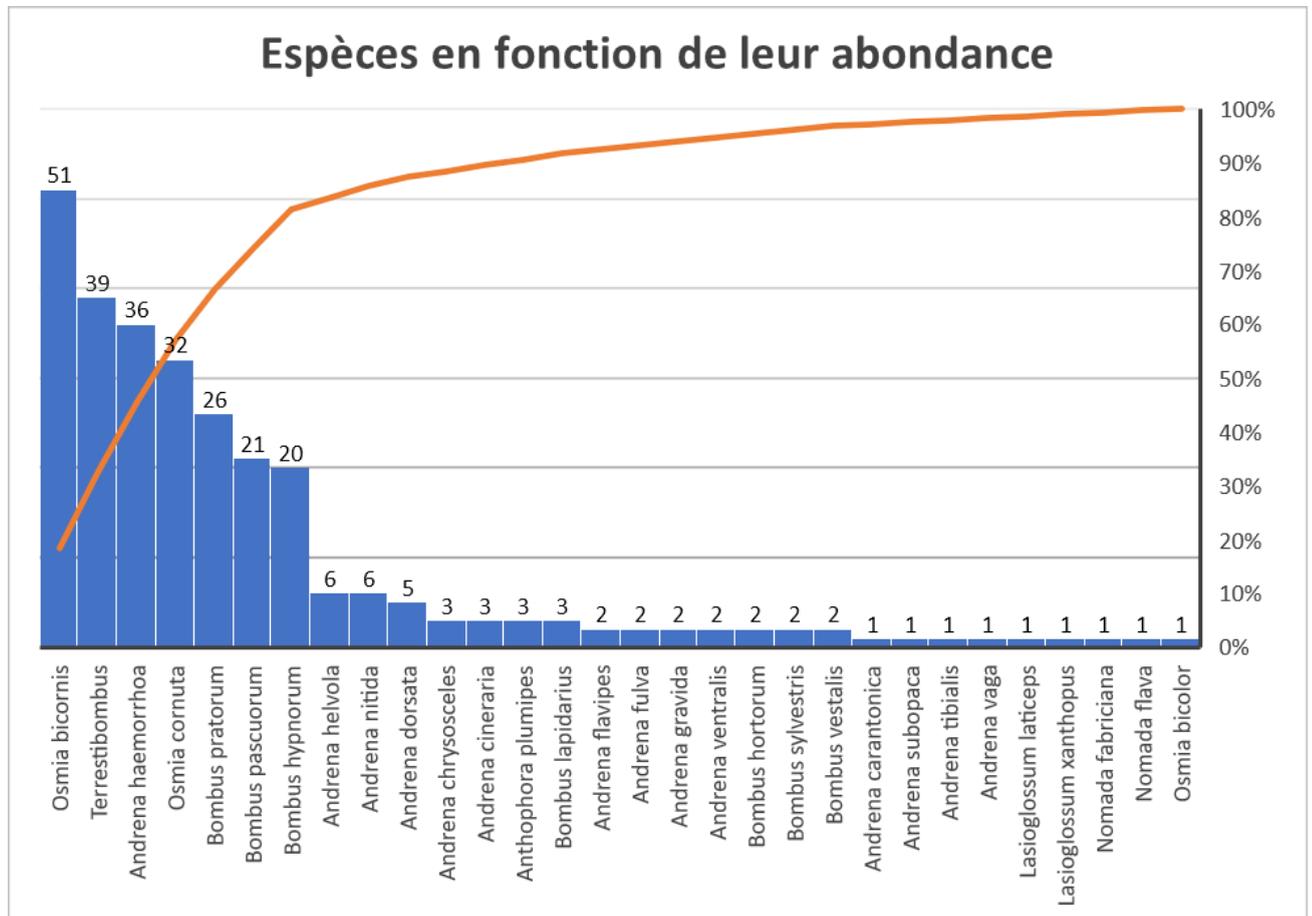
*pascuorum*, ainsi que *Bombus hypnorum* ont été trouvés avec une certaine variabilité sur la majorité des sites. De la même manière, pour le genre *Osmia*, les espèces *Osmia cornuta* et *Osmia bicornis* ont été observées sur presque tous les sites. Et enfin, pour le genre *Andrena*, *Andrena haemorrhoa* se distingue légèrement.



**Figure 7 : Carte de chaleur représentant l’abondance des espèces récoltées sur chaque site.** Cette carte de chaleur permet d’analyser la distribution de l’abondance des espèces selon un gradient de couleurs. Les espèces les plus abondantes sont représentées par une couleur rouge foncé et les espèces les moins abondantes sont représentées par une couleur bleu foncé. Cette carte a été effectuée grâce à la fonction *heatmap()* du package *heatmap* (Kolde, 2018).

La figure suivante (Fig. 8) représente les taxons collectés sur un graphique en barres selon leur rang d’abondance. Quatre espèces d’abeilles suffisent à représenter 50 % du nombre total

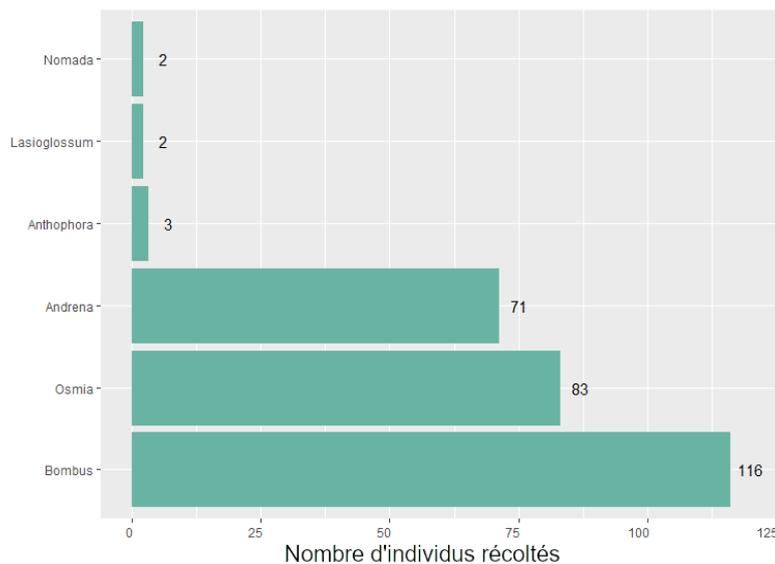
d'espèces. Dans l'ordre on retrouve *Osmia bicornis* (51 individus), *Terrestribombus sp.* (39 individus), *Andrena haemorrhoa* (36 individus) et *Osmia cornuta* (32 individus).



**Figure 8 : Diagramme de Pareto.** Rang d'abondance des espèces récoltées au filet associé au pourcentage cumulé de leur effectif.

À partir de ce graphique il est également possible de visualiser le nombre de singletons (30 %) et de doubletons (23 %). Neuf espèces ont été retrouvées en un seul exemplaire et sept espèces en deux exemplaires.

La figure 9 reprend une autre façon d'explorer les données des abeilles collectées. Dans ce cas-ci, les d'individus collectés sont classés selon leur genre. Au total, six genres différents sont représentés dans l'échantillon avec une dominance des genres *Bombus*, *Osmia* et *Andrena*. Trois autres genres sont présents aussi, mais de manière plus discrète dont le plus représenté est le genre *Anthophora* suivi par les genres *Lasioglossum* et *Nomada*.

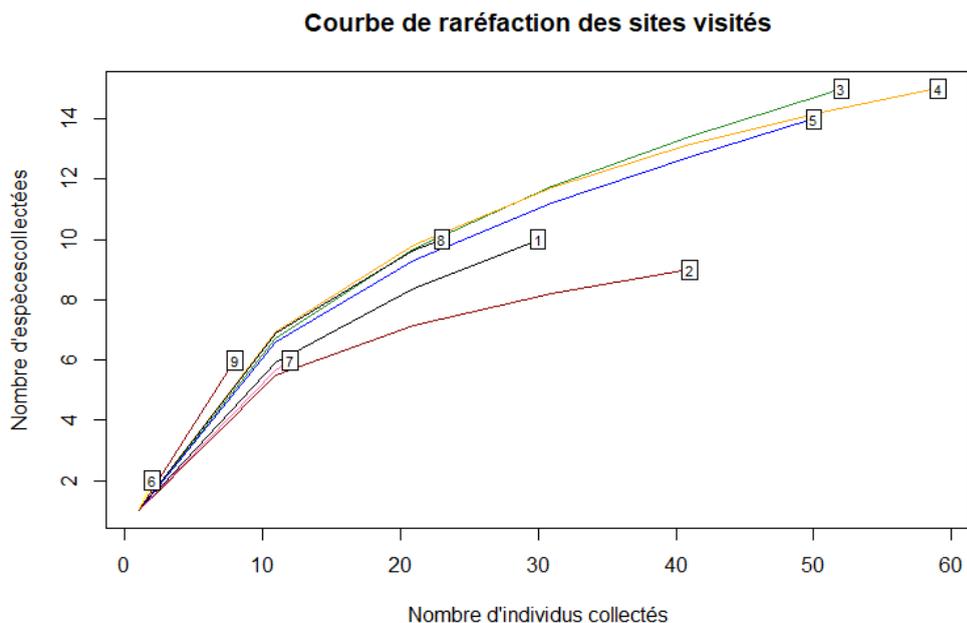


**Figure 9 : Graphique en barres représentant le nombre d'individus collectés pour chaque genre.** Répartition des individus récoltés au filet dans chaque genre. Ce graphique en barres a été effectué avec la fonction *ggplot* du package *ggplot2* (Wickham et al., 2016).

#### 4.1.1.3. Courbes de raréfaction et nombres de Hill

En se basant sur les courbes de raréfaction (Fig. 10), il est également possible d'analyser la complétude de l'échantillonnage par rapport au nombre d'espèces et des individus collectés. Sur la station 6 (Verger de la rue des Canadiens) seulement deux individus ont été collectés ce qui explique la faible longueur de la courbe. Les sites 3, 4 et 5 montrent des allures similaires. Pour ces sites le nombre d'espèces va croître avec le nombre d'individus collectés. Les sites 9, 8 et 7 montrent, à parité de nombre d'individus collectés, une allure se rapprochant des sites avec la plus grande diversité. Concernant le site 2, le nombre d'espèces découvertes est inférieur aux sites 3,4 et 5.

Aucune courbe présentée dans le graphique n'atteint l'asymptote signifiant que l'échantillonnage n'est pas complet.



**Figure 10 : courbes de raréfaction de l'échantillonnage au filet.** Les courbes de raréfaction permettent d'effectuer une interpolation du nombre d'individus selon le nombre d'espèces. Ce graphique a été généré en utilisant la fonction *recurve()*.

Suite à la visualisation des courbes de raréfaction, les nombres de Hill ont été calculés ainsi que leur raréfaction en prenant en compte cette fois-ci la couverture de l'échantillonnage (Tab.6).

**Table 6 :** tableau récapitulant la valeur des nombres de Hill pour chaque site ainsi que la valeur des nombres de Hill raréfiés selon les 3 premiers ordres de Hill.

N°	Sites	N0	N1	N2	N0r	N1r	N2r
1	Verger de l'Avenue de la Libération	10	7	5	3	2	2
2	Verger de la Chaussée de Maubeuge	9	6	5	3	2	2
3	Verger de la réserve Ronveaux	15	10	7	4	4	3
4	Verger de la route d'Obourg	15	10	8	4	4	3
5	Verger de la rue de la Bruyère	14	9	6	3	3	3
6	Verger de la rue des Canadiens	2	2	2	0	NaN	NaN
7	Verger de la rue du Boussoit	6	5	4	3	3	2
8	Verger de la rue du Porcelet	10	8	6	4	4	3
9	Verger du Chemin de la Procession	6	5	4	6	5	5

Les vergers montrant les nombres de Hill les plus élevés sont le verger de la réserve Ronveaux, de la route d'Obourg, de la rue du Pourcelet et du chemin de la Procession.

#### 4.1.2. Échantillonnage avec les pan traps

Le nombre total d'individus collectés avec les pan traps sur tous les sites est de 120. Encore une fois quatre familles sont représentées dans l'échantillon. Dans l'ordre d'abondance en nombre d'individus : Andrenidae, Megachilidae, Apidae et Halictidae (Tab. 7).

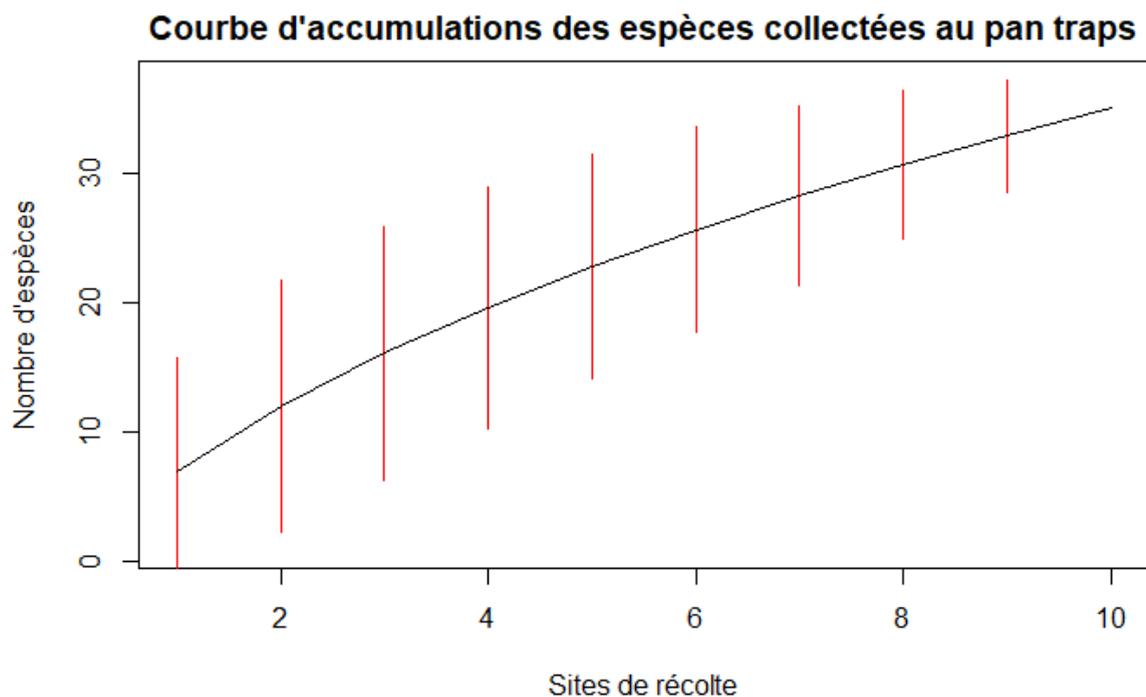
**Table 7 : Familles d'abeilles et statut UICN.** Le statut de chaque famille est fourni par la liste rouge de la Belgique. DD = Data deficient, LC = Least concern, NT = Near threatened, VU = Vulnerable, EN = Endangered, CR = Critically Endangered (Drossart et al., 2019).

