



# KAUWBEEES

**Étude sur la préservation des abeilles sauvages du Kauwberg (Uccle) dans une perspective de développement agricole et ludo-sportif du site**

Rapport final (Novembre 2022)

**Coordinateurs et gestionnaires du projet :** Grégoire Noël<sup>1</sup> et Frédéric Francis<sup>1</sup>

**Design expérimental et rédaction :** Grégoire Noël et Alexandra Bideau<sup>1</sup>

**Analyses et recommandations :** Grégoire Noël, Alexandra Bideau, Enora Flamion<sup>1</sup>, Marie Lamarre<sup>1</sup> et Pauline Crasson<sup>1</sup>

**Terrain, identification et mise en collection :** Julie Bonnet, Alexandra Bideau, Grégoire Noël, Enora Flamion, Marie Lamarre, Pauline Crasson et Frédéric Francis

**Relecture :** Julien Ruelle<sup>2</sup>, Livia Spezzani<sup>2</sup>, Mathias Engelbeen<sup>2</sup>

**Experts sollicités :** Frédéric Francis, Pierre Rasmont<sup>3</sup> et Alain Pauly<sup>4</sup>

**Photographies :** Alexandra Bideau

<sup>1</sup>Laboratoire d'Entomologie Fonctionnelle et Evolutive, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, 2 Passage des Déportés, B-5030 Gembloux, Belgique.

<sup>2</sup>Sous-division Stratégie et Projet ; Service Développement de la Nature ; Service Biodiversité, Bruxelles Environnement, Avenue du Port, 86C/3000, B-1000 Bruxelles, Belgique.

<sup>3</sup>Laboratoire de zoologie, Université de Mons, place du parc 20, B-7000 Mons, Belgique.

<sup>4</sup>Institut royal des sciences naturelles de Belgique, Rue vautier 29, B-1050 Bruxelles, Belgique.

## CITATION SUGGÉRÉE

Noël, G., Bideau, A., Flamion, E., Lamarre, M., Crasson, P., Bonnet, J., & Francis, F. (2022). *Kauwbees : Étude sur la préservation des abeilles sauvages du Kauwberg (Uccle, Belgique) dans une perspective de développement agricole et ludo-sportif du site. Rapport final*. Bruxelles : Bruxelles Environnement.

**Contacts auteurs :** [gregoire.noel@uliege.be](mailto:gregoire.noel@uliege.be) / [gregoirenoel@hotmail.com](mailto:gregoirenoel@hotmail.com)

**Contact administration :** [nature@environnement.brussels](mailto:nature@environnement.brussels)



# EN BREF...

## Principaux constats

- **95 espèces d'abeilles sauvages ainsi que 62 espèces de syrphes ont été recensées** au sein du site du Kauwberg entre les années 2020 et 2021.
- Sur l'ensemble de la richesse d'abeilles sauvages, 15 espèces sont menacées (statut de liste rouge nationale) au sein du Kauwberg : une espèce en danger d'extinction, deux en situation vulnérables, dix en statuts presque menacées et deux dont les données sont déficientes.
- Sur l'ensemble de la richesse d'abeilles sauvages, 15 espèces sont oligolectiques et 80 polylectiques
- N'ayant pas de liste rouge pour les espèces de syrphes de Belgique, 10 espèces enregistrées sont à considérer comme rares à très rares, ce qui démontre une nouvelle fois que le site du Kauwberg accueille riche biodiversité de pollinisateurs ; aucune n'est toutefois considérée en danger à l'échelle européenne.
- Les milieux ouverts et les potagers se révèlent être les plus riches et abondants en abeilles sauvages.
- Au sein des habitats ouverts et potagers, une dominance se dessine vis-à-vis d'*Apis mellifera*, omniprésente dans cette zone naturelle protégée.

## Recommandations de gestion

- Constituer des bandes fleuries adaptées à ces espèces d'abeilles oligolectiques et/ou menacées d'extinction.
- Maintenir et édifier de zones de nidification d'espèces oligolectiques et/ou menacées d'extinction : bois mort, zones dépourvues de végétation orientées plein Sud (sablère, lisière de forêt...)
- Maintenir une activité maraîchère dans le site, importante par la diversité floristique que ces micro-habitats proposent.
- Maintenir les buttes artificiellement construites pour les activités de dirtbike, utiles pour les nids des insectes/abeilles terrioles.
- Réduire la pression exercée par l'apiculture en réduisant voire supprimant les ruches présentes directement sur le site.
- Ouvrir le versant Ouest de la sablière pour augmenter l'opportunité de nidification des abeilles terrioles avec une mise en défens du lieu de Mars à Octobre de chaque année pour aider à la conservation et régénération de ces bourgades.



# Table des matières

En bref.....	3
I- Contexte.....	7
II- Protocole.....	8
II.1- Collection des données sur terrain.....	9
II.2- Préparation et Identification.....	10
II.3- Analyse des communautés.....	11
Structure des communautés d’abeilles sauvages et de syrphes.....	11
Courbes d’accumulation et de raréfaction.....	11
Estimateur non-paramétrique Chao 1.....	11
Rang d’abondance.....	12
Indice de diversité de Simpson.....	12
Indice de diversité de Shannon.....	12
Indice d’équitabilité de Piélou.....	13
Diversité bêta et PCoA.....	13
Espèces indicatrices.....	14
Logiciel utilisé.....	14
III- Inventaires et analyses.....	14
III.1- Données historiques.....	14
III.2- Données actuelles et résultats des analyses de communautés.....	16
IV- Discussion des résultats et approfondissement de la recherche.....	31
IV.1- Structure des communautés et espèces remarquables.....	31
IV.2- Sites de nidification des abeilles sauvages.....	37
IV.3- La sablière.....	39
V- Etude de la comptabilité avec les activités.....	42
V.1- L’apiculture.....	42
V.2- Les potagers.....	44
V.3- Le pâturage.....	45
VI- Recommandations d’aménagement et de gestion.....	46
VI.1 – Espèces d’abeilles sauvages présentant un enjeu de conservation pour le site du Kauwberg et implications de gestion pour leur conservation.....	46
VI.2- Les potagers.....	54
VI.3- Les prairies de fauche et de pâturage.....	55
VI.4- La sablière.....	55
VI.5- Les espaces ludiques (dirtbike et speelbos).....	56
VI.6- Connectivité entre habitats.....	57
VI.7- Gestion générale en faveur des pollinisateurs.....	58
VI.8- Synthèse des recommandations spécifiques sur le site du Kauwberg.....	60
VII- Références.....	62
VIII- Annexes.....	71



## Table des figures

FIGURE 1 : PLAN DU PROTOCOLE D'ECHANTILLONNAGE DU PROJET KAUBBEES.....	9
FIGURE 2 : DISPOSITIF DE PIEGEAGE DES POLLINISATEURS PASSIF AU MOYEN DE TRIO DE PANTRAPS COLORES (A GAUCHE) ET METHODE DE PIEGEAGE ACTIVE AU FILET ENTOMOLOGIQUE (A DROITE).....	10
FIGURE 3 : DISTRIBUTION DES DONNEES HISTORIQUES DU KAUBBERG DEPUIS 2000.....	15
FIGURE 4 : EVOLUTION DES DONNEES HISTORIQUES DES ABEILLES SAUVAGES DU KAUBBERG ENTRE 2000 ET 2010.....	15
FIGURE 5 COURBE D'ACCUMULATION DU NOMBRE D'ESPÈCES D'ABEILLES SAUVAGES EN FONCTION DE L'UNITÉ D'ECHANTILLONNAGE (SITES) SUR L'ENSEMBLE DU KAUBBERG A PARTIR DES DONNEES DE 2020.....	17
FIGURE 6 COURBES D'ACCUMULATION DU NOMBRE D'ESPÈCES D'ABEILLES SAUVAGES EN FONCTION DE L'UNITÉ D'ECHANTILLONNAGE (SITES) DES (A) POTAGERS, (B) MILIEUX OUVERTS ET (C) MILIEUX COUVERTS POUR LES DONNÉES DE 2020. ....	17
FIGURE 7 COURBES DE RAREFACTION SELON LES SITES EN 2020 POUR LES ABEILLES SAUVAGES DU KAUBBERG (ROUGE : MILIEUX OUVERTS, VERTS : POTAGERS, NOIR : MILIEUX COUVERTS).....	18
FIGURE 8 COURBE DE RAREFACTION SELON LES HABITATS (OUVERT, COUVERT, POTAGER) POUR LES ABEILLES SAUVAGES DU KAUBBERG EN 2020 (ROUGE : MILIEUX OUVERTS, VERTS : POTAGERS, NOIR : MILIEUX COUVERTS). ....	18
FIGURE 9 COURBE D'ACCUMULATION DES SYRPHES DU KAUBBERG SUR L'ENSEMBLE DES HABITATS ETUDIÉS. ....	19
FIGURE 10 COURBES D'ACCUMULATION DES SYRPHES DU KAUBBERG PAR HABITAT (COUVERT, OUVERT, POTAGER).....	19
FIGURE 11 COURBE DE RAREFACTION PAR HABITAT DES SYRPHES DU KAUBBERG.....	19
FIGURE 12 COURBES DE RAREFACTION DES SYRPHES DU KAUBBERG PAR PARCELLE ECHANTILLONNÉE POUR CHACUN DES HABITATS. ....	20
FIGURE 13 RANG D'ABONDANCE DES ABEILLES SAUVAGES SELON LES MILIEUX ET SELON LA ROSELIÈRE ET LA SABLIERE EN 2020. ....	25
FIGURE 14 RANG D'ABONDANCE DES SYRPHES POUR LE KAUBBERG ET PAR HABITAT. LE POURCENTAGE REPRESENTE L'ABONDANCE RELATIVE DE L'ESPECE. ....	26
FIGURE 15 REPRÉSENTATION SOUS FORME DE BOXPLOT DE LA RICHESSE SPÉCIFIQUE (A), DE L'ABONDANCE (B) ET DES INDICES DE DIVERSITÉ ALPHA (SIMPSON (C), SHANNON (D), PIÉLOU (E)) DES DONNÉES COLLECTÉES EN 2020 PAR HABITAT.....	27
FIGURE 16 COMPOSITION EN INDIVIDUS PAR FAMILLE EN FONCTION DES DATES D'ECHANTILLONNAGE AU KAUBBERG EN 2020 (A.MELLIFERA COMPRISE). ....	27
FIGURE 17 BOXPLOT PAR HABITAT DE LA RICHESSE SPECIFIQUE (GAUCHE) ET DE L'ABONDANCE (DROITE) DES SYRPHES DU KAUBBERG. LES LETTRES INDIQUENT LES DIFFERENCES SIGNIFICATIVES ENTRE LES HABITATS.....	28
FIGURE 18 BOXPLOT PAR HABITAT DES INDICES DE SIMPSON (EN HAUT, A GAUCHE), SHANNON (EN HAUT, A DROITE) ET PIELOU (EN BAS) DES SYRPHES DU KAUBBERG. LES LETTRES INDIQUENT LES DIFFERENCES SIGNIFICATIVES ENTRE LES HABITATS.....	29
FIGURE 19 PCoA POUR LES HABITATS EN 2020 PAR RAPPORT AUX COMMUNAUTES D'ABEILLES SAUVAGES DU KAUBBERG.....	30
FIGURE 20 PCoA (1,2) (A DROITE) ET PCoA (1,3) (A GAUCHE) DES COMMUNAUTES DE SYRPHES POUR LES HABITATS DU KAUBBERG. ....	30
FIGURE 21 : CARTE DE DISTRIBUTION DE SITES DE NIDIFICATION (POTENTIELS ET AVERES) POUR LES ABEILLES SAUVAGES TERRICOLES. ....	37
FIGURE 22 : SITE DE NIDIFICATION D'ABEILLES TERRICOLES N1 EN 2004 (A GAUCHE) ET EN 2020 (A DROITE) .....	38
FIGURE 23 : SITES DE NIDIFICATIONS POTENTIELS EN MILIEU FERME (N3 A GAUCHE ET N16 A DROITE) .....	38
FIGURE 24 : PARTIE OUVERTE DE LA SABLIERE DU KAUBBERG VUE DU DESSOUS (A GAUCHE) ET VUE DU PLATEAU (A DROITE).....	39
FIGURE 25 : PHOTOGRAPHIE DE TYPE LIDAR DU RELIEF POUR REPRESENTER LE PAYSAGE DANS LES DIFFERENTS ASPECTS DE GESTION DU KAUBBERG (A GAUCHE) AVEC UN ZOOM SUR LA SABLIERE (A DROITE) (SOURCE : BRUXELLES ENVIRONNEMENT).....	40
FIGURE 26 : VERSANT NORD DE LA SABLIERE VUE DU DESSOUS (A GAUCHE) ET DU PLATEAU (A DROITE).....	40
FIGURE 27 : VERSANT SUD DE LA SABLIERE.....	41
FIGURE 28 : EXEMPLE DE DEGRADATION DE LA SABLIERE.....	41
FIGURE 29 : RUCHERS DU KAUBBERG AU NIVEAU DU POTAGER P1A (A GAUCHE) ET DU VIGNOBLE (A DROITE) .....	43
FIGURE 30 : POTAGER P2A DU KAUBBERG (A DROITE) ET PARCELLE A JACHERE AU SEIN DU POTAGER P2B (A DROITE).....	44
FIGURE 31 POTAGER P2B ENTOURE DE HAIES DE RUBUS SP., VISIBLES DANS LE FOND, AVEC UN DISPOSITIF D'ECHANTILLONNAGE PASSIF .....	45
FIGURE 32 : PHOTOGRAPHIE DE TYPE LIDAR DE LA SABLIERE AVEC UN EXEMPLE D'OUVERTURE DE CARRIERES EN ROUGE .....	56
FIGURE 33 : CLAIRIERE R1 EN MILIEU COUVERT, ENVAHIE PAR RUBUS SP. ....	58
FIGURE 34 MARE ARTIFICIELLE AU SEIN DU POTAGER P1A.....	59
FIGURE 35 RECOMMANDATIONS SPECIFIQUES POUR LES ABEILLES SAUVAGES DU KAUBBERG.....	60