Famille	Nombre d'individus collectés	Nombre d'espèces	DD	LC	NT	VU	EN	CR
Andrenidae	34	15	2	13	0	0	0	0
Megachilidae	32	4	0	4	0	0	0	0
Apidae	29	10	0	9	1	0	0	0
Halictidae	25	6	0	6	0	0	0	0
TOT	120	35	2	13	1	0	0	0

La famille la plus diversifiée est la famille des Andrenidae avec au total 34 individus collectés se répartissant dans 15 familles. La deuxième famille la plus diversifiée est celle des Apidae (10 espèces) suivies par les Megachilidae (4 espèces). Vient en dernier la famille des Halictidae avec au total 6 familles dénombrées.

##### 4.1.2.1. Complétude de l'échantillonnage

La courbe d'accumulation représentant la complétude de l'échantillonnage effectué aux pan traps est représentée par la figure suivante (Fig. 11). La courbe n'atteint pas le stade asymptote, également confirmé par l'extrapolation des estimateurs de richesse (Tab 8).



**Figure 11 : Courbe d'accumulation des espèces capturées avec les pan traps en fonction des sites.** La courbe d'accumulation permet d'évaluer la complétude de l'échantillonnage dans tous les sites (intervalle de confiance pour 9999 permutations aléatoires). La courbe a été réalisée avec la fonction *specaccum()*.

Grâce aux estimateurs de la richesse spécifique, nous pouvons considérer qu'entre 51 % et 81 % des espèces présentes dans les vergers ont été observées.

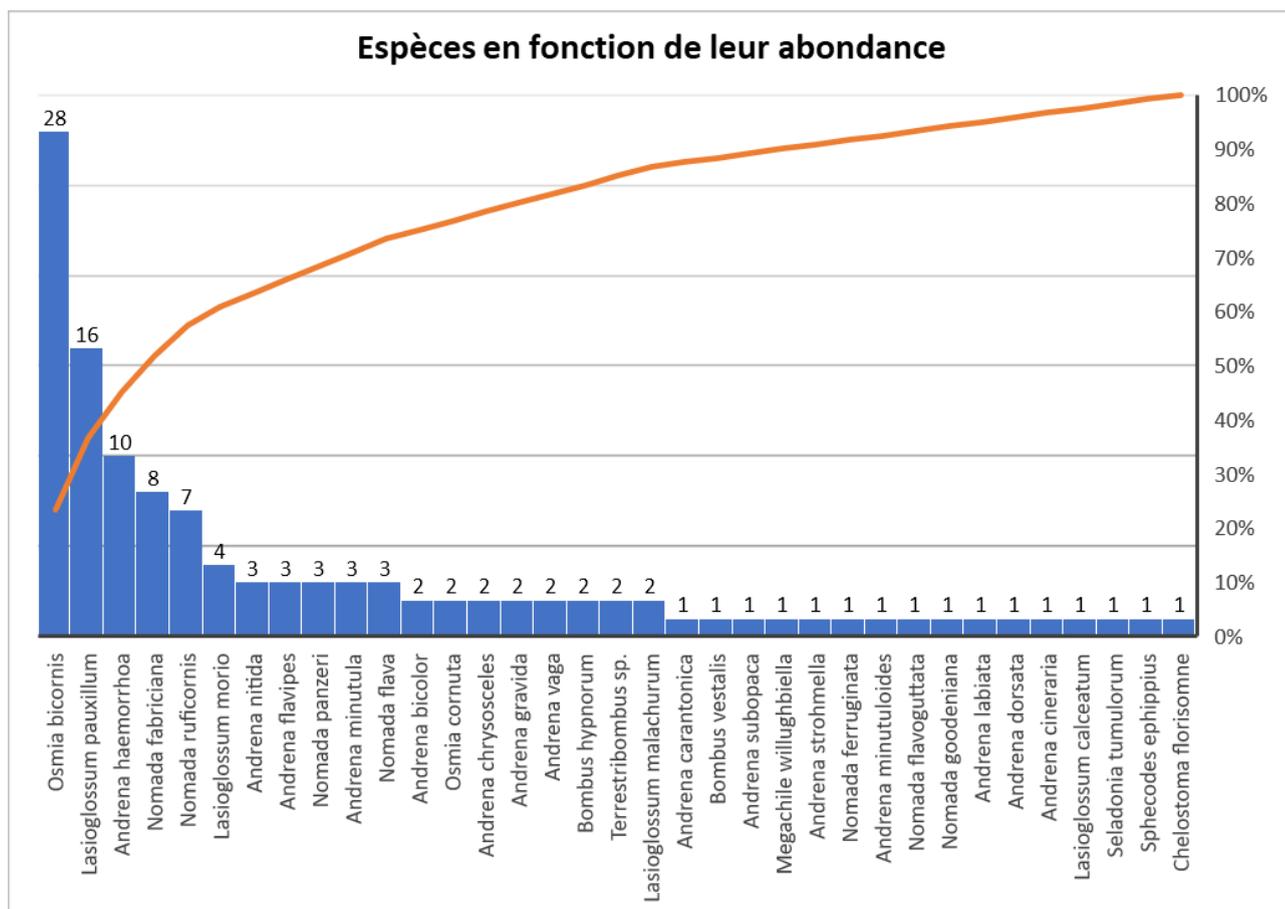
**Table 8 : Estimateurs de la richesse spécifique totale calculée pour les échantillons avec pan traps.** Quatre estimateurs de la richesse spécifique totale.

Espèces observées	Chao $\pm$ se	Jack1 $\pm$ se	Jack2	Bootstrap $\pm$ se
35	68 $\pm$ 20	54 $\pm$ 9	66	43 $\pm$ 4

#### 4.1.2.2. Description des communautés

Encore une fois, pour visualiser la distribution des espèces par rapport aux sites d'échantillonnage, une carte de chaleur a été générée (Fig. 12).

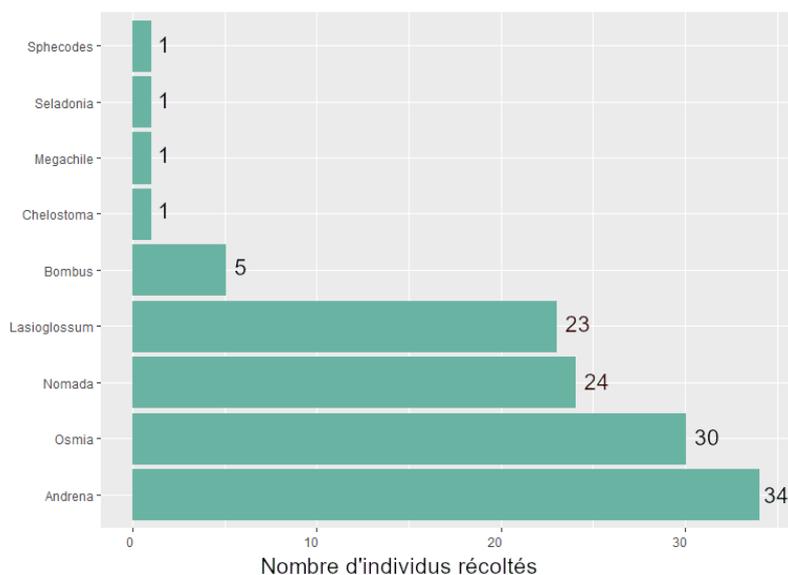




**Figure 13 : Diagramme de Pareto.** Rang d'abondance des espèces récoltées au filet associé au pourcentage cumulé de leur effectif.

La figure suivante (Fig. 13) représente les taxons collectés selon leur rang d'abondance. Deux espèces d'abeilles sauvages suffisent à représenter 50 % du nombre total d'espèces. Sur ce graphique il est également possible de voir le nombre de singletons (16 ou 45 %) et le nombre de doubletons (8 ou 22 %).

Dans la figure 14, les individus collectés sont cette fois-ci classés par genre. Les genres *Andrena* et *Osmia* dominent et sont directement suivis par les genres *Nomada* et *Lasioglossum*.



**Figure 14 : Graphique en barres représentant le nombre d'individus collectés pour chaque genre.** Répartition des individus récoltés au filet dans chaque genre. Ce graphique en barres a été effectué avec la fonction *ggplot* du package *ggplot2* (Wickham et al., 2016).

## 4.2. Couplage des outils de collecte

Dans le but de comparer les deux méthodes d'échantillonnages et de vérifier l'intérêt de les coupler, un test de Mantel a été effectué sur la dissimilarité de Bray-Curtis. La corrélation entre les matrices de distances appartenant aux échantillonnages au filet et au pan traps a été donc vérifiée.

En effectuant le test de Mantel, les valeurs suivantes de p-value et du coefficient de corrélation ont été calculés :

- Coefficient de corrélation  $r$  : -0,02525
- p-value : 0,349

Cette analyse statistique suggère une absence de corrélation. L'hypothèse nulle stipulant l'absence de corrélation n'est pas rejetée au seuil alpha de 5 %.

De plus, le résultat du test de Chi-carré montre un p-value très petite ( $p\text{-value} < 2.2 \cdot 10^{-16}$ ) et donc significative au seuil alpha de 5 %.

Pour mettre en avant la différence entre les deux méthodes de collectes, la table suivante reprend l'abondance et la diversité pour chacune (Tab. 9).

**Table 9 : table de comparaison des méthodes de collecte.** La table suivante présente l'abondance totale et la diversité des espèces pour les collectes au filet et au pan traps. L'abondance pour chaque famille est également représentée.

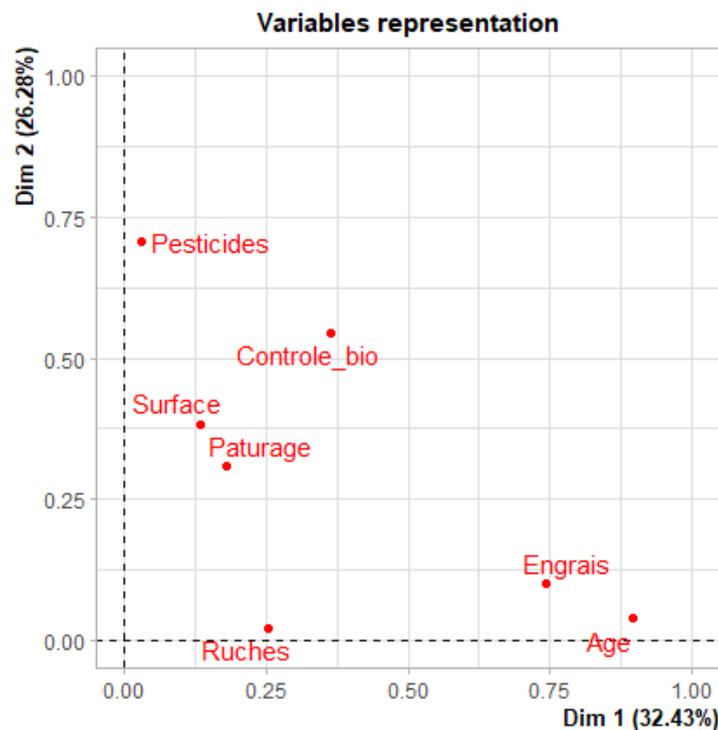
		<b>Filet</b>	<b>Pan traps</b>
Abondance Apidae	<i>Bombus</i>	116	5
	<i>Anthophora</i>	3	0
	<i>Nomada</i>	2	24
Abondance Megachilidae	<i>Osmia</i>	83	30
	<i>Megachile</i>	0	1
	<i>Chelostoma</i>	0	1
Abondance Andrenidae	<i>Andrena</i>	71	34
Abondance Halictidae	<i>Sphecodes</i>	0	1
	<i>Lasioglossum</i>	2	23
	<i>Seladonia</i>	0	1
	<b>Abondance totale</b>	277	120
	<b>Nombre d'espèces</b>	30	35

Il y a une différence entre les deux méthodes. Le filet présente une abondance totale supérieure à celle du pan trap. En revanche, cette dernière a permis d'observer une plus grande diversité en espèces. En outre, les pan traps ont permis d'observer également une plus grande diversité de genres à parité du nombre de familles. Les observations faites montrent 17 espèces communes entre les deux méthodes sur un total de 48 espèces. Un tableau comparant les espèces récoltées avec les deux méthodes est disponible dans l'annexe 8.1. Les espèces les plus observées par les deux méthodes sont, en premier lieu chez le genre *Osmia* avec *Osmia bicornis* et chez le genre *Andrena* avec *Andrena haemorrhoa*. Le genre *Bombus* est hautement retrouvé sur les fleurs des arbres et observé en moindre mesure dans les pièges. Plusieurs espèces de *Nomada* et de *Lasioglossum* sont beaucoup plus représentées dans les échantillons par pan traps. Les exemples les plus frappants sont ceux de *Nomada fabriciana* (8 individus) et *Lasioglossum pauxillum* (16 individus). Plusieurs espèces d'*Andrena* se partagent entre les deux méthodes, mais les effectifs restent faibles.