## Table des tableaux :

TABLEAU 1 NOMBRE D'INDIVIDUS DE SYRPHES COLLECTES EN 2020 ET 2021 AINSI QUE LE NOMBRE DE GENRES ET D'ESPECES IDENTIFIE POUR L'ENSEMBLE DU KAUWBERG ET PAR HABITAT. ....	16
TABLEAU 2 ESPECES D'ABEILLES SAUVAGES OBSERVEES ET ESTIMATEUR CHAO1 SELON LES SITES, LES MILIEUX ET LE KAUWBERG ENTIER EN 2020. ....	21
TABLEAU 3 ESPECES PRESENTES D'ABEILLES SAUVAGES DANS L'ECHANTILLONNAGE DE 2021 ET ABSENTE EN 2020 AINSI QUE LEUR ABONDANCE RESPECTIVE. ....	21
TABLEAU 4 ESTIMATION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE REELLE DES SYRPHES DU KAUWBERG .....	22
TABLEAU 5 ESPÈCES INDICATRICES (INDVAL>0,25) ET LEUR P-VALEURS EN 2020.....	31
TABLEAU 6 ESPÈCES D'ABEILLES SAUVAGES PRÉSENTANT DES STATUTS DE CONSERVATION PARTICULIERS .....	46
TABLEAU 7 ESPÈCES D'ABEILLES SAUVAGES OLIGOLECTIQUES .....	52
TABLEAU 8 PLANTES À FLEURS D'INTÉRÊT POUR ÉTABLIR UN MÉLANGE FLEURI CIBLANT LES PRÉFÉRENCES FLORALES DES ABEILLES OLIGOLECTIQUES OU EN DANGER D'EXTINCTION .....	53

## Table des annexes :

ANNEXE I : SCHEMA D'ORIENTATION DE LA GESTION DU KAUWBERG PAR BRUXELLES ENVIRONNEMENT (SOURCE : BRUXELLES ENVIRONNEMENT).....	71
ANNEXE II : CARTOGRAPHIE DE LA TOPOGRAPHIE DU KAUWBERG REPRESENTANT LES DIFFERENTS HABITATS D'INTERETS DE NATURA 2000 (SOURCE : BRUXELLES ENVIRONNEMENT) .....	71
ANNEXE III : TABLEAU DESCRIPTIFS DES ESPECES D'ABEILLES INVENTORIEES SUR LE KAUWBERG .....	72



## I- Contexte

Ce document constitue une proposition de technique de gestion en faveur de la conservation des abeilles sauvages et des syrphes dans le cadre du projet « Kauwbees – Étude sur la préservation des abeilles sauvages du Kauwberg (Uccle) dans une perspective de développement agricole et ludo-sportif du site », commandité par Bruxelles Environnement.

La conservation des abeilles est un sujet d'actualité au cœur des discussions publiques et politiques, à la suite d'un déclin de cette biodiversité mondialement reconnue (Potts et al. 2010, Nieto et al. 2014). L'intégration de la biodiversité des abeilles et des syrphes dans l'écologie urbaine est en plein essor ces dernières années. Une nouvelle série d'études a permis de démontrer que les villes pouvaient servir de refuge pour les communautés de pollinisateurs. Les espaces verts tels que les jardins résidentiels, les potagers personnels et communautaires, les cimetières, les friches, les parcs ainsi que les réserves naturelles peuvent offrir les ressources florales nécessaires pour les communautés de pollinisateurs présentes (Hall et al. 2017, Twerd and Banaszak-Cibicka 2019).

Le Kauwberg est la plus grande zone semi-naturelle d'Uccle à Bruxelles avec une superficie de 54 ha. Cette zone verte (au Plan régional d'affectation du sol), classée au patrimoine comme site semi-naturel, fait également partie du réseau Natura 2000. Ce statut signifie qu'il s'agit d'un site à enjeux de conservation des habitats et des espèces sous les directives de l'Union européenne : la Directive Oiseaux (1979) et la Directive Habitats (1992). Cependant, les activités humaines ne sont pas à proscrire des sites Natura 2000, voire sont encouragées à être exercées en respectant la biodiversité. Le site représente un potentiel de diversité et d'abondance biologique incontestables, accueillant des espèces qui y bénéficient d'un milieu favorable avec des habitats riches et diversifiés. Une des parties les plus remarquables du site est la sablière du Kauwberg, reliquat d'une ancienne station d'extraction d'argile, et qui correspond à une zone d'intérêt écologique pour la nidification d'abeilles sauvages, notamment des espèces printanières telles que la collète lapin, *Colletes cunicularius* (L.), ou encore l'andrène vague, *Andrena vaga* (Panzer 1799), espèce oligolectique butinant particulièrement les saules (*Salix* sp.) aux alentours en début de printemps.

Par ailleurs, le Plan Régional Nature (PRN ; 2016) en Région de Bruxelles-Capitale (RBC) vise à faciliter l'intégration de la nature en ville ainsi que développer une un cadre de vie agréable et attractif en lien avec la nature. Celui-ci prévoit des actions de conservation ainsi que des projets pilotes concernant les abeilles et autres pollinisateurs sauvages (mesure 16). Il est également à noter que plus de 200 espèces d'abeilles sauvages ont été recensées en RBC, soit presque la moitié de la faune apiforme nationale, grâce au projet de l'Atlas des abeilles sauvages de Bruxelles.

Les citoyens ont longtemps exploité les opportunités que pouvait offrir le Kauwberg notamment le maraichage, le défrichage, le bois de chauffage et le pastoralisme. Aujourd'hui ce site rassemble des activités socio-ludiques, sportives, récréatives, maraichères, pastorales et naturalistes. L'ensemble des activités et aménagements, tels que l'établissement de potagers urbains, d'écuries ou encore le dirtbike, sont « sauvages », spontanés et initialement peu/pas encadrés. La gestion du Kauwberg a récemment été reprise par Bruxelles Environnement et vise une préservation des habitats et des espèces d'intérêt de conservation tout en formalisant et en encadrant les activités des usagers du site.

L'objectif de cette étude est d'évaluer les enjeux de conservation des différents types d'habitats du site (forestier, prairie, potager urbain) pour le bon maintien de la biodiversité des abeilles. La compatibilité des objectifs de conservation et du développement ludique proposé par le schéma d'orientation de gestion mis en place par Bruxelles environnement est également étudiée. D'autres propositions de gestion sont également apportées afin de favoriser l'ensemble des pollinisateurs au sein du site.



## II- Protocole

Cette étude s'est déroulée du 1<sup>er</sup> janvier 2020 au 31 décembre 2021. La session de terrain étant perturbée par la crise sanitaire du COVID-19, celle-ci s'est étalée de la deuxième quinzaine du mois de mai jusque début septembre 2020, avant de reprendre au mois de mars à début juin 2021. Au vu de l'abondance des pollinisateurs présents sur le site, il s'est avéré préférable de réduire la pression d'échantillonnage afin d'assurer l'identifier de l'ensemble des spécimens récoltés dans le temps imparti de cette étude. De plus, la météo étant défavorable au mois d'août 2020, la session d'échantillonnage de cette quinzaine s'est faite en chevauchant la première quinzaine du mois de septembre. La météo a également été défavorable en mai 2021 ce qui explique un chevauchement avec la première quinzaine de juin 2021.

Afin de représenter les différents types d'habitats du Kauwberg, l'inventaire a été réalisé dans les trois types de classes suivantes : (i) potagers urbains, (ii) les zones ouvertes (prairies fauchées ou pâturées) et (iii) les zones couvertes (milieu boisé).

Chaque classe a été représentée par 6 sites d'échantillonnage (Figure 1). Parmi ces sites, la sablière et la roselière étant des habitats particuliers en milieu forestier ont été considérées comme des milieux couverts. Un jour de collecte a été réalisé toutes les deux semaines, lors de journées favorables, avec un fort ensoleillement, et un vent faible (<20 km/h) (Morandin et al. 2007, Westphal et al. 2008). Par conséquent, la richesse spécifique, l'abondance, la régularité et la composition en groupes fonctionnels de la communauté de pollinisateurs du site échantillonné n'est pas affectée par le prélèvement (Gezon et al. 2015).

Par rapport au plan de gestion du Kauwberg, les zones échantillonnées correspondent aux parcelles de l'annexe 5 du projet de plan de gestion :

- Zones couvertes : C5 et C6ros à la zone 60 ; C1sab à la zone 18 ; C2 à la zone 17 ; C3 à la zone 11 et C4 à la zone 1
- Zones ouvertes : O1, O2 et O3 à la zone 100 ; O4 à la zone 102 ; O5 à la zone 110 et O6 à la zone 103
- Zones potagères : P1a et P1b n'ont pas de zones appropriées ; P2a et P2b sont dans la zone 14 ; et P3a et P3b sont dans la zone 104



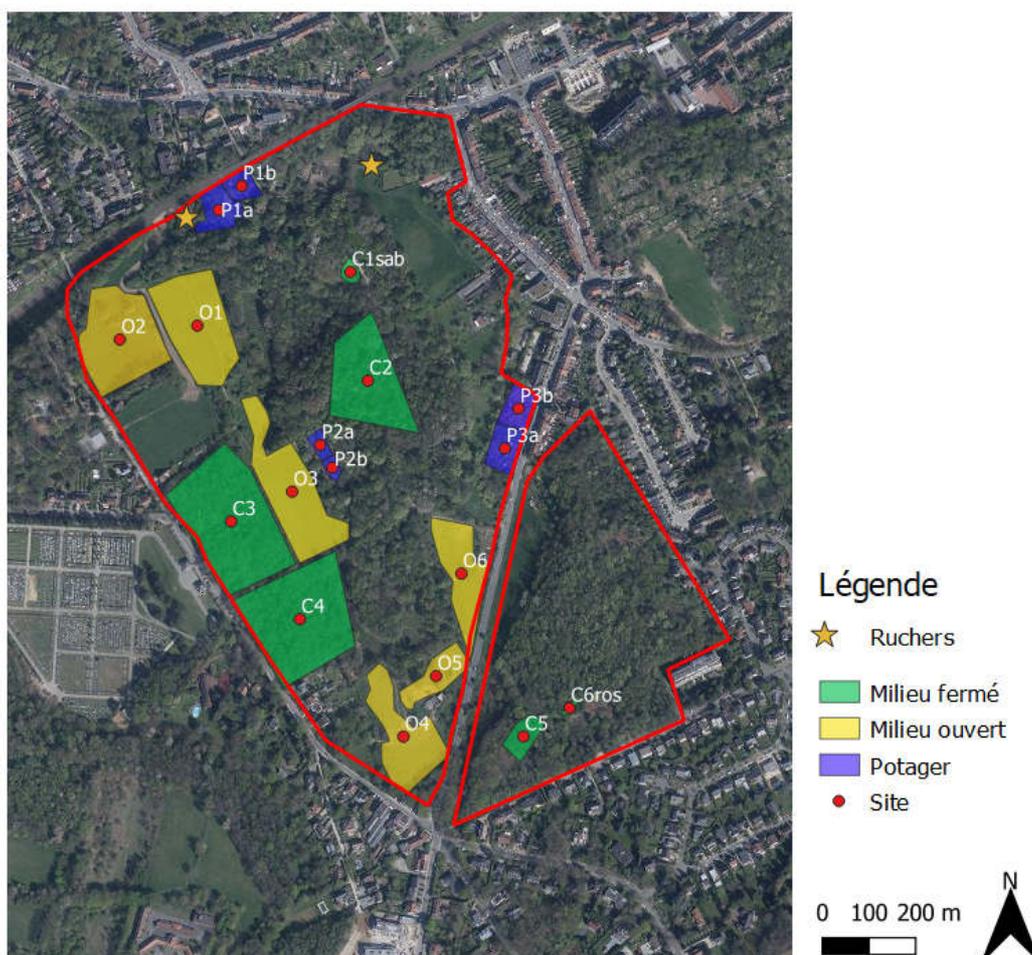


Figure 1 : Plan du protocole d'échantillonnage du projet KAUWBEEES

## II.1- Collection des données sur terrain

Au sein de chaque site, deux méthodes d'échantillonnage inspirées de Westphal et al. (2008) ont été appliquées : une méthode dite passive, l'autre active. La complémentarité de ces deux méthodes permet d'avoir un échantillonnage représentatif des communautés de pollinisateurs.

La méthode passive consiste à poser un trio de coupelles colorées de 26,5 cm de diamètre et de 15 cm de hauteur, également appelées *Pantraps* (Figure 2). Elles sont peintes de couleur blanche, jaune ou bleue réfléchissant les rayons ultraviolets. Ces trois couleurs représentent le spectre chromatique de la flore dominante en Europe (Westphal et al. 2008). Un trio composé d'un *pantrap* de chaque couleur, est disposé au niveau d'un patch fleuri et diversifié au sein de chaque site, le matin entre 7h30 et 9h. Les dispositifs sont ensuite récupérés en fin d'après-midi entre 17h et 18h, après une pose d'environ 9 heures. Les coupelles contiennent de l'eau savonneuse écologique, incolore et inodore afin de casser la tension superficielle de surface de l'eau. Elles sont placées 5 à 10 cm au-dessus de la strate florale quand cela est possible. Au vu de la forte fréquentation du site, celles-ci ont été réajustées afin d'éviter la dégradation du dispositif par les chiens. Une affiche informative a été déposée sur chaque dispositif afin d'informer le public et d'éviter toute dégradation.



Figure 2 : Dispositif de piégeage des pollinisateurs passif au moyen de trio de Pantraps colorés (à gauche) et méthode de piégeage active au filet entomologique (à droite)

L'échantillonnage fut complété par une capture active au filet entomologique (Figure 2). Celle-ci fut réalisée suivant une déambulation aléatoire dans la zone représentant chaque site d'échantillonnage (Figure 1). Deux sessions de captures au filet furent établies sur chaque site lors de la journée d'échantillonnage, une session le matin, une autre l'après-midi. Ces sessions de captures furent initialement prévues pour une durée de 30 minutes. Au vu de la grande quantité de spécimens capturés, il s'est avéré pertinent de réduire le temps d'échantillonnage. Par conséquent le temps de capture initialement prévu à 30 minutes s'est réduit à 15 minutes, à partir de la deuxième quinzaine de juillet 2020. Lorsque la capture fut réalisée par deux personnes, le temps de session fut divisé par deux afin de ne pas biaiser la pression d'échantillonnage.

## II.2- Préparation et Identification

Les spécimens récoltés ont été conservés dans de l'éthanol dénaturé à 70°, afin d'être identifiés en laboratoire et mis en collection selon la méthode de Mouret *et al.* (2007). Chaque individu a été étiqueté selon la date de récolte et la localisation géographique. Ils ont ensuite été identifiés par les membres du Laboratoire d'Entomologie fonctionnelle et évolutive de Gembloux Agro-Bio Tech. Des clés entomologiques de l'apifaune belge ont servi de références et une comparaison avec du matériel historique de la collection du Laboratoire a été appliquée notamment pour les collections d'Halictidae et d'Andrenidae. Des experts ont également été sollicités pour assurer une identification correcte des espèces difficiles, par exemple, Thomas Wood (Université de Mons) pour les Andrenidae ou encore le Professeur Pierre Rasmont pour les Apidae du genre *Bombus*. Concernant l'identification des syrphes collectés du Kauwberg, elle s'est appuyée sur la clé d'identification des syrphes de Belgique de Lucien Verlinden (1994), ainsi que sur la clé illustrée des syrphes de Belgique et des Pays-Bas d'André Schulten (2020). La détermination a été réalisée jusqu'à l'espèce, sauf pour les spécimens des genres *Cheilosia* sp. (Meigen 1822) et *Pipiza* sp. (Fallén 1810) qui comprennent plusieurs espèces difficiles à identifier, même pour les experts (Verlinden 1994, Schulten 2020). Une vérification de certains spécimens a été effectuée par le professeur Frédéric Francis expert dans la taxonomie de cette famille.

### II.3- Analyse des communautés

L'analyse des données relatives au Kauwberg est adaptée du matériel et méthode des travaux de fin d'étude de Crasson (2021), Flamion (2021) et Lamarre (2021) ayant respectivement participé à l'échantillonnage de l'année 2021. L'ensemble des données taxonomiques et de récolte, relatives aux individus échantillonnés, a été rassemblé dans une première base de données qui est jointe à la prestation. Sur cette base, une matrice des communautés a ensuite été construite en vue de comparer les différents milieux.

#### Structure des communautés d'abeilles sauvages et de syrphes

Dans cette étude, la structure spécifique des communautés d'abeilles sauvages et de syrphes des trois habitats du Kauwberg (milieux ouverts, milieux couverts, potagers urbains) sont étudiées. Chacun des habitats ayant bénéficié du même effort d'échantillonnage, soit 9 relevés complets (2 passages au filet et pose de *pantraps*) dans 6 parcelles, leurs structures peuvent être comparées pour l'ensemble de la période de récolte des deux années confondues 2020 et 2021.

#### Courbes d'accumulation et de raréfaction

Le nombre cumulé d'espèces enregistré en fonction de l'effort d'échantillonnage fourni peut être présenté sous forme d'un graphique, appelé la courbe d'accumulation des espèces. L'effort peut être exprimé par le nombre d'individus collectés ou par d'autres mesures comme le temps d'échantillonnage ou le nombre d'échantillons cumulés (Colwell and Coddington 1994). La courbe illustre le taux de découverte de nouvelles espèces trouvées parmi les échantillons (Magurran 2004, Ugland and Gray 2004). Elle augmente rapidement avant d'atteindre un plateau. En effet, le taux de nouvelles espèces observées décroît avec l'effort dans la mesure où la communauté est supposée contenir un nombre d'espèces limité (Ugland et al. 2003).

Les échantillons étant hétérogènes en termes d'espèces, la forme de la courbe est tributaire de l'ordre dans lequel ils sont ajoutés. Pour pallier cet inconvénient, une randomisation des échantillons est effectuée (Ugland et al. 2003). La courbe générée est appelée courbe de raréfaction. Cette courbe permet d'évaluer l'efficacité d'échantillonnage. En effet, si la courbe atteint ou se rapproche d'un plateau, une augmentation de l'effort n'apporterait que peu de nouvelles espèces et l'échantillonnage est donc considéré représentatif de la richesse spécifique réelle de la communauté (Magurran 2004). Par facilité, les courbes générées en fonction de l'unité d'échantillonnage sont appelées « courbes d'accumulation » et celles fonction du nombre d'individus collectés, « courbe de raréfaction ».

#### Estimateur non-paramétrique Chao 1

Les estimateurs non-paramétriques de Chao (1984, 1987) permettent d'estimer la richesse totale d'une communauté sur base de la richesse observée  $S_{obs}$ . Leurs estimations sont basées sur le nombre d'espèces présentes une fois (« singletons ») et celui des espèces présentes deux fois (« doubletons ») dans l'échantillon. La richesse spécifique totale est supposée atteinte lorsque toutes les espèces sont présentes au moins deux fois (Magurran 2004, Gotelli and Ellison 2013).

Chao 1 est obtenu par la formule suivante (Gotelli and Ellison 2013) :

$$S_1 = S_{obs} + \frac{F_1^2}{2F_2}$$

Où:

- $S_{obs}$  : le nombre d'espèces observées au moins une fois;



- $F_1$  et  $F_2$  (avec  $F_2 > 0$ ): respectivement le nombre de singletons et de doubletons;
- $S_1$  : la richesse spécifique réelle estimée.

Son estimation de la richesse spécifique est réputée plus juste que celle d'autres estimateurs pour la plupart des jeux de données (Magurran 2004).

### Rang d'abondance

La courbe de rang d'abondance permet pour une communauté de visualiser la structure générale de la communauté du point de vue de la richesse en espèces et de leurs abondances relatives (Marcon 2018).

### Indice de diversité de Simpson

L'indice de diversité de Simpson (diversité alpha) ou Gini-Simpson mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard dans une communauté appartiennent à des espèces différentes (Gotelli and Ellison 2013). Il tient compte à la fois du nombre d'espèces et de l'abondance des individus pour chaque espèce (Magurran 2004).

Pour un échantillon fini, l'indice est donné par :

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S ((n_i(n_i - 1)) / (N(N - 1)))$$

Où:

$n_i$  = nombre d'individus dans l'espèce  $i$  ;

$N$  = nombre total d'individus dans la communauté.

Cet indice varie de 0 compris, qui représente une diversité spécifique minimale, à 1 non compris, qui illustre une diversité des espèces maximale. L'indice de Simpson donne plus de poids aux espèces les plus abondantes de l'échantillon. La présence d'espèces rares ne modifie pratiquement pas sa valeur. Il est moins sensible à la richesse en espèces. Cet indice est considéré comme l'une des mesures de diversité les plus significatives et les plus robustes (Magurran 2004).