### 4.3. Comparaison des communautés et des sites

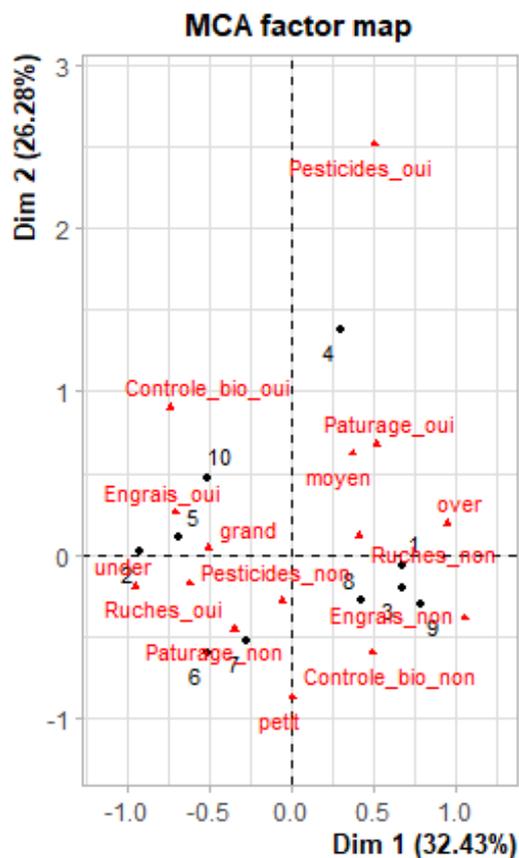
#### 4.3.1. Caractérisation et description des sites

Les vergers échantillonnés lors de cette étude étaient caractérisés par plusieurs variables. Pour rappel, la surface (grand, moyen, petit), l'âge (over, under) et la présence ou absence de pesticides, d'engrais, de ruches d'abeilles mellifères, de pâturage et de contrôle biologique. La méthode d'ordination d'analyse de correspondances multiples nous a permis de projeter sur deux axes les variables pour mieux visualiser l'association entre celles-ci.



**Figure 15 : représentation des variables MCA.** Le graphique décrit le lien entre chaque variable et les dimensions de la MCA.

Le premier graphique (Fig. 15) permet de décrire les dimensions de la MCA en se concentrant sur les variables étudiées. La première dimension est surtout liée aux variables âge, engrais et contrôle biologique. Elle est liée de manière moins forte aux variables ruches, pâturage, surface et enfin faiblement liée à la variable pesticide. La deuxième dimension est fortement liée aux variables pesticides, contrôle biologique ainsi qu'aux variables surface, pâturage et engrais. Cette dimension est moins liée aux variables âge et ruches.



**Figure 16 : graphique des modalités de la MCA.** Le graphique montre une représentation spatiale sur deux axes, des variables par rapport aux sites.

Dans le deuxième graphique (Fig. 16), nous pouvons voir que les sites en noir et les variables en rouge. Il est possible de distinguer des groupes entre les différents sites. En bas à droite, les sites 1, 3, 8 et 9 sont proches. En bas à gauche, le groupe des sites 6 et 7 ; en haut à gauche les sites 2, 5 et 10 forment un autre groupe et en haut à droite le site 4 tout seul.

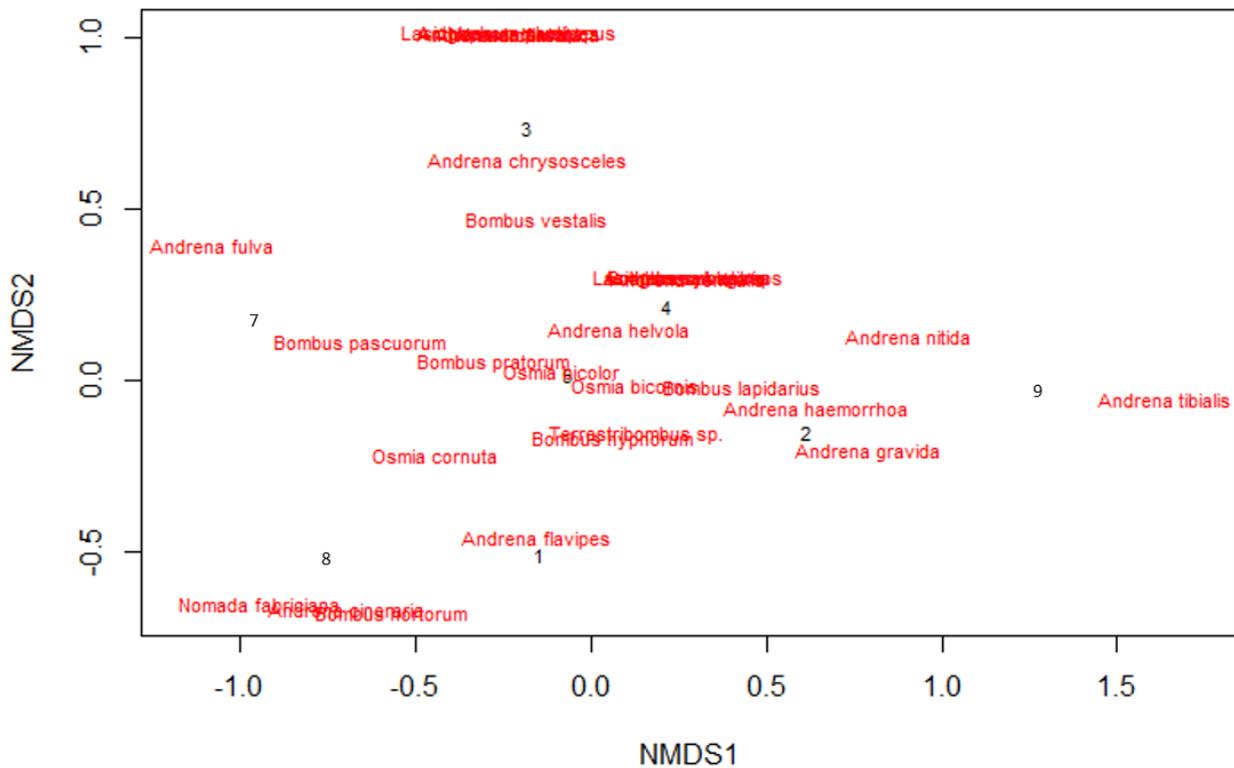
#### 4.3.2. Caractérisation des communautés

Pour améliorer la visualisation des données, une autre méthode d'ordination a été utilisée cette fois-ci sur les données concernant les communautés d'abeilles. Grâce à la NMDS nous pouvons mettre en avant la dissimilarité des communautés associées aux différents sites (Fig. 17).

Dans le graphique, nous voyons quelques sites qui se rapprochent. Les sites 4, 5 et 2 se trouvent plutôt au centre de la figure, les sites 1 et 8 sont proches également en bas à gauche. Les sites 3, 7 et 9 se retrouvent légèrement isolés.

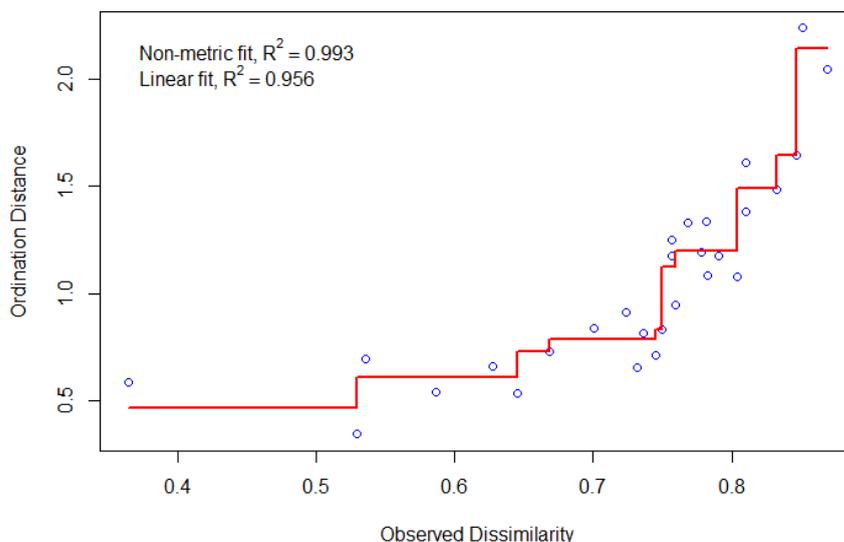
Nous voyons les espèces les plus communes entre plusieurs vergers situés plutôt au centre du graphique. Vers les extrémités du graphique, les espèces qui ont été observées sur

une ou deux stations. Souvent ces espèces correspondent aux singletons et aux doubletons. Pour citer un exemple, *Andrena tibialis* a été uniquement observé dans le site 8 (Verger du chemin de la Procession). De même, *Andrena fulva* a été retrouvé sur les sites 3 et 6 respectivement le verger de la réserve Ronveaux et le verger de la rue du Boussoit.



**Figure 17 : graphique de la méthode d'ordination NMDS.** Les sites sont en noir et les espèces d'abeilles en rouge. Ce graphique représente la répartition des distances des sites par rapport aux communautés.

La valeur de stress de la NMDS est de 0,07. Étant inférieure à 0,2, nous pouvons donc considérer que la représentation en deux dimensions est fidèle. La figure 18 montre le diagramme de Shepard. Basée sur la valeur de  $R^2$  nous pouvons considérer l'ordination satisfaisante.



**Figure 18 : le diagramme de Shepard.** Illustration de la qualité de la représentation de la NMDS.

Pour rappel, le site 6 n'a pas été pris en compte pour cette ordination, car en vue du faible nombre d'espèces observées sur ce site cela pourrait déformer l'ordination.

#### 4.4. Étude de cas

Dans cette partie, nous allons détailler cas par cas tous les sites. Les caractéristiques de chaque site sont décrites sous forme de variables dans la table 3. Le nombre d'arbres considérés dans chaque verger correspond aux arbres en fleurs (sur chaque site, tous les pommiers ont fleuri pendant la période de collecte). Les photos des vergers visités sont présentes dans l'annexe 8.5.

##### 4.4.1. Verger de l'Avenue de la Libération

Ce verger situé dans la ville de Ghlin, s'étend sur une surface de 0,5 hectare et accueille 5 pommiers. Au sein de ce verger, plusieurs espèces d'animaux de pâturage sont présentes (moutons, chèvres, poules et oies). Ceux-ci circulent sur le terrain toute l'année et ne dépassent pas les 10 individus. Aucune autre mesure d'entretien n'est utilisée. Dans ce verger, il a été possible d'observer 10 espèces d'abeilles différentes (Tab.10) :

**Table 10 : Espèces observées dans le site 1.** Liste des espèces et nombre de spécimens collectés dans le verger de l'Avenue de la Libération

Espèce	Nombre d'individus	Espèce	Nombre d'individus
<i>Andrena cineraria</i>	1	<i>Bombus pascuorum</i>	1
<i>Andrena haemorrhoa</i>	2	<i>Bombus pratorum</i>	1
<i>Andrena flavipes</i>	1	<i>Osmia bicornis</i>	9
<i>Bombus hortorum</i>	1	<i>Osmia cornuta</i>	8
<i>Bombus hypnorum</i>	3	<i>Terretribombus sp.</i>	3

L'âge des pommiers présents dans ce verger est d'environ 65 ans. Les abeilles du genre *Osmia* dominant sur les arbres de ce verger. Le genre *Bombus* et *Andrena* sont également représentés avec une plus faible abondance.

#### 4.4.2. Verger de la Chaussée de Maubeuge

Ce verger était caractérisé par une dizaine d'arbres de cerisier et de pommier d'environ 15 ans, s'étale sur une surface de 1,7 ha. Ici, le contrôle biologique consiste à un désherbage par gyrobroyeur. Le propriétaire ajoute de l'engrais organique (fumier de cheval) et des ruches d'abeilles domestiques sont présentes dans le verger (entre 5 et 10). Neuf espèces d'abeilles ont été observées sur ce site (Tab. 11).

**Table 11 : Espèces observées dans le site 2.** Liste des espèces et nombre de spécimens collectés dans le verger de la chaussée de Maubeuge

Espèce	Nombre d'individus	Espèce	Nombre d'individus
<i>Andrena gravida</i>	2	<i>Bombus pratorum</i>	4
<i>Andrena haemorrhoa</i>	12	<i>Osmia bicornis</i>	8
<i>Andrena nitida</i>	1	<i>Osmia cornuta</i>	1
<i>Bombus hypnorum</i>	3	<i>Terretribombus sp.</i>	9
<i>Bombus lapidarius</i>	1		

Au sein de ce site, *Andrena haemorrhoa* domine par rapport au nombre d'individus collectés. Viennent ensuite le genre *Bombus* avec le groupe *Terretribombus sp.* et *Bombus pratorum* et le genre *Osmia* avec *Osmia bicornis*.

#### 4.4.3. Verger de la réserve Ronveaux

Ce verger est localisé dans la réserve Ronveaux, site Natura 2000. Pour une taille inférieure à 0,2 ha, ce verger présente différentes variétés de pommiers (environ 5). Les espèces récoltées sur ce site sont listées dans la table 12. Il est également intéressant de préciser que ce verger est localisé dans une ancienne carrière de craie.