### Indice de diversité de Shannon

L'indice de Shannon, pour un échantillon fini, est donné par :

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

Où:

$p_i$  = abondance relative de l'espèce  $i$  :  $p_i = n_i/N$ ;

$S$  = nombre total d'espèces;

$n_i$  = nombre d'individus de l'espèce  $i$  dans l'échantillon;

$N$  = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon.



Dans le cadre de cette étude, le logarithme népérien a été utilisé. L'indice de Shannon est utilisé pour exprimer la diversité spécifique en tenant compte du nombre d'espèces et de l'abondance des individus pour chacune. Cet indice varie de 0, lorsque la communauté est caractérisée ou dominée largement par une espèce, à  $\log S$ , lorsque toutes les espèces de la communauté ont la même abondance. A la différence de l'indice de diversité de Simpson, il est sensible à la variation du nombre d'espèces rares. L'indice de Shannon est couramment utilisé et est recommandé par différents auteurs même si son intervalle souvent restreint en complique l'interprétation (Magurran 2004).

#### Indice d'équitabilité de Piélou

L'indice de Piélou ( $J'$ ) mesure la régularité d'abondance des espèces d'une communauté. Il compare la valeur réelle de la diversité par rapport à la valeur maximale possible, soit une situation théorique de répartition d'abondances égales pour l'ensemble des espèces (Mouillot and Leprêtre 1999). Basé sur l'indice de Shannon, il s'obtient par:

$$J' = H'/H'max$$

Où

- $H'$  : indice de Shannon;
- $H'max$  :  $\log S$ , avec  $S$  le nombre total d'espèces de la communauté.

$J'$  est compris entre 0 (dominance d'une espèce) et 1 (abondances égales des différentes espèces). Cet indice dépend fortement de la taille de l'échantillon. Comme Shannon, il est très sensible aux espèces rares.

#### Diversité bêta et PCoA

La diversité bêta correspond à la variation de la composition spécifique entre les différentes communautés. Dans le cadre de cette analyse, chacune des communautés est représentée par l'ensemble des observations accumulées d'une zone d'échantillonnage (Figure 1) durant les deux périodes d'échantillonnage (2020 et 2021).

La PCoA (Principal Coordinates Analysis) est une méthode d'ordination pour l'étude des positions relatives d'objets dans un nombre de dimensions restreint. Elle permet de mettre en évidence les tendances majeures au sein d'un jeu de données multidimensionnel, comme une matrice des communautés (Legendre and Legendre 2012). Elle permet de visualiser les différences individuelles et/ou de groupe, en l'occurrence ici les communautés des zones d'échantillonnage. Elle est construite sur base d'une matrice de distances, autre que la distance euclidienne. Dans ce cas-ci, la distance de Bray-Curtis ( $D$ ) est utilisée pour comparer la composition en espèces des sites d'échantillonnage. Elle a l'avantage de ne pas prendre en compte les espèces absentes des deux sites comparés. Pour chaque espèce, cette distance s'obtient par:

$$D = 1 - \frac{2W}{A + B}$$

Où:

- $A$  et  $B$  : le nombre d'individus de l'espèce respectivement pour les sites  $A$  et  $B$ ;
- $W$  : Le minimum entre  $A$  et  $B$ .



La distance totale correspond à la somme des distances pour chacune des espèces (Legendre and Legendre 1998). Une fois la matrice centrée, ses valeurs et vecteurs propres sont calculés. Les différents objets de la matrice sont re-projetés en utilisant ces vecteurs (coordonnées principales). Chaque valeur propre peut être interprétée comme la variance expliquée par le vecteur propre associé. Une fois classées de la plus grande à la plus petite, les 2 ou 3 premières valeurs propres, expliquant plus de 10% de la variance observée, sont souvent utilisées pour le graphique de la PCoA (Bellehumeur and Legendre 1998, Hair et al. 2019). En dessous de 10%, leur utilisation n'est pas considérée comme appropriée (Hair et al. 2019).

### Espèces indicatrices

Une analyse des espèces indicatrices (i.e., espèce dont la présence reflète une/des conditions environnementales spécifiques) qui consiste à calculer la valeur indicatrices des espèces a été réalisée grâce à la méthode 'indval' développée par Dufrêne and Legendre (1997). Pour chaque espèce  $i$  dans chaque site du groupe  $j$ , cette valeur est donnée comme suit:

$$IndVal_{ij} = A_{ij} * B_{ij} * 100$$

Avec :  $A_{ij} = N_{individuals_{ij}}/N_{individuals_i}$  et  $B_{ij} = N_{sites_{ij}}/N_{sites_j}$

Où  $N_{individuals_{ij}}$  est le nombre moyen d'individus de l'espèce  $i$  dans les sites du groupe  $j$ ,  $N_{individuals_i}$  est la somme des nombres moyen d'individus de l'espèce  $i$  dans tous les groupes,  $N_{sites_{ij}}$  est le nombre de sites dans le cluster  $j$  où l'espèce  $i$  est présente et  $N_{sites_j}$  est le nombre total de sites dans ce cluster. L'indice est à 100% lorsque des individus de l'espèce  $i$  est observé dans tous les sites d'un groupe de sites. Dufrêne et Legendre ont choisi un seuil de 0,25 (25%) pour cet indice, ce qui implique qu'une espèce indicatrice est présente dans au moins 50% d'un groupe de sites et que son abondance relative dans ce groupe atteint au moins 50%. De plus, il faut que ces espèces aient une valeur d'indice significatif ( $p$ -valeur  $\leq 0,01$ ).

### Logiciel utilisé

L'ensemble des analyses de communautés ont été réalisées sur le logiciel RStudio avec une version de R 4.0.5 (R Core Team 2020) ainsi que les packages suivants : vegan (Oksanen et al. 2019), BiodiversityR (Kindt 2016), ade4 (Dray and Dufour 2007), labdsv (Roberts 2013).

## III- Inventaires et analyses

### III.1- Données historiques

L'ensemble des données historiques des abeilles sauvages du Kauwberg ont été exportées le 6 mars 2020 de la banque de données fauniques Mons-Gembloux à l'aide du logiciel Data fauna-flora v.5.1. Il s'agit d'un logiciel de gestion et d'exploitation des banques de données biogéographiques développés par Yvan Barbier (Région Wallonne, DEMNA & UMons) et ses collaborateurs en 1998.

Les observations d'abeilles au sein du Kauwberg regroupent 143 données depuis l'année 2000. Aucune observation n'a été saisie sur la base de données depuis 2009. Cela est dû à un manque d'observateurs sur le site, ainsi que de l'avènement du site observations.be auquel nous n'avons pas pu avoir accès aux données historiques, ni à celles de l'Université Libre Bruxelles. En effet, les données sont issues d'un seul observateur : Monsieur Alain Pauly, expert des abeilles sauvages en Belgique. L'ensemble de ses observations ont été citées dans sa publication Pauly (2019).

Son intérêt s'est porté uniquement sur la sablière, comme on le peut voir sur la répartition de ses données (Figure 3). Celles-ci proviennent principalement des années 2000 et 2002 avec une augmentation de l'abondance et de la richesse des abeilles en 2002 (Figure 4). En effet, celles-ci ont



plus de doublé en passant de 34 espèces pour moins de 90 individus contre 93 espèces connues pour 231 individus. En revanche, seulement 20 individus de 15 espèces différentes ont été observés en 2004 et seulement 5 individus d'*Andrena fulva* (Müller 1766) en 2009.

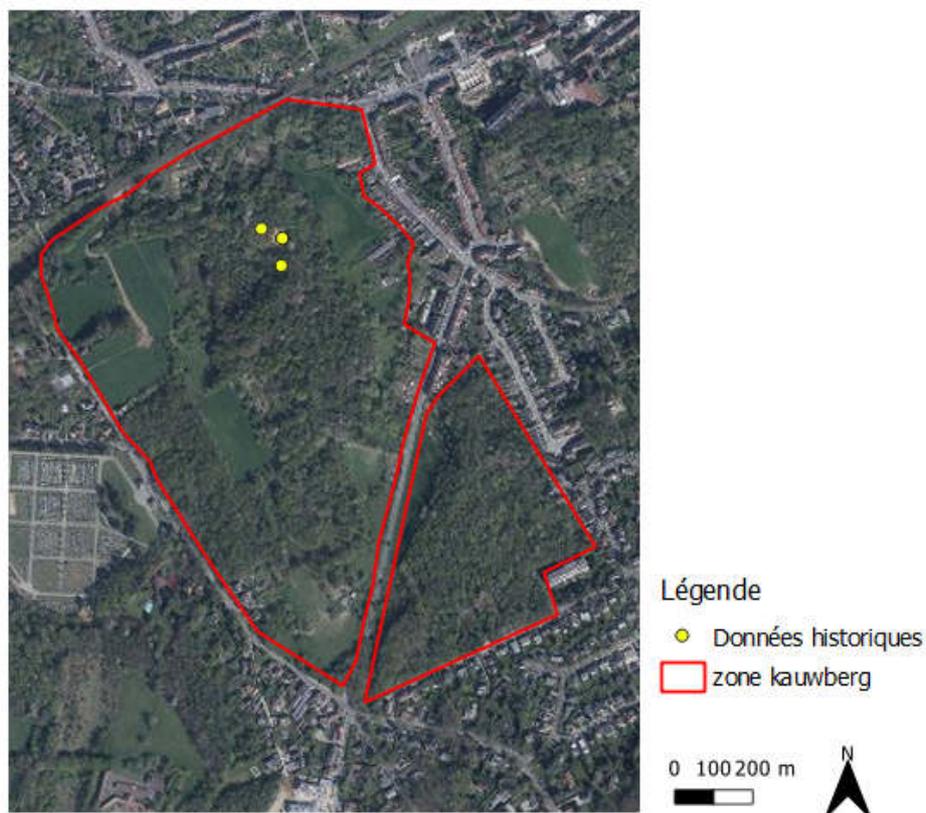


Figure 3 : Distribution des données historiques du Kauwberg depuis 2000

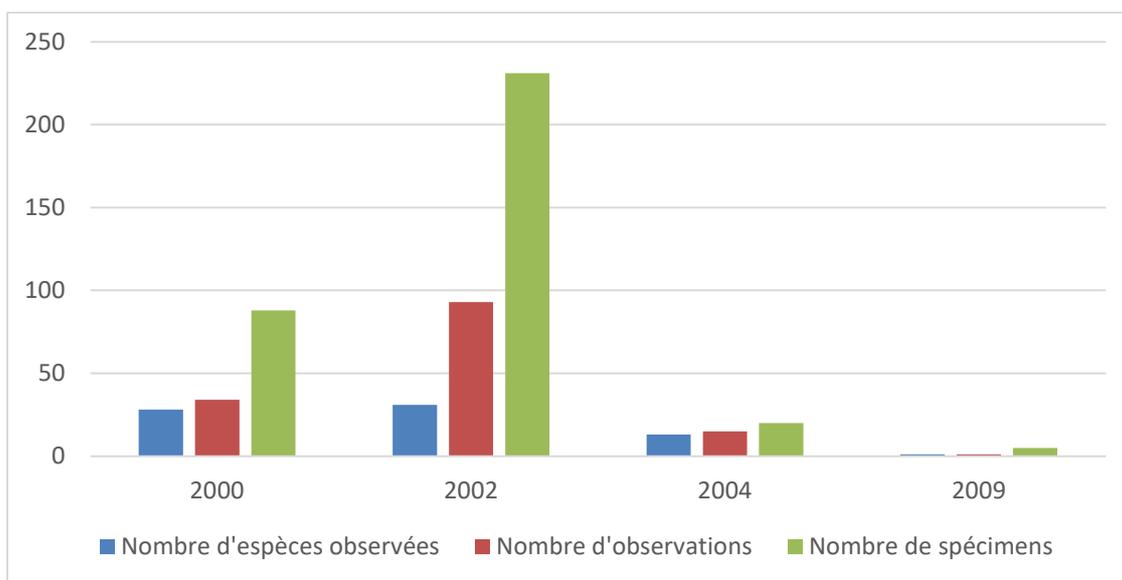


Figure 4 : Evolution des données historiques des abeilles sauvages du Kauwberg entre 2000 et 2010

Concernant les syrphes du Kauwberg, à notre connaissance nous ne disposons pas de données historiques sur le site. À nouveau, nous n'avons pas pu obtenir les informations de la part du site d'hébergement observation.be.