**Table 12 : Espèces observées dans le site 3.** Liste des espèces et nombre de spécimens collectés dans le verger de la réserve Ronveaux

Espèce	Nombre d'individus	Espèce	Nombre d'individus
<i>Andrena carantonica</i>	3	<i>Anthophora plumipes</i>	3
<i>Andrena chryseles</i>	2	<i>Bombus hypnorum</i>	1
<i>Andrena dorsata</i>	5	<i>Bombus pascuorum</i>	5
<i>Andrena fulva</i>	1	<i>Bombus vestalis</i>	1
<i>Andrena haemorrhoa</i>	4	<i>Lasioglossum xanthopus</i>	1
<i>Andrena nitida</i>	2	<i>Nomada flava</i>	1
<i>Osmia bicornis</i>	14	<i>Osmia cornuta</i>	10
<i>Terretribombus sp.</i>	1		

Au sein de ce verger, le genre *Osmia* est le plus abondant en termes de nombre d'individus collectés (*Osmia bicornis* et *Osmia cornuta*). À parité de nombre d'individus recensés, nous retrouvons également *Andrena dorsata* et *Bombus pascourom*. Dans ce site nous avons également observé *Lasioglossum xanthopus*, une espèce remarquable considérée en danger en Belgique (Drossart et al., 2019). Le verger de la réserve est un des plus diversifiés.

#### 4.4.4. Verger de la route d'Obourg

Le verger du site 4 comporte également différentes variétés de pommiers dans une surface de 0,4 ha dont les arbres (au nombre de 5) sont âgés d'environ 50 à 70 ans. Le contrôle biologique est effectué par désherbage thermique ou électrique ainsi que par tondeuse. De l'engrais (fumier séché) ainsi que des pesticides sont utilisés (insecticide, herbicide, fongicide). Des poules sont également présentes au sein du verger. Les 15 espèces retrouvées sur ce site sont présentées dans la table 13.

**Table 13 : Espèces observées dans le site 4.** Liste des espèces et nombre de spécimens collectés dans le verger de la route d'Obourg

Espèce	Nombre d'individus	Espèce	Nombre d'individus
<i>Andrena helvola</i>	3	<i>Bombus pascuorum</i>	5
<i>Andrena haemorrhoa</i>	10	<i>Bombus pratorum</i>	5
<i>Andrena nitida</i>	1	<i>Osmia bicornis</i>	13
<i>Andrena subopaca</i>	1	<i>Osmia cornuta</i>	3
<i>Andrena vaga</i>	3	<i>Terretribombus sp.</i>	3
<i>Andrena ventralis</i>	2	<i>Bombus hypnorum</i>	2
<i>Bombus lapidarius</i>	1	<i>Bombus sylvestris</i>	2
<i>Lasioglossum laticeps</i>	1		

Ici, deux espèces sont particulièrement abondantes par rapport aux autres : *Andrena haemorrhoa* et *Osmia bicornis*. Dans ce verger, nous avons observé également quelques représentants de l'espèce *Andrena helvola* (jamais recensé dans les derniers inventaires de la région).

#### 4.4.5. Verger de la rue de la Bruyère

Ce verger est localisé à proximité d'une carrière et s'étend sur une surface de 1 ha. Il comprend un grand nombre de pommiers de plusieurs variétés âgés d'environ 15 ans. Pour le contrôle biologique, le propriétaire utilise des nichoirs à mésanges et un fauchage manuel. Quatorze espèces d'abeilles ont été observées sur ce site (Tab. 14).

**Table 14 : Espèces observées dans le site 5.** Liste des espèces et nombre de spécimens collectés dans le verger de la rue de la Bruyère

Espèce	Nombre d'individus	Espèce	Nombre d'individus
<i>Andrena helvola</i>	3	<i>Bombus pascuorum</i>	4
<i>Andrena haemorrhoa</i>	3	<i>Bombus pratorum</i>	9
<i>Andrena nitida</i>	1	<i>Osmia bicornis</i>	4
<i>Andrena chryseles</i>	1	<i>Osmia cornuta</i>	1
<i>Andrena flava</i>	1	<i>Terretribombus sp.</i>	14
<i>Bombus vestalis</i>	1	<i>Bombus hypnorum</i>	6
<i>Bombus lapidarius</i>	1	<i>Osmia bicolor</i>	1

Dans ce verger ressortent un grand nombre d'individus faisant partie du complexe *Terrestibombus sp.* a été observé. D'autres espèces de bourdons sont également bien représentées ici (*Bombus pratorum* et *Bombus hypnorum*). Comme dans le site 4, quelques spécimens de *Andrena helvola* ont été recensés.

#### 4.4.6. Verger de la rue des Canadiens

Les arbres présents dans ce verger (0,12 ha) sont âgés d'environ 5 ans (2 arbres). Au sein de ce site, une ruche d'abeilles domestique est présente. Aucune autre mesure de gestion n'est utilisée. Les deux espèces rencontrées sur ce site sont présentes dans la table suivante (Tab.15).

**Table 15 : Espèces observées dans le site 6.** Liste des espèces et nombre de spécimens collectés dans le verger de la rue des Canadiens

Espèce	Nombre d'individus	Espèce	Nombre d'individus
<i>Bombus hypnorum</i>	1	<i>Osmia cornuta</i>	1

#### 4.4.7. Verger de la rue du Boussoit

Ce verger, d'une surface de 0,2 ha, accueille environ 5 arbres de pommier et de cerisier d'environ 10 ans. Ici, de l'engrais organique provenant du compost ménager est utilisé. Six espèces ont été observées sur ce site (Tab. 16).

**Table 16 : Espèces observées dans le site 7.** Liste des espèces et nombre de spécimens collectés dans le verger de la rue du Bousoit

Espèce	Nombre d'individus	Espèce	Nombre d'individus
<i>Andrena fulva</i>	1	<i>Bombus pratorum</i>	5
<i>Bombus hypnorum</i>	1	<i>Osmia bicornis</i>	1
<i>Bombus pascuorum</i>	3	<i>Osmia cornuta</i>	1

Au sein de ce verger, l'espèce la plus abondante en termes de nombre d'individus est *Bombus pratorum* suivie par une autre espèce du genre *Bombus*, *Bombus pascuorum*.

#### 4.4.8. Verger de la rue du Pourcelet

Le verger de la rue du Pourcelet s'étend sur 0,8 ha et comprend plus que 7 pommiers. Un fauchage manuel ainsi que des engrais organiques sont utilisés dans ce site. Des ruches sont également présentes, mais ont été installées en mai 2022 (cela correspond aux dates des dernières collectes). La table 17 résume les espèces observées sur ce site.

**Table 17 : Espèces observées dans le site 8.** Liste des espèces et nombre de spécimens collectés dans le verger de la rue du Pourcelet

Espèce	Nombre d'individus	Espèce	Nombre d'individus
<i>Andrena cineraria</i>	2	<i>Bombus pratorum</i>	1
<i>Andrena haemorrhoa</i>	2	<i>Nomada fabriciana</i>	1
<i>Bombus hortorum</i>	1	<i>Osmia bicornis</i>	1
<i>Bombus hypnorum</i>	2	<i>Osmia cornuta</i>	7
<i>Bombus pascuorum</i>	3	<i>Terretribombus sp.</i>	3

#### 4.4.9. Verger du Chemin de la Procession

Ce verger est caractérisé par une surface de 0,025 ha dans lequel 3 pommiers ont plus de 15 ans (valeur approximative). La gestion est uniquement entreprise par deux moutons (2 spécimens). Au sein de ce verger, les animaux de pâturage mangent très souvent l'écorce des arbres. Les espèces recensées sont présentes dans la table suivante (Tab. 18).

**Table 18 : Espèces observées dans le site 9.** Liste des espèces et nombre de spécimens collectés dans le verger du chemin de la Procession

Espèce	Nombre d'individus	Espèce	Nombre d'individus
<i>Andrena haemorrhoa</i>	3	<i>Bombus hypnorum</i>	1
<i>Andrena nitida</i>	1	<i>Bombus pratorum</i>	1
<i>Andrena tibialis</i>	1	<i>Osmia bicornis</i>	1

Dans ce site, un très faible nombre d'abeilles a été recensé. Les genres représentés sont le genre *Andrena* (3 espèces et 5 individus), le genre *Bombus* (2 espèces, dont 1 individu de chacune) et le genre *Osmia* (1 individu).

#### 4.4.10. Verger de la Cour des Dames

Le verger de la Cour des Dames, localisé à Saint-Denis, est le seul verger dans lequel toutes les collectes ont été considérées nulles. Ce verger d'une surface de 0,4 ha est caractérisé par 4 pommiers en fleurs et quelques cerisiers dont l'âge n'excède pas les 3 ans. Un fauchage manuel est effectué comme contrôle biologique et des engrais organiques tels que du crottin de cheval et des feuilles mortes sont utilisés. Des ruches sont présentes à proximité du site et des animaux du pâturage sont également présents (4 moutons).

## 5. Discussion

### 5.1. Échantillonnages et communautés d'abeilles

#### 5.1.1. Données des collectes au filet

Lors de cette étude, 277 individus, appartenant à 4 familles différentes, ont été collectés au filet sur la totalité des sites. Dans l'ordre d'abondance : Apidae (120 individus), Megachilidae (84 individus), Andrenidae (71 individus) et Halictidae (2 individus). Cet ordre change lorsqu'on prend en compte la diversité en espèces de chaque famille : Andrenidae (14 espèces), Apidae (11 espèces), Megachilidae (3 espèces) et Halictidae (2 espèces). Cet assemblage de familles a été également retrouvé dans d'autres études visant les populations d'abeilles sauvages dans les vergers (Weekers et al., 2022). Ici, le nombre de représentants de la famille des Halictidae est considérablement plus petit que les autres études (Weekers et al., 2022b). Les résultats de cette collecte sont néanmoins moins importants en termes de diversité et d'abondance par rapport à d'autres études. En effet, ce résultat était attendu, car cette étude s'est concentrée principalement sur des vergers familiaux s'étendant parfois sur des petites surfaces et caractérisés le plus souvent par un très faible nombre d'arbres en fleurs. De plus, les collectes se sont étendues sur une seule année pendant une très courte période. Au contraire, la majorité des études ont été menées sur de grandes surfaces agricoles à but productif et parfois s'étendant sur plusieurs années (Mallinger & Gratton, 2014 ; Kammerer et al., 2016 ; Weekers et al., 2022).

Ainsi, il est possible de s'apercevoir que l'effort de collecte n'a pas été suffisant pour observer la totalité des espèces présentes dans les vergers. En effet, en se basant sur les estimations, entre 61 % et 83 % des espèces présentes dans les vergers recensés ont été observés. Les résultats montrent également un grand nombre de singletons et doubletons (53 % des 30 espèces observées). Toutefois, la présence d'espèces rares découvertes lors d'échantillonnages serait un phénomène commun (Williams et al., 2001). De plus, sur certains sites, les collectes ont été considérées nulles, notamment pour le verger de la Cour des Dames dans lequel aucune abeille n'a été échantillonnée.

Comme introduit plus haut, l'efficacité de l'échantillonnage dépend fortement de l'effort de collecte (Leclercq et al., 2022 ; Westphal et al., 2008). Lors de cette étude, plusieurs biais peuvent être avancés. Pour commencer, il est possible de pointer l'expérience du collecteur. Les échantillonnages ont été menés principalement par l'auteur de cette étude (à l'exception d'une journée de récoltes) n'ayant pas beaucoup d'expérience avec un filet

télescopique. De plus, les collectes s'effectuent sur des arbres destinés à la production familiale de fruits, une certaine précaution a dû être prise pour ne pas abîmer un trop grand nombre de fleurs. Malgré cela, certaines petites espèces ont pu être observées grâce à un complément de piégeage, les pan traps. Cette méthode sera discutée plus loin. Un autre biais non négligeable est la variation des conditions météorologiques rencontrées en début de printemps. En effet, le déroulement des collectes a été souvent impacté par les faibles températures, la présence de pluie, le ciel gris, etc. affectant l'activité des abeilles. L'échantillonnage couvrant toute la période de floraison des pommiers (toutes variétés confondues), lors des derniers jours de collecte, la quantité en fleurs était particulièrement réduite ainsi que leur attractivité. Enfin, au même titre que les autres facteurs impactant l'échantillonnage, les variables décrivant chaque site ont apporté des biais lors de cette étude. Ceci sera discuté plus loin.

Si l'on se concentre sur l'abondance des individus par genre, on remarque que les taxons les plus abondants sont, dans l'ordre, le genre *Bombus*, *Osmia* et *Andrena*. Cette composition n'est pas surprenante, car les espèces d'abeilles retrouvées dans ces trois genres sont souvent associées aux vergers (Mallinger & Gratton, 2014 ; Kammerer et al., 2016 ; Weekers et al., 2022). Les espèces les plus abondantes sont dans l'ordre *Osmia bicornis*, *Terrestribombus sp.*, *Andrena haemorrhoea* et *Osmia cornuta*. La première espèce est trouvée très souvent dans les vergers. En effet, *Osmia bicornis* se développe bien dans cet habitat dans lequel elle trouve des ressources florales et des espaces pour la nidification (Fliszkiewicz et al., 2015 ; Krunić & Stanisavljević, 2016). Ceci est également le cas pour *Osmia cornuta* et c'est d'ailleurs pour cela qu'elles sont de plus en plus commercialisées (Krunic & Stanisavljević, 2016). La grande abondance de l'ensemble *Terrestribombus sp.* peut être facilement déductible par leur caractère ubiquiste (Folschweiller et al., 2020). *Andrena haemorrhoea* a été souvent rencontré dans des recensements dans des vergers belges (Jacob-Remacle, 1989) et butine couramment sur les arbres fruitiers (Falk, 2019). Viennent ensuite d'autres espèces de *Bombus* tels que *Bombus pratorum*, *Bombus Pascuorum* et *Bombus hypnorum*. Il n'est pas étonnant d'avoir observé ces espèces, car elles sont très abondantes dans la commune de Mons (Fiordaliso, 2020 ; Reese, 2021) et peuvent butiner sur un grand choix floral (Folschweiller, 2020).

### 5.1.2. Données des collectes avec les pan traps

Au total, 120 individus appartenant aux mêmes familles ont été observés avec des abondances différentes : Andrenidae (34 individus), Megachilidae (32 individus), Apidae (29

individus) et Halictidae (25 individus). Encore une fois, cet assemblage est communément retrouvé dans les vergers (Mallinger & Gratton, 2014 ; Kammerer et al., 2016 ; Weekers et al., 2022).