### III.2- Données actuelles et résultats des analyses de communautés

Pour rappel, les trois classes d'habitats, c'est-à-dire les milieux fermés, les milieux ouverts et les potagers urbains, sont repris dans les résultats respectivement sous les termes, « Couvert », « Ouvert », « Potager ». C1 à C6, O1 à O6, P1 à P6 correspondent aux sites ou parcelles échantillonnés respectivement en milieux couverts, milieux ouverts et potagers urbains. La sablière correspond à la parcelle C1, le *dirtbike* à la parcelle C5 et la roselière à la parcelle C6.

Concernant les abeilles sauvages collectées, la base de données estivales de 2020 reprend 2 277 abeilles identifiées, ce qui reste un jeu de données réduit mais suffisant. En ce qui concerne la base de données de 2021 relative à ce projet, une partie des insectes n'ont pas été identifiés. Seuls 678 individus ont été identifiés à l'espèce ce qui nous fait un total de 2 995 spécimens identifiés. Pour savoir s'il est réaliste d'utiliser ces données lors des calculs et estimations, un pourcentage d'individus identifiés par sites est disponible au Tableau 1.

Parmi les espèces identifiées neuf ont le statut de vulnérabilité *quasi menacée* (NT), quatre sont *vulnérables* (VU) et une est *en danger* (EN) selon la liste rouge Belge des abeilles sauvages (Annexe III). Par ailleurs, deux espèces ne se retrouvent pas dans cette liste, mais ont déjà été observées en Belgique, on retrouve notamment leur trace sur le site *Atlas Hymenoptera*. Trois autres espèces ont des statuts de déficience de données (DD). Le reste des espèces concerne celles qui sont non préoccupées par des problèmes de conservation (LC). Par rapport aux syrphes, étant donné qu'il n'existe pas de liste rouge à l'échelle nationale ni régionale en Belgique, il est difficile de constater leur statut de conservation dans le cadre de cette étude.

Il est dès lors possible de voir que certains sites sont surreprésentés, comme le milieu ouvert O3 qui présente plus de 40% d'individus identifiés, à l'inverse de notamment la sablière (C1sab) qui montre moins de 10% d'individus identifiés. Les données de 2021 peuvent être utilisées pour l'analyse de composition et d'espèces indicatrices, mais il serait erroné de les utiliser pour exprimer la richesse spécifique du site par exemple. L'utilisation ou non des données printanières de 2021 est référencée à chaque fois qu'elle est utilisée dans la suite des résultats.

Concernant les syrphes, nous avons pu identifier l'ensemble des spécimens collectés des deux années ce qui représente au total 1 287 individus pour les 18 sites d'échantillonnages visités 9 fois (Tableau 2). Ils ont été intégrés à la base de données. Soixante-deux espèces de syrphes ont été identifiées pour un total de 35 genres.

Tableau 1 Nombre d'individus de syrphes collectés en 2020 et 2021 ainsi que le nombre de genres et d'espèces identifié pour l'ensemble du Kauwberg et par habitat.

Habitat	Abondance d'individus	Nombre de genres	Nombre d'espèces
<b>Kauwberg</b>	1287	35	62
<b>Couvert</b>	336	21	34
<b>Ouvert</b>	420	24	39
<b>Potager</b>	531	28	45

Un tableau détaillé par site échantillonné figure à l'annexe IV. La composition en espèces et leur abondance pour le Kauwberg et par habitat se trouve en annexe V.

*Courbes d'accumulation et de raréfaction*



Les courbes d'accumulation ont été réalisées pour l'ensemble du Kauwberg, et pour chaque milieu (ouvert, couvert et potager). Concernant les abeilles sauvages du Kauwberg, chaque courbe tend vers un plateau, bien que l'asymptote horizontale ne se dessine pas nettement pour chaque habitat (Figure 6). Pour la courbe d'accumulation du Kauwberg entièrement (Figure 5), l'échantillonnage a quant à lui été plutôt exhaustif puisqu'il présente un plateau plus net. L'écart-type (en bleu) qui décrit chaque courbe rétrécit au fur et à mesure de l'approche du plateau, et donc à l'augmentation du nombre d'unités d'échantillonnage ajoutées. Les courbes de raréfaction par rapport aux abeilles sauvages permettent d'observer ces mêmes tendances, avec une unité d'échantillonnage qui est le nombre d'individus (Figure 7). Les courbes de raréfaction selon les 3 milieux (Figure 8) sont également intéressantes pour voir l'abondance et la richesse.

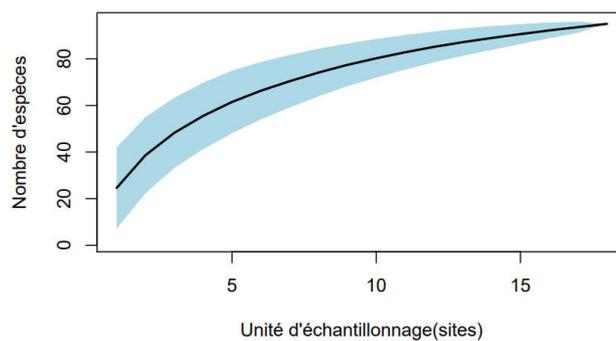


Figure 5 Courbe d'accumulation du nombre d'espèces d'abeilles sauvages en fonction de l'unité d'échantillonnage (sites) sur l'ensemble du Kauwberg à partir des données de 2020.

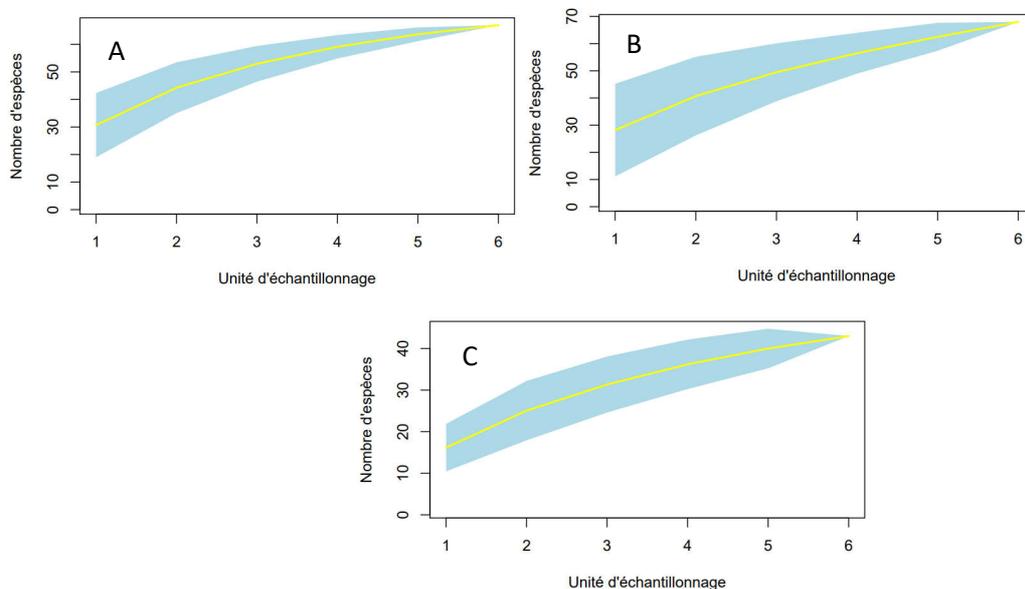


Figure 6 Courbes d'accumulation du nombre d'espèces d'abeilles sauvages en fonction de l'unité d'échantillonnage (sites) des (A) potagers, (B) milieux ouverts et (C) milieux couverts pour les données de 2020.

**Courbe de rarefaction par site (2020)**

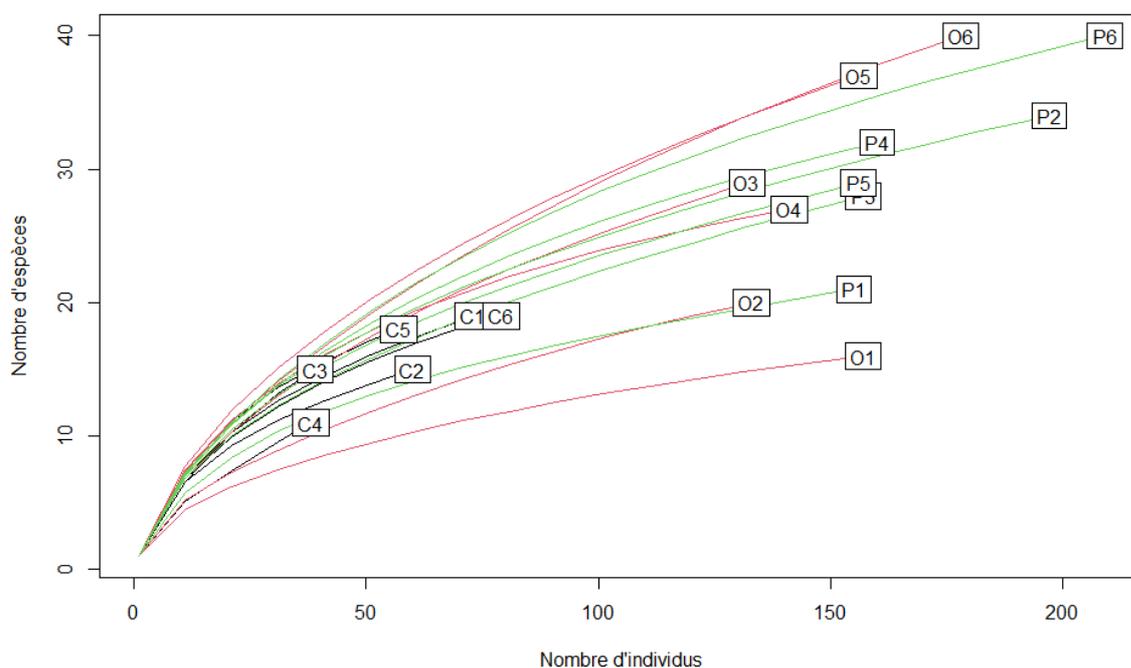


Figure 7 Courbes de rarefaction selon les sites en 2020 pour les abeilles sauvages du Kauwberg (rouge : milieux ouverts, verts : potagers, noir : milieux couverts).