Comme dans le cas précédent, la complétude de l'échantillonnage n'est pas maximale. Ceci est confirmé par la courbe d'accumulation n'atteignant pas une allure asymptotique et par l'extrapolation des estimateurs. Ici, nous pouvons estimer qu'entre 51 % et 81 % des espèces ont été observées.

L'utilisation de cette méthode d'échantillonnage a également cumulé certains biais. L'instabilité des conditions météo a encore une fois eu un impact sur l'activité des abeilles. Un autre biais a été la courte durée d'exposition des pan traps. En effet, ceux-ci sont restés sur les sites pour une durée d'environ 6 h à cause de raisons organisationnelles. Dans la littérature, plusieurs exemples montrent qu'une plus longue exposition améliore l'efficacité de cette méthode, car une plus longue exposition permet de couvrir les horaires de vol de plus d'espèces (Kammerer et al., 2016).

Les espèces les plus abondantes sont dans l'ordre *Osmia bicornis*, *Lasioglossum pauxillum* et *Andrena haemorrhoa*. Les femelles de *Lasioglossum pauxillum* émergent en avril, et se retrouvent de plus en plus en Belgique (Falk, 2019). Entre autres, elle butine sur des espèces à floraison printanière et peut être associée à des sols calcaires (Falk, 2019). Il n'est donc pas étonnant de l'avoir observé en grandes quantités dans les vergers de la réserve Ronveaux, une ancienne carrière de craie.

## 5.2. Couplage des outils de collecte

Dans cette étude, nous avons accordé un plus grand intérêt aux abeilles présentes sur les arbres fruitiers. Malgré cela, il a été quand même intéressant d'analyser l'assemblage des spécimens associés à l'environnement des vergers. Pour cela, deux méthodes d'échantillonnage, dont l'efficacité a été décrite dans le point précédent, ont été couplées lors des collectes.

Plusieurs points peuvent être mis en avant pour décrire les assemblages issus des deux méthodes. D'un point de vue d'abondance en individus, l'échantillonnage au filet a permis de collecter un nombre d'individus plus grand par rapport au pan trap. Du point de groupes taxonomiques observés, nous avons observé le même nombre de familles avec les deux méthodes, mais les pan traps nous ont permis d'observer un plus grand nombre de genres (9). Cette dernière a également permis d'observer une plus grande variété en nombre d'espèces.

Au total, les deux échantillonnages partagent 17 espèces, sur un total de 48 espèces observées. Ces deux méthodes permettent donc d'observer une plus grande diversité sur un site donné.

En se penchant sur les espèces partagées par les deux méthodes, ressort particulièrement la grande abondance d'*Osmia bicornis*. En effet, cette espèce privilégie les fleurs d'arbres fruitiers et est donc souvent présente dans les vergers (Krunić & Stanisavljević, 2006 ; Haidet et al., 2013). Pour cette raison, cette espèce est souvent introduite artificiellement dans les vergers extensifs (Krunić & Stanisavljević, 2006). De même, *Andrena haemorrhoa* est une espèce d'abeille très souvent rencontrée dans les vergers européens (Wittmann et al., 2005). De manière générale, les abeilles du genre *Andrena* montrent une grande variété d'espèces chez les deux méthodes.

En nous focalisant sur les espèces montrant des effectifs différents entre les échantillonnages nous trouvons par exemple le genre *Bombus*. Ce genre est beaucoup plus présent dans l'assemblage des collectes effectuées au filet. Comme le montre la littérature, les bourdons, et plus généralement de grandes espèces d'abeilles comme le genre *Anthophora*, sont difficilement collectés avec des pièges colorés (Baum & Wallen, 2011 ; Roulston et al., 2007). Un autre exemple représentatif de la différence d'efficacité entre les méthodes est observable par la famille des Halictidae. Les pan traps ont été plus efficaces pour obtenir une plus grande abondance et variété en genres chez ce taxon (Portman, 2020 ; Leclercq et al., 2022). Enfin, la même tendance est remarquable chez le genre *Nomada*, où une plus grande diversité en espèces ainsi que leur abondance a été majoritairement observée avec les pan traps. Ces taxons, ayant une taille plus petite et comportant des espèces nichant au sol, seront plus facilement collectés avec les pièges colorés (Templ et al., 2019 ; Cane et al., 2000 ; Leclercq et al., 2022).

Finalement, nous pouvons supposer ces deux méthodes de collecte comme étant complémentaires lors d'études de diversité d'abeilles sauvages dans les vergers, apportant une meilleure couverture selon les différentes strates (arborescente, arbustive et herbacée). Ceci a été également le cas dans d'autres études. Malgré cela, pour éliminer certains biais basés sur l'expérience du récolteur, pour une plus faible demande d'effort ainsi que pour obtenir une plus grande diversité en genres, certains auteurs privilégient toujours les collectes exclusivement au pan traps (Kammerer et al., 2016).

### 5.3. Impact des pratiques de gestion et caractéristiques des vergers

#### 5.3.1. Impact sur la diversité et l'abondance

Plusieurs facteurs ont été analysés. Pour commencer, il est possible de remarquer une différence parfois flagrante, entre l'abondance en espèces de certains sites par rapport à d'autres. Les sites les plus abondants en espèces (1, 3, 4, 5 et 8) possèdent une taille supérieure à 0,2 ha. Une taille plus grande permettrait d'avoir un nombre plus grand d'arbres à fruit (Köhler, 2019), une plus grande diversité en sites de nidification et, en général, une plus grande abondance en ressources. Ici, la diversité florale ne semble pas avoir un impact sur la présence des abeilles. En effet, les sites ne présentent jamais une diversité excédant les 5 espèces (arbres fruitiers compris). Néanmoins, la littérature montre qu'une plus grande diversité florale engendre une plus grande diversité en abeilles (Potts et al., 2003).

Il semblerait que les vergers âgés d'au moins 15 ans accueillent un plus grand nombre d'espèces. Ceci pourrait être associé à la quantité des ressources plus abondantes produites par les fleurs d'arbres plus âgés ainsi que par les changements du terrain dus au développement des arbres (Devoto et al., 2012). Cela pourrait s'expliquer par le fait que les individus plus jeunes privilégient le développement végétatif (Djaballah & Hebal, 2017 ; Baril, 2017).

De la même façon, les ruches d'abeilles domestiques ne sont pas présentes dans les sites les plus abondants. Cependant, au sein de certains vergers montrant une abondance satisfaisante, des ruches sont présentes. Ceci est par exemple le cas du verger 2 et 8. Nous pouvons déduire que les abeilles domestiques ont un impact sur l'abondance des abeilles sauvages et instaurent une compétition pour les ressources (Ropars et al., 2020 ; Weekers et al., 2022).

L'utilisation d'engrais concerne environ la moitié des vergers étudiés. Uniquement des engrais organiques de type fumier sont ajoutés, mais cette pratique ne semble pas avoir un impact sur l'abondance et la diversité des abeilles. De plus, des pesticides ont été utilisés sur un seul site lequel montre une très grande abondance. À cause de cela, il est difficile de s'avancer sur l'impact que ces produits pourraient avoir sur les abeilles à cette échelle. Toutefois, on pourrait imaginer qu'une utilisation excessive ne serait pas conseillée à cause des effets que cette pratique pourrait avoir sur la flore et par conséquent la faune de pollinisateurs. (Carvalho et al., 2019 ; Bernauer et al., 2015).

La présence d'animaux de pâturage ne semble pas avoir une très grande influence sur l'abondance des abeilles. Plusieurs cas de figure sont présents dans cette étude. Sur les quatre

vergers montrant une plus grande diversité, seulement 2 accueillent des animaux. On aurait pu être tentés de penser que le pâturage aurait engendré une plus grande différence entre les communautés (Thapa-Magar et al., 2020 ; Davidson et al., 2020). Ce manque de différence est probablement dû au fait que, pour n'importe quel site, le nombre de plantes à fleurs était très faible malgré la présence ou pas d'animaux. Cela pourrait être également dû à la mauvaise connaissance de la part des propriétaires concernant la quantité et le nombre de bétail pouvant être intégrés sur un terrain ainsi que de mauvaises pratiques de gestion.

Concernant le contrôle biologique, une différence se remarque dans les sites qui utilisent cette pratique (pour rappel, seulement du désherbage mécanique est entrepris dans ces vergers). En effet, les vergers entretenus par du désherbage abritent une grande abondance (2, 4 et 5). Cette pratique, si effectuée selon un calendrier, pourrait engendrer le turn-over des fleurs bénéficiant aux abeilles (Pffner, 2016). Nous n'avons pas plus d'informations sur l'application de cette méthode, mais on pourrait avancer qu'un désherbage trop fréquent pourrait diminuer de façon non négligeable le nombre de plantes à fleurs accessibles aux abeilles sauvages. Le verger de la rue de la Bruyère héberge également plusieurs nids de mésanges.

Concentrons-nous sur les vergers possédant la plus basse diversité. Ceci est l'exemple du site 6, 7 et 9 (respectivement verger de la rue des Canadiens, verger de la rue du Boussit et verger du chemin de la Procession). Ces sites sont caractérisés par une plus faible surface et par un âge ne dépassant pas les 15 années (à l'exception du site 9). Ces deux facteurs semblent être la cause principale entraînant la hausse de la diversité. De plus, ces sites ayant une plus petite surface offrent moins de ressources pour les abeilles. Concernant les sites 6 et 9, il est également intéressant d'ajouter que les arbres, ayant subi une taille sévère (hors saison ou mauvaise manipulation), présentaient un faible nombre de fleurs (Wilson, 2000).

Comme cité plus haut, au sein du verger de la Cour des Dames, aucune abeille n'a été collectée au filet. Dans ce site, caractérisé par une grande surface, les arbres étaient très jeunes et donc incapables de produire une quantité suffisante de fleurs (Baril, 2017). Ceci a probablement eu un impact sur la présence d'abeilles.

### 5.3.2. Espèces remarquables

Il est intéressant de mettre l'accent sur certaines espèces observées lors de cette étude. Premièrement, *Andrena helvola* une espèce d'Andrenidae dont le statut UICN est estimé vulnérable selon la liste rouge des abeilles de la Belgique (Drossart et al., 2019). Elle a été

observée sur deux sites (verger de la route d'Obourg et de la rue de la Bruyère). Dans les recensements précédemment effectués dans la région, cette espèce n'a jamais été observée (Reese, 2021 ; Fiordaliso, 2020 ; Cosse 2019). *Andrena helvola* est une espèce univoltine volant entre avril et juin (Westrich, 2018) laquelle visite les arbres fleurissant au printemps comme les pommiers (Falk, 2019). On peut retrouver *A. helvola* dans des bois structurés ainsi que dans d'anciennes carrières (Falk, 2019). Le verger de la rue de la Bruyère est notamment situé à proximité d'une carrière. Les sites étaient caractérisés plus particulièrement par un âge avancé et une grande superficie. Au sein de ces sites, des ruches d'*Apis mellifera* n'étaient pas présentes et du désherbage manuel est effectué. Ceci pourrait nous alerter sur l'efficacité de ces méthodes de gestion et nous permet de souligner l'importance de vergers pour la conservation d'espèces particulières.

Deuxièmement, *Lasioglossum xanthopus* de la famille des Halictidae. Selon la liste rouge belge des abeilles, cette espèce est considérée en danger en Belgique et quasi menacée en Europe (Drossart et al., 2019). Le spécimen a été observé au sein du verger de la réserve Ronveaux (Westrich, 2018). Cette espèce a été également difficilement trouvée dans la région de Mons (Reese, 2021 ; Fiordaliso, 2020 ; Cosse 2019). Cela dit, d'autres espèces rares ont été également observées dans ce site lors d'études précédentes (Fiordaliso, 2020).

Enfin, nous pouvons imaginer que ces espèces n'ont pas été recensées avant dans la commune de Mons à cause de la différence méthodologie de collecte. En effet, cette étude a visé exclusivement les fleurs des arbres fruitiers (avec un filet télescopique) contrairement aux autres inventaires (Reese, 2021 ; Fiordaliso, 2020 ; Lefebvre, 2021).

#### 5.4. Perspectives d'actions de gestion des vergers

Au cours de cette étude, nous avons associé à chaque verger des variables pouvant décrire leur mode de gestion. Nous avons ensuite fait le lien entre ces variables et les espèces d'abeilles sauvages associées ainsi que leur abondance et diversité. Il est impossible de prévoir un plan de gestion pour améliorer la biodiversité des abeilles à partir des données collectées ici. Toutefois, nous pouvons nous appuyer sur quelques caractéristiques ressortant de cette étude et les compléter par la littérature.

En premier lieu, il est préférable d'avoir une superficie du terrain supérieure à 0,2 ha. Cela permettrait le développement de plusieurs arbres à fleurs. En effet, dans le cas des pommiers haute-tige, ceux-ci doivent être plantés à une distance d'environ dix mètres (Köhler, 2019) pour le bon développement des racines. De plus, nous avons remarqué que des arbres trop jeunes vont attirer un nombre moindre d'abeilles à cause de la production d'une

plus petite quantité de fleurs (Djaballah & Hebal, 2017). Bien sûr, l'âge et la surface du verger ne sont pas des facteurs maîtrisables par les propriétaires. D'autres actions vont donc être intéressantes pour l'amélioration de la diversité. Concernant le mode de gestion du sol, nous ne pouvons pas déduire les effets des pesticides ou d'engrais (organique ou non) en nous basant sur les conclusions de cette étude. Malgré cela, à partir de la littérature, nous pouvons avancer que certains produits chimiques seraient nuisibles aux abeilles (Carvalho et al., 2019 ; Bernauer et al., 2015). Au contraire, il serait préférable de protéger la florale déjà présente au sol pour augmenter la diversité en fleurs (Park et al. 2012). Pour faire cela, il est possible de planter des fleurs sauvages indigènes, mettre en place des bandes fleuries ou encore construire des haies (Pfiffner et al., 2018; Park et al. 2012).

Encore une fois, à partir de cette étude nous ne pouvons pas affirmer l'efficacité de la présence de pâturage en termes de diversité. Il faudra à nouveau se fier à la littérature en précisant qu'une bonne gestion des animaux de pâturage pourrait améliorer la diversité (Hevia et al., 2016). Ce mode de gestion doit être toutefois modéré pour préserver des assemblages de plantes à fleurs plus diversifiés dans le but d'attirer plus d'abeilles (Hevia et al., 2016 ; Kimoto et al., 2012). On pourrait imaginer que la présence excessive d'animaux couplés avec une gestion par désherbage diminuerait considérablement le nombre de fleurs présentes au sol. Néanmoins, un désherbage mécanique permettrait d'éliminer sélectivement les herbes indésirées et conserver celles qui sont bénéfiques aux pollinisateurs (Nicholls & Altieri, 2013).

Un autre point important concerne la présence d'abeilles mellifères. Il ne serait pas conseillé d'intégrer des ruches d'abeilles domestiques pouvant limiter l'accès des ressources d'autant plus que la pollinisation de celles-ci est moins efficace (Weekers et al., 2022b ; Weekers et al., 2022).

Enfin, il est fondamental de citer les sites de nidification. La nidification des abeilles sauvages varie selon l'espèce, mais les abeilles visitant fréquemment les vergers nidifient le plus souvent dans le sol ou dans des cavités. Il devint donc intéressant de se renseigner sur les espèces présentes sur un site et d'aménager en conséquence le verger (Biddinger, 2018). Pour citer quelque exemple, il est possible de mettre à nu des portions de sol pour qu'elles soient exposés au soleil, diminuer le travail du sol sur des grandes profondeurs pour ne pas déranger les sites de nidification, laisser certaines zones d'hautes herbes ou encore, pour des espèces comme les osmies, aménager des blocs de bois percés par des trous (Biddinger, 2018).

## 6. Conclusion

Lors de cette étude, 277 individus faisant partie de 4 espèces différentes ont été recensés au filet. La collecte au pan traps a permis cette fois-ci la collecte de 120 individus faisant partie des mêmes familles. Au total, 47 espèces d'abeilles sauvages ont été observées dans les vergers de la commune de Mons. Néanmoins, l'échantillonnage n'étant pas complet, d'autres espèces sont encore à trouver.

Tout d'abord, nous avons comparé l'efficacité entre deux méthodes d'échantillonnage. Le couplage de la collecte au filet et au pan traps a été intéressant pour augmenter les données concernant les espèces associées de l'entièreté des vergers.

Finalement, nous avons analysé les principaux facteurs de gestion des vergers par rapport à la diversité de chaque site. La surface et l'âge pourraient expliquer en premier lieu la hausse de la diversité. Ensuite, la gestion biologique par désherbage et l'absence de ruches pourraient également améliorer cette diversité. Les autres facteurs analysés tels que l'utilisation d'engrais, de pesticides et la présence d'animaux de pâturage demandent des analyses supplémentaires pour constater un impact sur les vergers privés de la commune de Mons. Lors de cette étude, nous avons également observé des espèces remarquables, jamais trouvées dans les recensements effectués les années précédentes. Une faune d'abeille singulière pourrait donc s'abriter au sein des vergers révélant le grand intérêt de ces milieux pour la conservation de certaines abeilles.



## 7. Références bibliographiques

Abdi, Hervé, and Dominique Valentin. "Multiple correspondence analysis." *Encyclopedia of measurement and statistics 2.4* (2007): 651-657.

Barbier, Y., Rasmont, P., Dufrene, M., & J.-M, S. (2013). *Data Fauna-Flora Guide d'Utilisation*. Version 4.0.

Baril, Marianne (2017). *Mon pommier fait tout, sauf des pommes! Planète Jardin*. Consulté le 12-08-2022.

Baum, Kristen A., and Kenneth E. Wallen. "Potential bias in pan trapping as a function of floral abundance." *Journal of the Kansas entomological society* 84.2 (2011): 155-159.

Béguinot, Jean. "Biodiversité: comment tirer le meilleur parti des inventaires incomplets: illustrations de la procédure d'extrapolation au moyen de quelques exemples d'applications concrets." *Revue scientifique Bourgogne-Nature* 25 (2017): 131-144.

Bernauer, Olivia M., Hannah R. Gaines-Day, and Shawn A. Steffan. "Colonies of bumble bees (*Bombus impatiens*) produce fewer workers, less bee biomass, and have smaller mother queens following fungicide exposure." *Insects* 6.2 (2015): 478-488.

DAVE BIDDINGER, (2018). *Orchard pollination : wild bees*. Penn State Extension.

BIODIMESTICA | Patrimoine fruitier & légumier des Hauts-de-France et de Wallonie. Consulté le 30 juillet 2022.

Borcard, Daniel, François Gillet, and Pierre Legendre. *Numerical ecology with R*. Vol. 2. New York: Springer, 2011.

Bosch, Jordi, and William Paul Kemp. "How to manage the blue orchard bee as an orchard Cane, James H., Robert L. Minckley, and Linda J. Kervin. "Sampling bees (Hymenoptera: Apiformes) for pollinator community studies: pitfalls of pan-trapping." *Journal of the Kansas entomological society* (2000): 225-231. pollinator." (2001).

Cane, James H., Robert L. Minckley, and Linda J. Kervin. "Sampling bees (Hymenoptera: Apiformes) for pollinator community studies: pitfalls of pan-trapping." *Journal of the Kansas entomological society* (2000): 225-231.

Cant'ADEAR (2014). *Arboriculture Fruitières Se former aux techniques arboricoles pour diversifier ses productions*

Carrié, Romain. *Hétérogénéité des paysages et des pratiques agricoles-Effets sur la diversité des abeilles sauvages et la pollinisation*. Diss. 2016.

Carvalho, L., Biesmeijer, J., Franzén, M., Aguirre-Gutiérrez, J., Garibaldi, L., Helm, A., Mi-chéz, D., Pöyry, J., Reemer, M., Schweiger, O., Berg, L., Wallisdevries, M., &

Kunin, W. (2019). Soil eutrophication shaped the composition of pollinator assemblages during the past century. *Ecography*, 43. <https://doi.org/10.1111/ecog.04656>

Champely, S., Ekstrom, C., Dalgaard, P., Gill, J., Weibelzahl, S., Anandkumar, A., ... & De Rosario, M. H. (2018). Package 'pwr'. R package version, 1(2).

Chansigaud, Jacques. "Répartition des vols d'abeilles sauvages dans quelques vergers de la région parisienne au cours des années 1969 et 1970." *Apidologie* 3.3 (1972): 263-273.

Chao, Anne, and Lou Jost. "Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size." *Ecology* 93.12 (2012): 2533-2547.

Coppée, J. L., & Noiret, C. (2008). Les vergers traditionnels et les alignements d'arbres têtards.

Corroyer, N. (2017). Pâturage de vergers de pommiers en France. *Agroforesterie INNOVATION*. [www.agforward.eu](http://www.agforward.eu)

Cosse M. (2019). Étude des communautés d'abeilles sauvages en fonction d'un gradient d'urbanisation au sein de la commune de Mons, Hainaut, Belgique. Mémoire de Master 2 en Sciences biologiques, Université de Mons, Mons, 95p.

Coulon, F. et Pointereau, P. (2017). Concevoir son pré-verger et valoriser ses fruits - Solagro

Danforth, Bryan N., et al. "The history of early bee diversification based on five genes plus morphology." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103.41 (2006): 15118-15123.

Danforth, Bryan N., et al. *The solitary bees: biology, evolution, conservation*. Princeton University Press, 2019.

Davidson, K. E., Fowler, M. S., Skov, M. W., Forman, D., Alison, J., Botham, M., ... & Griffin, J. N. (2020). Grazing reduces bee abundance and diversity in saltmarshes by suppressing flowering of key plant species. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 291, 106760.

Delassus L. (2015). Guide de terrain pour la réalisation des relevés phytosociologiques. Brest : Conservatoire botanique national de Brest, 25 p., annexes (document technique).

Devoto, Mariano, et al. "Understanding and planning ecological restoration of plant-pollinator networks." *Ecology letters* 15.4 (2012): 319-328.

Dexter, E., Rollwagen-Bollens, G., & Bollens, S. M. (2018). The trouble with stress: A flexible method for the evaluation of nonmetric multidimensional scaling. *Limnology and Oceanography: Methods*, 16(7), 434-443.

*DIVERSIFRUIT*, « Réseau Wallon des Vergers Conservatoires ». Consulté le 30 juillet 2022.

DJABALLAH, M., & HEBAL, F. (2017). Effet des différentes catégories d'âge de l'arbre sur le comportement de quelques variétés d'abricotier (*Prunus armeniaca* L.) dans la région de Ouadah (Magra) wilaya de M'sila (Doctoral dissertation, Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila).

Drossart M., Rasmont P., Vanormelingen P., Dufrêne M., Folschweiller M., Pauly A., Vereecken N. J., Vray S., Zambra E., D'Haeseleer J. & Michez D. (2019). Belgian Red List of Bees. Belgian Science Policy 2018 (BRAIN-be - (Belgian Research Action through Interdisciplinary Networks). Mons: Presse universitaire de l'Université de Mons. 140 p

Escofier, Brigitte, and Jérôme Pagès. "Analyses factorielles simples et multiples." Dunod, Paris (1998): 284.

Falk, Steven. Field guide to the bees of Great Britain and Ireland. Bloomsbury Publishing, 2019.

Fayet, Agnès. "La Pollinisation du poirier." 2016.

Fayet, Agnès. "La Pollinisation du pommier." 2016.

Fiordaliso, W., 2020, Structure des communautés d'abeilles sauvages au sein du paysage montois : Etude en vue de l'élaboration d'un plan d'action. Mémoire de fin d'études de Master en Sciences Biologiques. Université de Mons, Laboratoire de Zoologie.

Fliszkiewicz, Monika, A. N. N. A. Kuśnierczak, and Bożena Szymaś. "Reproduction of the red mason solitary bee *Osmia rufa* (syn. *Osmia bicornis*)(Hymenoptera: Megachilidae) in various habitats." *EJE* 112.1 (2015): 100-105.

Földesi, R., Kovács-Hostyánszki, A., Kőrösi, Á., Somay, L., Elek, Z., Markó, V., ... & Báldi, A. (2016). Relationships between wild bees, hoverflies and pollination success in apple orchards with different landscape contexts. *Agricultural and Forest Entomology*, 18(1), 68-75.

Folschweiller M., Hubert B., Rey G., Barbier Y., D'Haeseleer Y., Drossart M., Lemoine G., Proesmans W., Rousseau-Piot J.S., Vanappelghem C., Vray S., Rasmont P., (2020). Atlas des bourdons de Belgique et du nord de la France, 151pp.

Footitt, R. G., & Adler, P. H. (Eds.). (2009). *Insect biodiversity: science and society*. John Wiley & Sons.

Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., ... & Klein, A. M. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *science*, 339(6127), 1608-1611.

Gathmann, A., & Tschardt, T. (2002). Foraging ranges of solitary bees. *Journal of animal ecology*, 71(5), 757-764.

Gérard, M., Vanderplanck, M., Wood, T., & Michez, D. (2020). Global warming and plant–pollinator mismatches. *Emerging topics in life sciences*, 4(1), 77-86.

Gerbeaud. Les différentes formes des fruitiers. Isabelle C. (2021) Consulté le 11 janvier 2022.

Gibbs, J., Joshi, N. K., Wilson, J. K., Rothwell, N. L., Powers, K., Haas, M., ... & Isaacs, R. (2017). Does passive sampling accurately reflect the bee (Apoidea: Anthophila) communities pollinating apple and sour cherry orchards?. *Environmental Entomology*, 46(3), 579-588.

Gotelli, N. J., & Colwell, R. K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology letters*, 4(4), 379-391.

Groupe PRDA biodiversité, s.d. Les hyménoptères parasitoïdes ou « guêpes » parasitoïdes. FLASH BIODIVERSITÉ N°7

Haider, M., Dorn, S., Sedivy, C., & Müller, A. (2014). Phylogeny and floral hosts of a predominantly pollen generalist group of mason bees (Megachilidae: Osmiini). *Biological Journal of the Linnean Society*, 111(1), 78-91.

Hauteclair P, Derume M. et Bauffe C., 2006, A PROPOS DE LA DIVERSITÉ ENTOMOLOGIQUE DE TERRILS LIÉGEOIS ET HENNUYERS. BILAN ET ANALYSE DES INVENTAIRES, Les Naturalistes belges, 2007, 88, 4: 33-52

Hedtke, S. M., Patiny, S., & Danforth, B. N. (2013). The bee tree of life: a supermatrix approach to apoid phylogeny and biogeography. *BMC evolutionary biology*, 13(1), 1-13.

Hevia, V., Bosch, J., Azcárate, F. M., Fernandez, E., Rodrigo, A., Barril-Graells, H., & González, J. A. (2016). Bee diversity and abundance in a livestock drove road and its impact on pollination and seed set in adjacent sunflower fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 232, 336-344.

Hill, M. O. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54(2), 427-432.

Hsieh T.C., Ma. KH et Chao A., 2020, Interpolation and Extrapolation for Species Diversity , Package iNext

Husson, F., Josse, J., Le, S., Mazet, J., & Husson, M. F. (2016). Package ‘factominer’. An R package, 96, 698.

Jacob-Remacle, A. (1989). Comportement de butinage de l'abeille domestique et des abeilles sauvages dans des vergers de pommiers en Belgique. *Apidologie*, 20(4), 271-285.

Jamar, L. et Jorion, A. (2016). CRA-W, Bandes fleuries en verger biologique : quel impact sur les bioagresseurs ? Les avancées du Bio - Biowallonie.