**Courbe de rarefaction par habitat (2020)**

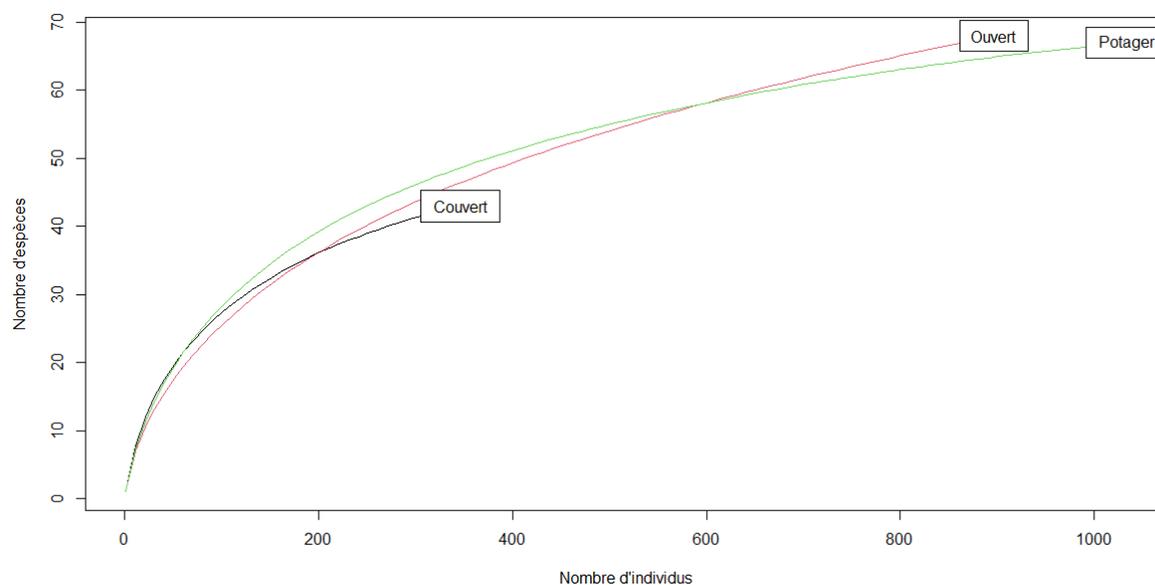


Figure 8 Courbe de rarefaction selon les habitats (ouvert, couvert, potager) pour les abeilles sauvages du Kauwberg en 2020 (rouge : milieux ouverts, verts : potagers, noir : milieux couverts).

Concernant les syrphes du Kauwberg, aucune des courbes ne tend vers une asymptote horizontale et l'écart-type reste important en fin de courbe. L'échantillonnage ne semble donc pas avoir été exhaustif (Figures 9 et 10).



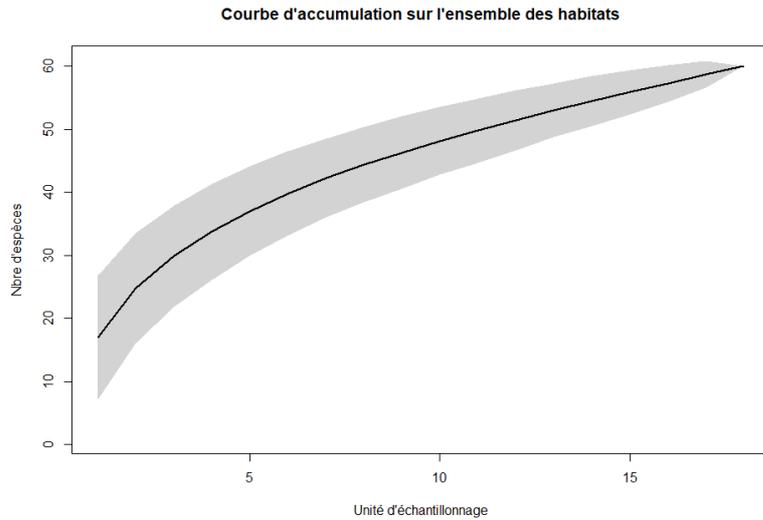


Figure 9 Courbe d'accumulation des syrphes du Kauwberg sur l'ensemble des habitats étudiés.

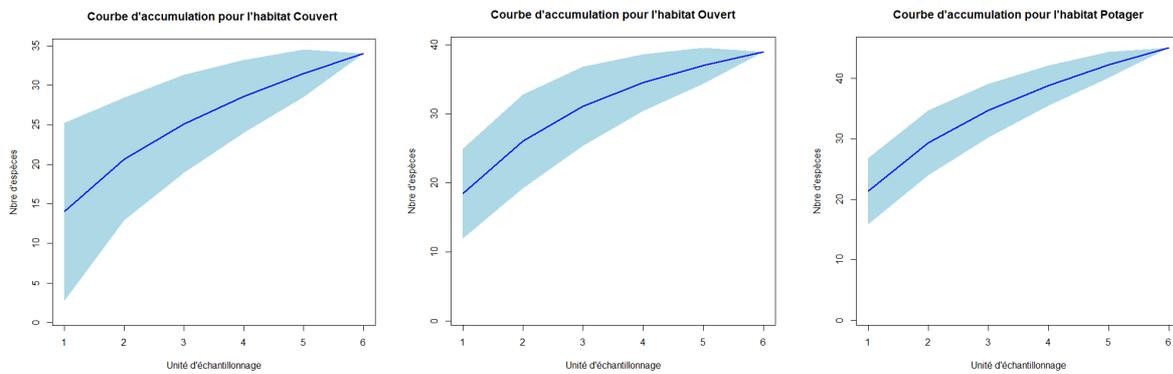


Figure 10 Courbes d'accumulation des syrphes du Kauwberg par habitat (Couvert, Ouvert, Potager).

Pour les syrphes, les courbes de raréfaction ont été calculées par habitat et pour chaque site d'échantillonnage (Figures 11 et 12). Elles montrent le nombre d'espèces en fonction du nombre d'individus collectés.

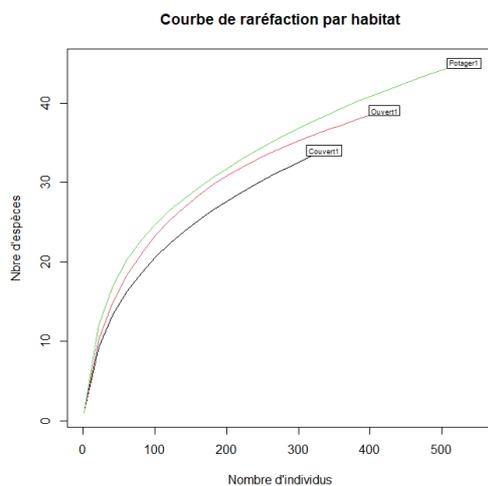


Figure 11 Courbe de raréfaction par habitat des syrphes du Kauwberg



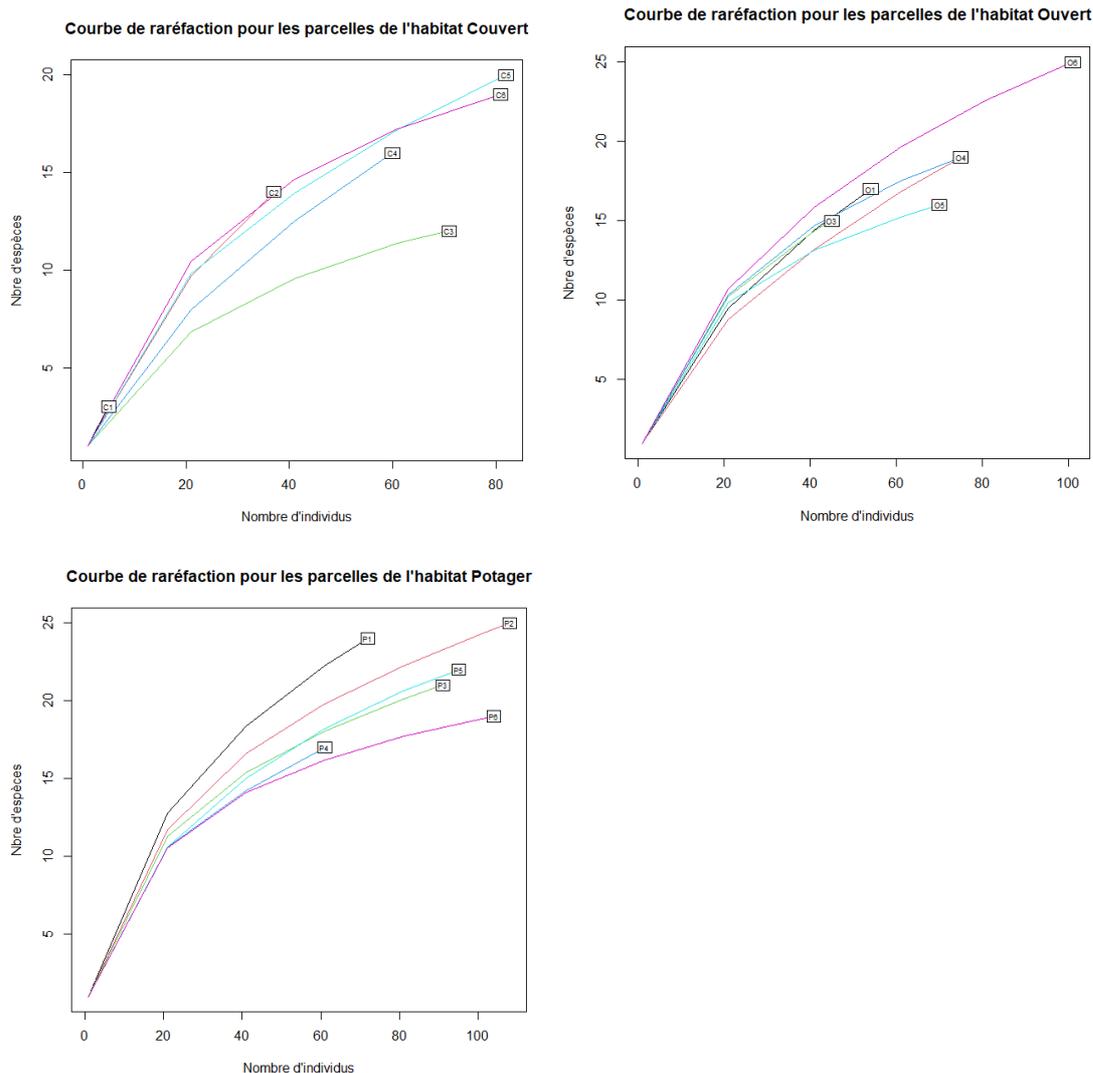


Figure 12 Courbes de raréfaction des syrphes du Kauwberg par parcelle échantillonnée pour chacun des habitats.

### Estimateur non-paramétrique Chao 1

Concernant les abeilles sauvages, le calcul du nombre d'espèces estimées grâce à l'indicateur Chao1 a été calculé sur base des données de 2020 uniquement, au filet et aux pantraps (Tableau 4). Cet estimateur a été calculé par site, par habitat et pour l'ensemble du Kauwberg.

On observe que l'estimateur Chao 1 est toujours plus élevé que le nombre d'espèces observées, parfois même beaucoup plus élevé : 37 espèces d'abeilles ont été détectées en O5 alors que Chao 1 vaut un peu plus de 71. **Les milieux ouverts et les potagers restent les milieux qui présentent le plus d'espèces d'abeilles sauvages. Les milieux ouverts semblent les plus riches.**

Au total, 95 espèces d'abeilles sauvages ont été détectées en 2020. C3, C7ros, O1, O2 et O4 montrent un nombre d'espèces observées assez proche de ce que Chao1 estime. Cependant, dans l'ensemble du Kauwberg, 95 espèces sur 110 estimées ont été détectées, ce qui est tout à fait acceptable. Sur l'ensemble du Kauwberg, les familles les plus représentées sont les Apidae et les Andrenidae.

Grâce aux données très réduites de 2021, il est possible de déterminer certaines espèces manquantes de 2020. En effet, les espèces du tableau 5 se sont retrouvées dans l'échantillonnage de 2021 et pas dans celui de 2020. Il en existe certainement d'autres qui n'ont pas été identifiées.



Tableau 2 Espèces d'abeilles sauvages observées et estimateur Chao1 selon les sites, les milieux et le Kauwberg entier en 2020.

Sites	Espèces observées	Chao 1	Pourcentage d'espèces détectées
<b>C1sab</b>	19	31,00	61,29
<b>C2</b>	15	25,50	58,82
<b>C3</b>	15	19,67	76,26
<b>C4</b>	11	39,00	28,21
<b>C6</b>	18	27,33	65,86
<b>C7ros</b>	19	24,60	77,24
<b>O1</b>	16	23,00	69,57
<b>O2</b>	20	29,00	68,97
<b>O3</b>	29	55,25	52,49
<b>O4</b>	27	33,00	81,82
<b>O5</b>	37	71,20	51,97
<b>O6</b>	40	63,33	63,16
<b>P1a</b>	21	33,00	63,64
<b>P1b</b>	34	49,00	69,39
<b>P2a</b>	28	46,20	60,61
<b>P2b</b>	32	43,14	74,18
<b>P3a</b>	29	51,75	56,04
<b>P3b</b>	40	70,60	56,66
<b>Couvert</b>	43	50,33	85,44
<b>Ouvert</b>	68	100,50	67,66
<b>Potager</b>	67	73,067	91,70
<b>Kauwberg</b>	95	110,11	86,28

Tableau 3 Espèces présentes d'abeilles sauvages dans l'échantillonnage de 2021 et absente en 2020 ainsi que leur abondance respective.

Espèce identifiée en 2021 absente en 2020	Nombre d'individus
<i>Andrena angustior</i> (Kirby 1802)	5
<i>Andrena fulva</i> (Müller 1776)	40
<i>Andrena gravida</i> Imhoff 1902	3
<i>Andrena humilis</i> Imhoff 1832	1
<i>Andrena nigroaenea</i> (Kirby 1802)	7
<i>Andrena ovatula</i> (Kirby 1802)	2
<i>Andrena scotica</i> Perkins 1916	1
<i>Andrena vaga</i> Panzer 1799	80



Concernant les syrphes du Kauwberg, l'estimation de la richesse réelle au moyen de l'estimateur non paramétrique Chao1 a été réalisée pour l'ensemble du site et chacun des habitats (Tableau 6). Le nombre estimé d'espèces pour chaque communauté est sensiblement plus élevé que le nombre d'espèces observées. La richesse spécifique réelle est relativement équivalente pour les habitats Potager et Ouvert. Elle est moindre pour l'habitat Couvert.

Tableau 4 Estimation de la richesse spécifique réelle des syrphes du Kauwberg

Habitat	Nombre d'espèces observées	Nombre estimé d'espèces (Chao 1)	Pourcentage d'espèces manquées
Kauwberg	62	104,17	38.56%
Couvert	34	45,14	24.68%
Ouvert	39	61,00	36.07%
Potager	45	58,13	22.59%

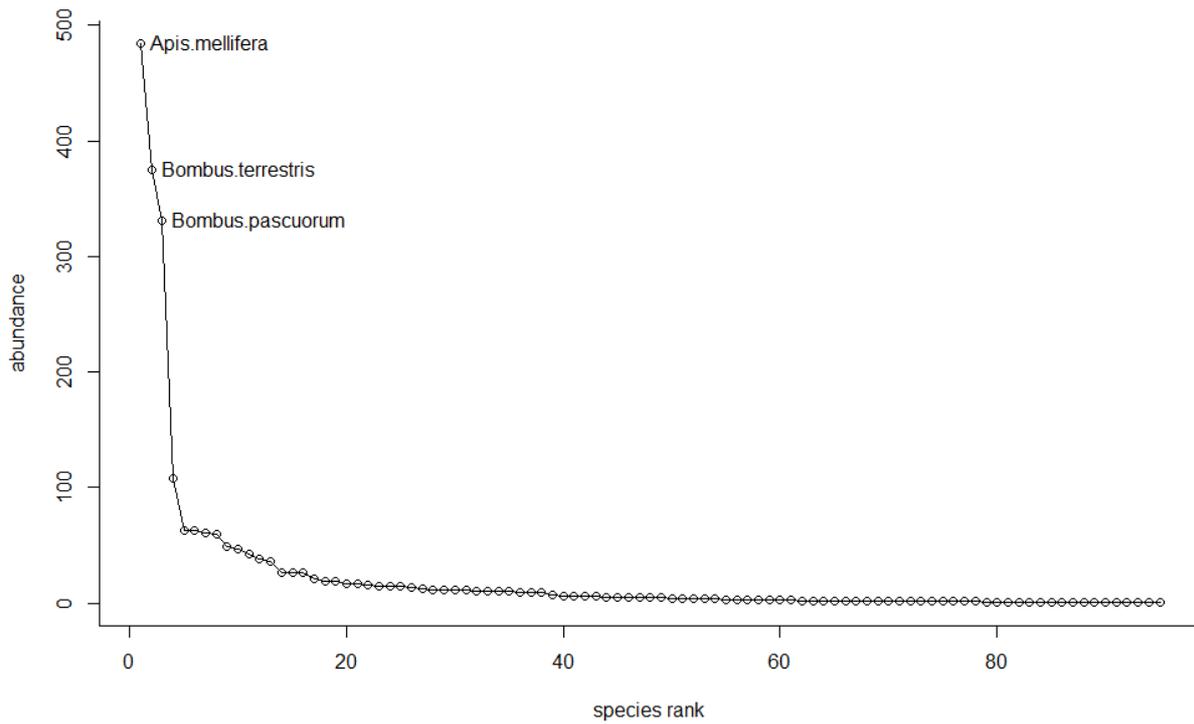
#### Rang d'abondance

Par rapport aux abeilles sauvages, une forte dominance de certaines espèces au sein de tous les milieux se révèle (Figure 13). L'espèce la plus capturée dans l'ensemble du Kauwberg est l'abeille domestique *A. mellifera* (21,3%).

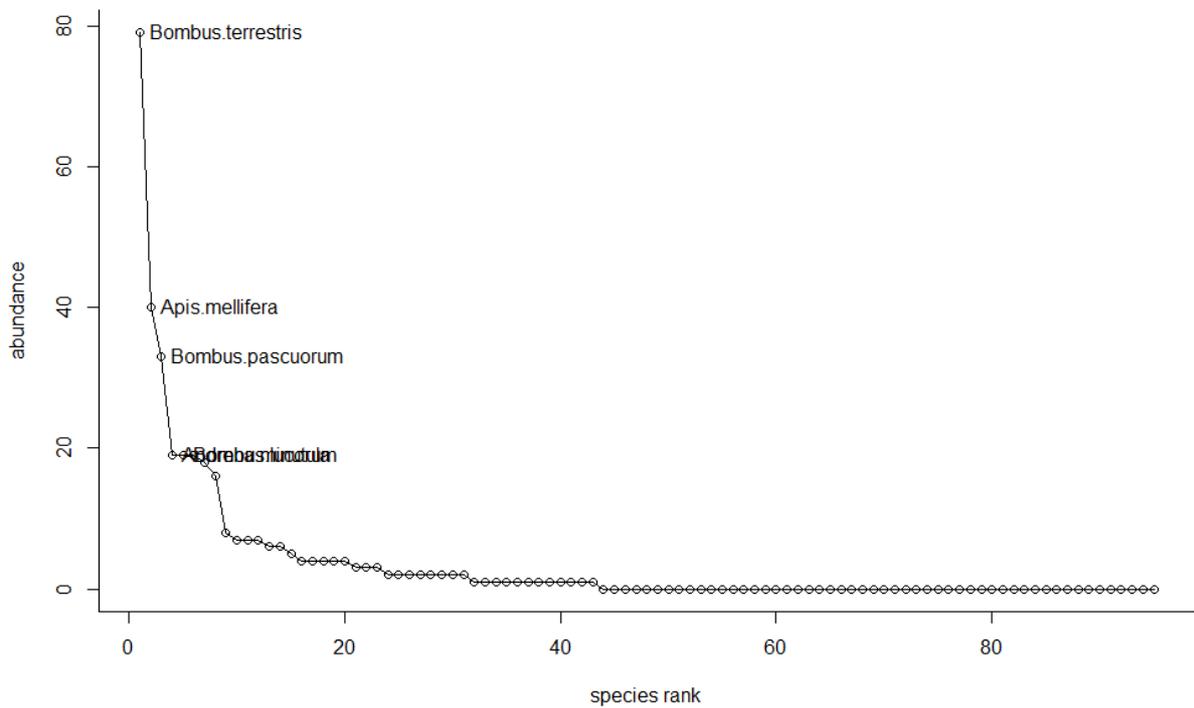
Au niveau des abeilles sauvages, il s'agit de *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758) (16,5%) suivi de près par *Bombus pascuorum* (Scopoli 1763) (14,5%). Les milieux ouverts suivent cette tendance avec respectivement 24,5%, 17,8% et 12,7%. Au sein des milieux couverts, *B. terrestris* représente un quart des relevés (22,8%). Au niveau des potagers, *A. mellifera* domine également, suivi par *B. pascuorum*. Les 2 habitats particuliers que sont la roselière et la sablière ont également été analysés. La roselière suit la tendance des milieux couverts, tandis que la sablière présente des espèces plus particulières : *Andrena minutula* (Kirby, 1802) (23,3%), *Colletes hederæ* Schmidt & Westrich 1993 (20,5%), *Sphcodes miniatus* Hagens 1882 (9,6%) et *Colletes cunicularius* Linnaeus 1761 (8,2%) représentent plus de 60% des relevés de la sablière en 2020 (Figure 13).