Joshi, N. K., Leslie, T., Rajotte, E. G., Kammerer, M. A., Otieno, M., & Biddinger, D. J. (2015). Comparative trapping efficiency to characterize bee abundance, diversity, and community composition in apple orchards. *Annals of the Entomological Society of America*, 108(5), 785-799.

Kammerer, M. A., Biddinger, D. J., Joshi, N. K., Rajotte, E. G., & Mortensen, D. A. (2016). Modeling local spatial patterns of wild bee diversity in Pennsylvania apple orchards. *Landscape ecology*, 31(10), 2459-2469.

Kimoto, C., DeBano, S. J., Thorp, R. W., Taylor, R. V., Schmalz, H., DelCurto, T., ... & Rao, S. (2012). Short-term responses of native bees to livestock and implications for managing ecosystem services in grasslands. *Ecosphere*, 3(10), 1-19.

Köhler, C. (2019). Distances recommandées pour la plantation d'arbres fruitiers. *ProSpecieRara*. Consulté le 18-08-2022.

Kolde, R., & Kolde, M. R. (2018). Package 'pheatmap'. R Package, 1.

Krunić, M. D., & Stanisavljević, L. (2006). The biology of European orchard bee *Osmia cornuta* (Latr.)(Hymenoptera: Megachilidae). University of Belgrade, Faculty Biology.

Küpper, G., & Schwammberger, K. H. (1995). Social parasitism in bumble bees (Hymenoptera, Apidae): observations of *Psithyrus sylvestris* in *Bombus pratorum* nests. *Apidologie*, 26(3), 245-254.

Le Féon, V., Schermann-Legionnet, A., Delettre, Y., Aviron, S., Billeter, R., Bugter, R., ... & Burel, F. (2010). Intensification of agriculture, landscape composition and wild bee communities: a large scale study in four European countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 137(1-2), 143-150.

Lefebvre, A. (2021). Communautés d'abeilles sauvages des terrils des régions de Mons et Charleroi : Proposition de plans de gestion. Université de Mons.

Legendre, P., & Legendre, L. F. (2012). *Numerical ecology*, third edition. Elsevier.

Leclercq, N., Marshall, L., Weekers, T., Anselmo, A., Benda, D., Bevk, D., ... & Vereecken, N. J. (2022). A comparative analysis of crop pollinator survey methods along a large-scale climatic gradient. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 329, 107871.

Levermann, E. M., Bischoff, I., & Wagner, T. (2000). Species-specific foraging strategies of the syntopical and synchronous bees *Panurgus calcaratus* (Scopoli, 1763) and *Dasypoda hirtipes* (Fabricius, 1793)(Hymenoptera: Apidae). *Beiträge zur Entomologie= Contributions to Entomology*, 50(1), 179-191.

MacInnis, G., & Forrest, J. R. (2019). Pollination by wild bees yields larger strawberries than pollination by honey bees. *Journal of Applied Ecology*, 56(4), 824-832.

Mallinger, R. E., & Gratton, C. (2015). Species richness of wild bees, but not the use of managed honeybees, increases fruit set of a pollinator-dependent crop. *Journal of Applied Ecology*, 52(2), 323-330.

McCLEAN, C. J., Van den Berg, L. J., Ashmore, M. R., & Preston, C. D. (2011). Atmospheric nitrogen deposition explains patterns of plant species loss. *Global Change Biology*, 17(9), 2882-2892.

Michener, C. D. (2007). *The bees of the world* (2nd ed.). Baltimore: Johns H University Press.

Mueller, A., & Kuhlmann, M. (2008). Pollen hosts of western palaeartic bees of the genus *Colletes* (Hymenoptera: Colletidae): the Asteraceae paradox. *Biological Journal of the Linnean Society*, 95(4), 719-733.

Natagora (2017). Les vergers traditionnels - Life Prairies Bocagères. Consulté le 11-01-2022.

Nicholls, C. I., & Altieri, M. A. (2013). Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Agronomy for Sustainable development*, 33(2), 257-274.

Nielsen, A., Steffan-Dewenter, I., Westphal, C., Messinger, O., Potts, S. G., Roberts, S. P., ... & Petanidou, T. (2011). Assessing bee species richness in two Mediterranean communities: importance of habitat type and sampling techniques. *Ecological research*, 26(5), 969-983.

Nieto, A., Roberts, S.P.M., Kemp, J., Rasmont, P., Kuhlmann, M., García Criado, M., Biesmeijer, J.C., Bogusch, P., Dathe, H.H., De la Rúa, P., De Meulemeester, T., Dehon, M., Dewulf, A., Ortiz-Sánchez, F.J., Lhomme, P., Pauly, A., Potts, S.G., Praz, C., Quaranta, M., Radchenko, V.G., Scheuchl, E., Smit, J., Straka, J., Terzo, M., Tomozii, B., Window, J. and Michez, D. (2014). *European Red List of bees*. Luxembourg: Publication Office of the European Union. 96 pp.

Nunes-Silva, P., Witter, S., da Rosa, J. M., Halinski, R., Schlemmer, L. M., Arioli, C. J., ... & Blochtein, B. (2020). Diversity of floral visitors in apple orchards: influence on fruit characteristics depends on apple cultivar. *Neotropical Entomology*, 49(4), 511-524.

Ockermüller, M. E. (2018). *Erhebung der Wildbienenfauna (Apidae) in Streuobstwiesen im Naturpark Obst-Hügel-Land (Oberösterreich)*.

Oksanen, J. A. R. I., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., ... & Wagner, H. (2022). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5–7. 2020.

Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals?. *Oikos*, 120(3), 321-326.

Pardo, A., & Borges, P. A. (2020). Worldwide importance of insect pollination in apple orchards: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 293, 106839.

Park, M., Danforth, B., Losey, J., Biddinger, D., Vaughan, M., Dollar, J., ... & Angello, A. (2012). Wild pollinators of Eastern apple orchards and how to conserve them. College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University.

Pfiffner, L., Laurent, J., Cahenzli, F., Maren, K., Weronika, S., & Lene, S. (2018). Bandes fleuries vivaces—un outil pour améliorer le contrôle des ravageurs en vergers. L'Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL).

Pfiffner, L., & Müller, A. (2016). Wild bees and pollination.

Populer, C. (1979). liste des anciennes variétés belges de poiriers et de pommiers réunies à la station de phytopathologie gembloux 1979

Portman, Z. M., Bruninga-Socolar, B., & Cariveau, D. P. (2020). The state of bee monitoring in the United States: a call to refocus away from bowl traps and towards more effective methods. *Annals of the Entomological Society of America*, 113(5), 337-342.

Potts, S. G., Vulliamy, B., Roberts, S., O'Toole, C., Dafni, A., Ne'eman, G., & Willmer, P. (2005). Role of nesting resources in organising diverse bee communities in a Mediterranean landscape. *Ecological Entomology*, 30(1), 78-85.

Potts, S., Biesmeijer, K., Bommarco, R., Breeze, T., Carvalheiro, L., Franzen, M., ... & Vilà, M. (2015). Status and trends of European pollinators. Key findings of the STEP project.

Potts, S. G., Vulliamy, B., Dafni, A., Ne'eman, G., & Willmer, P. (2003). Linking bees and flowers: how do floral communities structure pollinator communities?. *Ecology*, 84(10), 2628-2642.

Rasmont, P., Franzen, M., Lecocq, T., Harpke, A., Roberts, S. P., Biesmeijer, J. C., ... & Schweiger, O. (2015). Climatic risk and distribution atlas of European bumblebees (Vol. 10, pp. 1-236). Pensoft Publishers.

Reese, A. (2021). Dynamique temporelle des populations d'abeilles sauvages dans la région de Mons. Université de Mons.

Requier, F., Odoux, J. F., Henry, M., & Bretagnolle, V. (2017). The carry-over effects of pollen shortage decrease the survival of honeybee colonies in farmlands. *Journal of applied ecology*, 54(4), 1161-1170.

Requier, F., & Le Féon, V. (2017). L'écologie des abeilles et ses enjeux pour l'agriculture : Volet 1 - Abeilles au pluriel.

RFG-Gembloux. Certifruit. Liste des variétés | Certifruit : une charte de qualité pour les arbres fruitiers. Consulté le 30 juillet 2022.

Roeder, S., Serra, S., & Musacchi, S. (2021). Effective pollination period and parentage effect on pollen tube growth in apple. *Plants*, 10(8), 1618.

Ropars, L., Affre, L., Schurr, L., Flacher, F., Genoud, D., Mutillod, C., & Geslin, B. (2020). Land cover composition, local plant community composition and honeybee colony density affect wild bee species assemblages in a Mediterranean biodiversity hot-spot. *Acta Oecologica*, 104, 103546.

Roulston, T. A. H., Smith, S. A., & Brewster, A. L. (2007). A comparison of pan trap and intensive net sampling techniques for documenting a bee (Hymenoptera: Apiformes) fauna. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 80(2), 179-181.

Schalitz, G., & Behrendt, A. Relikte von Streuobstwiesen im Nationalpark–sollte eine Wiederbelebung angestrebt werden?. *Nationalpark-Jahrbuch Unteres Odertal* (6), 167-171.

Siviter, H., Koricheva, J., Brown, M. J., & Leadbeater, E. (2018). Quantifying the impact of pesticides on learning and memory in bees. *Journal of Applied Ecology*, 55(6), 2812-2821.

SNHF, « La pollinisation des arbres fruitiers ». Société Nationale d'Horticulture de France, 21 septembre 2010. Consulté le 12-08-2022.

SPW : Les indicateurs clés de l'environnement Wallon (2014). SPW|Éditions. Bilans et perspectives

Terzo, M., & Rasmont, P. (2007). Abeilles sauvages, bourdons et autres insectes pollinisateurs. *Les Livrets de l'agriculture*, (14).

Terzo, M., & Rasmont, P. (2016). Clé des genres d'apoïdes d'Europe Occidentale.

Templ, B., Mózes, E., Templ, M., Földesi, R., Szirák, Á., Báldi, A., & Kovács-Hostyánszki, A. (2019). Habitat-dependency of transect walk and pan trap methods for bee sampling in farmlands. *Journal of Apicultural Science*, 63(1), 93-115.

Thapa-Magar, K. B., Davis, T. S., & Kondratieff, B. (2020). Livestock grazing is associated with seasonal reduction in pollinator biodiversity and functional dispersion but cheatgrass invasion is not: Variation in bee assemblages in a multi-use shortgrass prairie. *PloS one*, 15(12), e0237484.

Vandenbosch Gilles (2022). Recensement des vergers Montois. (Ville de Mons, département environnement et de la transition écologique, Mons).

Villemant, C. (2005). Les nids d'abeilles solitaires et sociales. *Insectes* 13 n°137 - 2005 (2).

Weekers, T., Marshall, L., Leclercq, N., Wood, T. J., Cejas, D., Drepper, B., ... & Vereecken, N. J. (2022). Dominance of honey bees is negatively associated with wild bee diversity in commercial apple orchards regardless of management practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 323, 107697.

Weekers, T., Marshall, L., Leclercq, N., Wood, T. J., Cejas, D., Drepper, B., ... & Vereecken, N. J. (2022b). Ecological, environmental, and management data indicate apple production is driven by wild bee diversity and management practices. *Ecological Indicators*, 139, 108880.

Westphal, C., Bommarco, R., Carré, G., Lamborn, E., Morison, N., Petanidou, T., ... & Steffan-Dewenter, I. (2008). Measuring bee diversity in different European habitats and biogeographical regions. *Ecological monographs*, 78(4), 653-671.

Westrich, P. (2018). *Die Wildbienen Deutschlands*. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

Wickham, H., Chang, W., & Wickham, M. H. (2016). Package 'ggplot2'. Create elegant data visualisations using the grammar of graphics. Version, 2(1), 1-189.

Williams, N. M., Minckley, R. L., & Silveira, F. A. (2001). Variation in native bee faunas and its implications for detecting community changes. *Conservation ecology*, 5(1).

Wilson. (2000). Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales. La taille des arbres fruitiers. Consulté le 12 août 2022.

Wittmann, D., Klein, D., Schindler, M., Sieg, V., & Blanke, M. (2005). Sind Obstanlagen geeignete Nahrungs- und Nisthabitate für Wildbienen?. *Erwerbs-Obstbau*, 47(2), 27-36.



## 8. Annexes

### 8.1. Inventaire complet des espèces collectés au filet et au pan traps

<b>Espèces</b>	<b>Filet</b>	<b>Pan traps</b>
<i>Osmia bicornis</i>	51	28
<i>Terrestibombus sp.</i>	39	2
<i>Andrena haemorrhoa</i>	36	10
<i>Osmia cornuta</i>	32	2
<i>Bombus pratorum</i>	26	/
<i>Bombus pascuorum</i>	21	/
<i>Bombus hypnorum</i>	20	2
<i>Andrena helvola</i>	6	/
<i>Andrena nitida</i>	6	3
<i>Andrena dorsata</i>	5	1
<i>Andrena chrysoseles</i>	3	2
<i>Andrena cineraria</i>	3	1
<i>Anthophora plumipes</i>	3	/
<i>Bombus lapidarius</i>	3	/
<i>Andrena flavipes</i>	2	3
<i>Andrena fulva</i>	2	/
<i>Andrena gravida</i>	2	2
<i>Andrena ventralis</i>	2	/
<i>Bombus hortorum</i>	2	/
<i>Bombus sylvestris</i>	2	/
<i>Bombus vestalis</i>	2	1
<i>Andrena carantonica</i>	1	1
<i>Andrena subopaca</i>	1	1
<i>Andrena tibialis</i>	1	/
<i>Andrena vaga</i>	1	2

<i>Lasioglossum laticeps</i>	1	/
<i>Lasioglossum xanthopus</i>	1	/
<i>Nomada fabriciana</i>	1	8
<i>Nomada flava</i>	1	3
<i>Osmia bicolor</i>	1	/
<i>Lasioglossum pauxillum</i>	/	16
<i>Nomada ruficornis</i>	/	7
<i>Lasioglossum morio</i>	/	4
<i>Nomada panzeri</i>	/	3
<i>Andrena minutula</i>	/	3
<i>Andrena bicolor</i>	/	2
<i>Lasioglossum malachurum</i>	/	2
<i>Megachile willughbiella</i>	/	1
<i>Andrena strommella</i>	/	1
<i>Nomada ferruginata</i>	/	1
<i>Andrena minutuloides</i>	/	1
<i>Nomada flavoguttata</i>	/	1
<i>Nomada goodeniana</i>	/	1
<i>Lasioglossum calceatum</i>	/	1
<i>Andrena labiata</i>	/	1
<i>Seladonia tumulorum</i>	/	1
<i>Sphecodes ephippius</i>	/	1
<i>Chelostoma florissomne</i>	/	1

## 8.2. Exemple de relevé botanique

Verger du Chemin de la procession : 12/04/2022

WGS84 50°27'55"N 3°57'45"E

Espèce	Strate	Abondance
<i>Malus domestica</i>	Arborescente	1
<i>Bella perennis</i>	Herbacée	2
<i>Taraxacum sp.</i>	Herbacée	1
<i>Stellaria media</i>	Herbacée	+
<i>Viola riviniana</i>	Herbacée	+
<i>Veronica hederifolia</i>	Herbacée	+
<i>Cardamine hirsuta</i>	Herbacée	+
<i>Hyacinthoides non-scripta</i>	Herbacée	1

## 8.3. Questionnaire de gestion des vergers

Tous les propriétaires participant à cette étude et donnant donc accès à leur verger, ont reçu une copie du questionnaire qui suit. Ceci renferme plusieurs indications sur les mesures de gestion habituelles de leur verger.

# Questionnaire – Vergers

*Année académique 2021 – 2022*

**Contacts** : Antoine Gekière (antoine.gekiere@student.umons.ac.be), William Fiordaliso (william.fiordaliso@umons.ac.be ), Elisa Pellegrino (elisa.pellegrino@student.umons.ac.be )

### **Note éthique**

*Les données recueillies dans le présent formulaire seront collectées dans le cadre de notre mission de recherche (intérêt public) et traitées exclusivement dans une ou des étude(s) portant sur les différents facteurs (tels que l'utilisation de pesticides, engrais, méthodes de désherbage, etc) pouvant affecter les communautés d'abeilles sauvages. Les données seront traitées en toute confidentialité et complètement anonymisées en cas de publication scientifique.*

*Le responsable du traitement est l'UMONS, place du parc 20, 7000 Mons, Belgique. Les personnes de contact sont mentionnées dans l'entête de ce document.*

*Seules les personnes habilitées du service de zoologie de l'UMONS auront accès aux données.*

*Les données seront anonymisées et conservées pour un laps de temps illimité.*

*Vous avez le droit d'accéder à vos données et de les faire rectifier. En cas de litige concernant vos données, vous avez le droit de déposer plainte auprès de l'Autorité de Protection des Données <https://www.autoriteprotectiondonnees.be/citoyen> . Il est proposé de contacter préalablement le délégué à la protection des données de l'Université [dpo@umons.ac.be](mailto:dpo@umons.ac.be)*

*La charte vie privée de l'UMONS peut être consultée en suivant le lien <https://web.umons.ac.be/fr/mentions-legales-et-protection-de-la-vie-privee/>*

## **Objectifs**

Le questionnaire suivant a été rédigé dans le cadre des études menées par le laboratoire de zoologie de l'UMONS. Ce projet vise à inventorier les pollinisateurs sauvages présents dans les vergers et à étudier l'influence des méthodes de gestion sur leur biodiversité et leur santé.

Les résultats obtenus permettront d'élaborer des mesures de conservation qui seront ensuite mises à disposition des gestionnaires.

Pourquoi participer ? Les insectes et plus particulièrement les abeilles nous fournissent un service indispensable : la pollinisation de bon nombre de plantes cultivées et de plantes à fleurs destinées à notre consommation. Sans l'intervention de ces animaux, notre production agricole serait inévitablement mise en danger. Malheureusement, les populations de pollinisateurs sont aujourd'hui en déclin. Pour mieux cerner ce phénomène et en limiter les conséquences, le suivi des populations est essentiel.

**Q1.** Quelle est approximativement la taille (en hectares) de votre verger :

**Q2.** Quelle(s) est (sont) la (les) variété(s) d'arbres fruitiers présents dans votre culture ?

**Q3.** Utilisez-vous une (des) variété(s) « mâle(s) » (« donneuse(s) de pollen ») au sein du verger utilisé dans cette étude ?

**Q3.a.** Si oui, laquelle (lesquelles) ?

**Q4.** Quel est l'âge de vos plantations ? (Peut être approximatif)

**Q5.** Êtes-vous impliqué dans l'une des actions suivantes ?

- Certification biologique (Organic Farming)
- Lutte intégrée contre les ravageurs (Integrated Pest Management)
- MAEC (Méthodes Agro-Environnementales et Climatiques)
- Catégorie de MAEC :
- Autre(s) :
- Aucun certificat :

**Q5.a.** Si vous êtes impliqués dans un de ces certificats, depuis combien de temps l'êtes-vous ?

**Q6.** Utilisez-vous une des activités de contrôle biologique suivantes dans le verger utilisé dans cette étude ?

- Encourager les ennemis naturels des ravageurs

Comment ?

- Achat d'ennemis naturels des ravageurs

Lesquels ?

- Désherbage

Quel type ? (Fauchage manuel, herbicides, gyrobroyage, mulching, etc)  
Combien de fois par an ? A quelle période de l'année (mois) ?

- Autre(s) :

**Q7.** Utilisez-vous des engrais dans le verger utilisé dans cette étude ?

**Q7.a.** Si oui, de quel type d'engrais s'agit-il ?

- Organique (Précisez : ex. fumier de porc)
- Azote(Marque :)
- Phosphore(Marque :)
- Potassium (Marque :)
- Autres (Précisez :)

**Q7.b.** Si oui, veuillez également compléter le tableau suivant :

Numéro de l'engrais	Nom de l'engrais industriel ou composition de l'engrais organique	Date(s) d'application	Quantité du produit brut (volume ou masse)	Quantité d'eau dans laquelle le produit est dilué (si applicable)	Taux d'application (l/ha ou Kg/ha)

**Q7.c.** Si oui, quels sont les engrais que vous allez appliquer cette année ?

**Q8.** Utilisez-vous des pesticides ou autres produits chimiques de protection dans le verger utilisé dans cette étude ?

**Q8.a.** Si oui, de quel type de protection s'agit-il ?

- Insecticide (Marque :)
- Herbicide (Marque :)
- Fongicide (Marque :)
- Produit domestique (Composition :)
- Autres (Précisez :)

**Q8.b.** Si oui, veuillez également compléter le tableau suivant :

Numéro du pesticide	Nom du pesticide industriel ou de la composition domestique	Date(s) d'application	Quantité du produit brut (volume ou masse)	Quantité d'eau dans laquelle le produit est dilué (si applicable)	Taux d'application (l/ha ou Kg/ha)

**Q8.c.** Si oui, quels sont les pesticides ou autres protections chimiques que vous allez appliquer cette année ?

**Q9.** Existe-t-il des ruches d'abeilles mellifères au sein ou aux alentours du verger utilisé dans cette étude ? Si possible, indiquez la distance approximative et le nombre de ruches.

**Q10.** Avez-vous des animaux en pâture au sein du verger utilisé dans cette étude ?

**Q10.a.** Si oui, veuillez compléter le tableau suivant :

Numéro de l'espèce	Espèce	Nombre de têtes	Nombre de jours de pâture par an	Période(s) de pâture (mois)

**Q11.** Avez-vous déjà entrepris des actions en faveur des pollinisateurs dans votre verger ? Si oui, précisez les méthodes utilisées.

**Q12.** Souhaiteriez-vous être recontacté pour recevoir des conseils concernant la conservation des pollinisateurs dans votre verger ?

## 8.4. Calendrier des collectes

Les collectes ont été effectuées pendant le printemps 2022.

Nom du verger	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi
	11/04	12/04	13/04	14/04	15/04	16/04
Verger de la rue de la Bruyère					x	
Verger de la route d'Obourg					x	
Verger de la rue du Boussoit		x				
Verger de la Cour des Dames					x	
Verger de la rue du Pourcelet		x				
Verger de l'Avenue de la Libération				x		
Verger de la Chaussée de Maubeuge				x		
Verger de la rue des Canadiens				x		
Verger du Chemin de la Procession		x				
Verger de la réserve Ronveaux						x

Nom du verger	lun	mar	mer	jeu	ven	sam	dim	lun
	25/04	26/04	27/04	28/04	29/04	30/04	1/05	2/05
Verger de la rue de la Bruyère								x
Verger de la route d'Obourg								x
Verger de la rue du Boussoit								x
Verger de la Cour des Dames						x		
Verger de la rue du Pourcelet				x				
Verger de l'Avenue de la Libération				x				
Verger de la Chaussée de Maubeuge			x					
Verger de la rue des Canadiens			x					
Verger du Chemin de la Procession				x				
Verger de la réserve Ronveaux						x		

Nom du verger	ven	sam	dim	lun	mar
	6/05	7/05	8/05	9/05	10/05
Verger de la rue de la Bruyère				x	
Verger de la route d'Obourg				x	
Verger de la rue du Boussoit				x	
Verger de la Cour des Dames	x				
Verger de la rue du Pourcelet					x
Verger de l'Avenue de la Libération					x
Verger de la Chaussée de Maubeuge	x				
Verger de la rue des Canadiens					
Verger du Chemin de la Procession					x
Verger de la réserve Ronveaux	x				

## 8.5. Images des sites de collecte

Les images qui suivent ont été prises par l'auteur de cette étude.



Verger de la Chaussée de Maubeuge



Verger de la réserve Ronveaux



Verger de la rue de la Bruyère



Verger de la rue du Boussoit



Verger du Chemin de la Procession

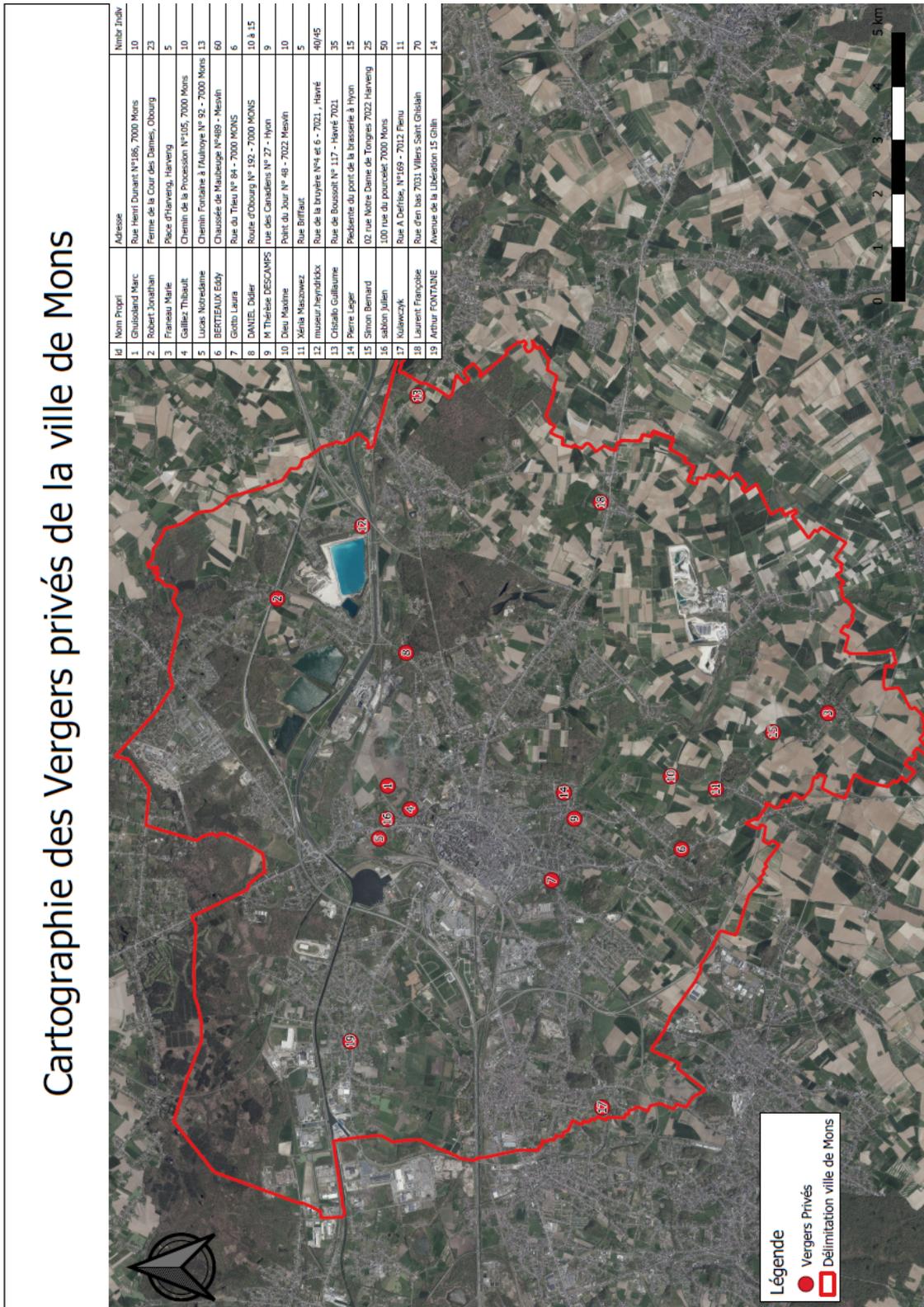


Verger de la rue du Pourcelet



Verger de la Cour des Dames

## 8.6. Carte des vergers recensés par la commune de Mons



La carte présentée ci-dessus, représente la localisation des vergers recensés par la commune de Mons en 2022 (Vandenbosch, 2022).