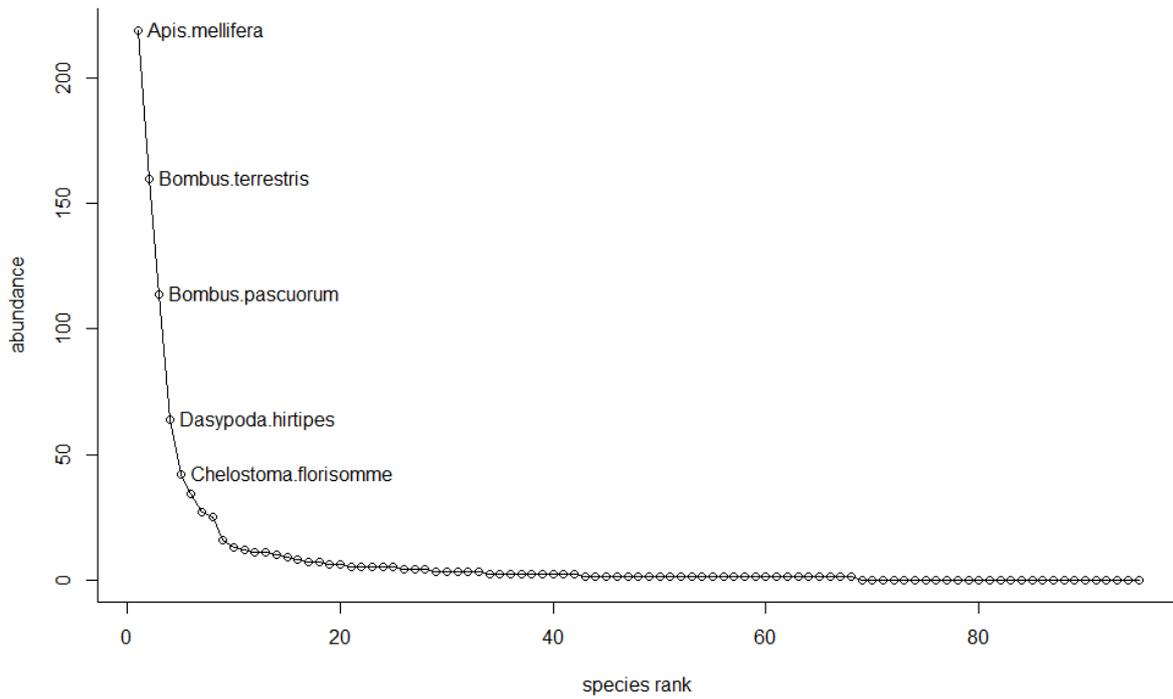
**Rang d'abondance (2020)**



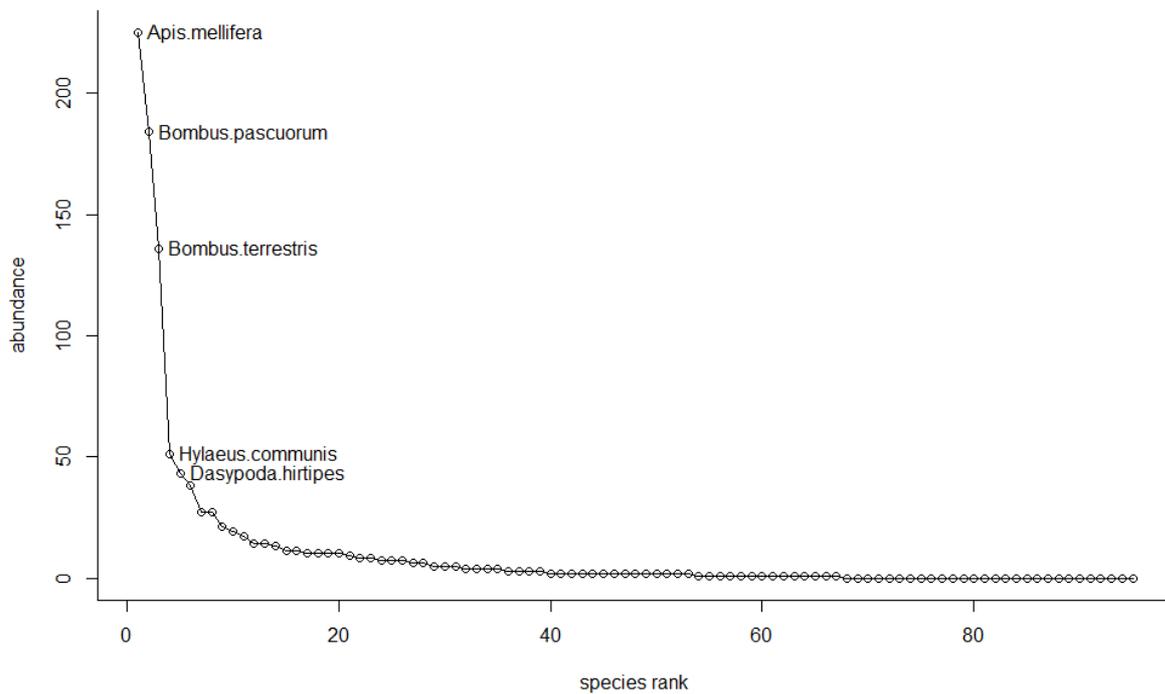
**Rang d'abondance pour les milieux couverts (2020)**



### Rang d'abondance pour les milieux ouverts (2020)



### Rang d'abondance pour les potagers (2020)



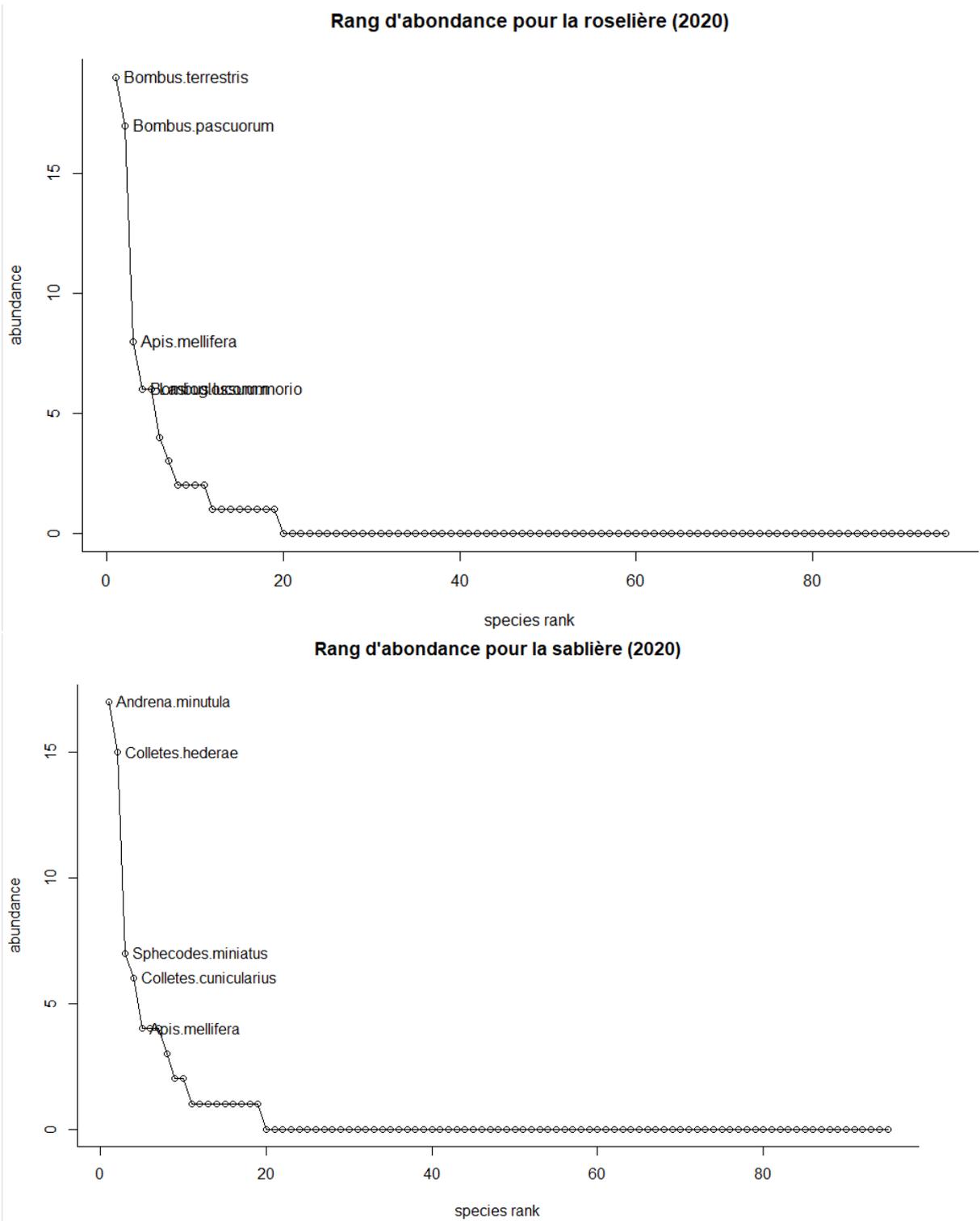


Figure 13 Rang d'abondance des abeilles sauvages selon les milieux et selon la roselière et la sablière en 2020.



Par rapport aux syrphes, les courbes de rang d'abondance (Figure 14) mettent en évidence un modèle de dominance/rareté plus prononcé pour les habitats Couvert et Ouvert où une espèce domine avec respectivement 38,1% (*Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776)) et 30.5% (*Sphaerophoria scripta* (L., 1758)). L'habitat Potager présente une plus grande équitabilité entre les premières espèces.

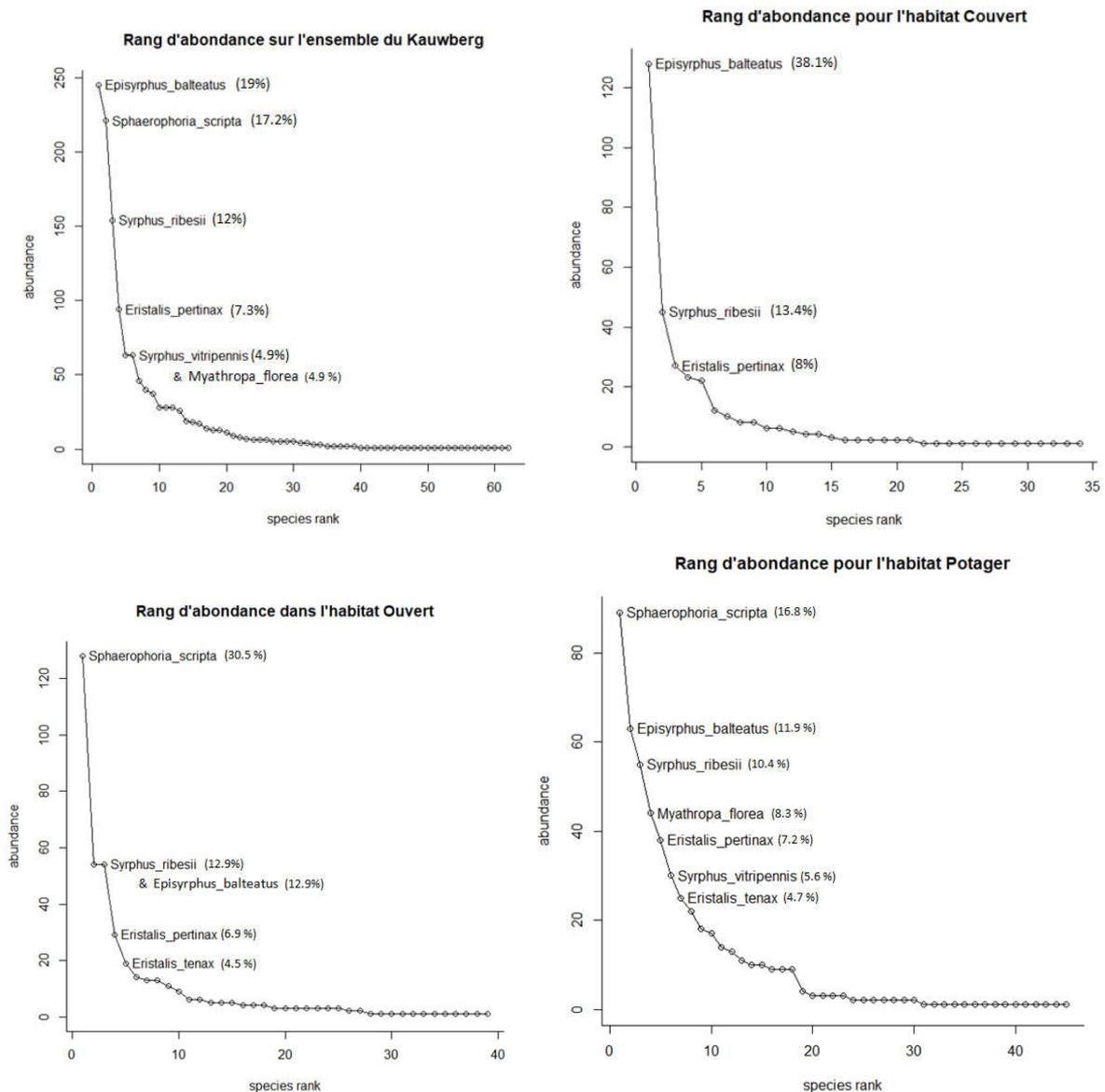


Figure 14 Rang d'abondance des syrphes pour le Kauwberg et par habitat. Le pourcentage représente l'abondance relative de l'espèce.

#### Richesse, abondance et indice de diversité de Simpson, Shannon et Piélou

Par rapport aux abeilles sauvages, les milieux ouverts et les potagers montrent la meilleure richesse et abondance (Figure 15). Cependant, ce sont les milieux couverts qui sont le plus équitablement répartis selon l'indice de Piélou. Les différents milieux sont tous les 3 assez diversifiés (voir indice de Simpson), bien que les indices pour les milieux ouverts et potagers sont légèrement plus élevés. La composition en individus est dominée par *Apis mellifera* durant une grande partie de la période d'échantillonnage (Figure 16).



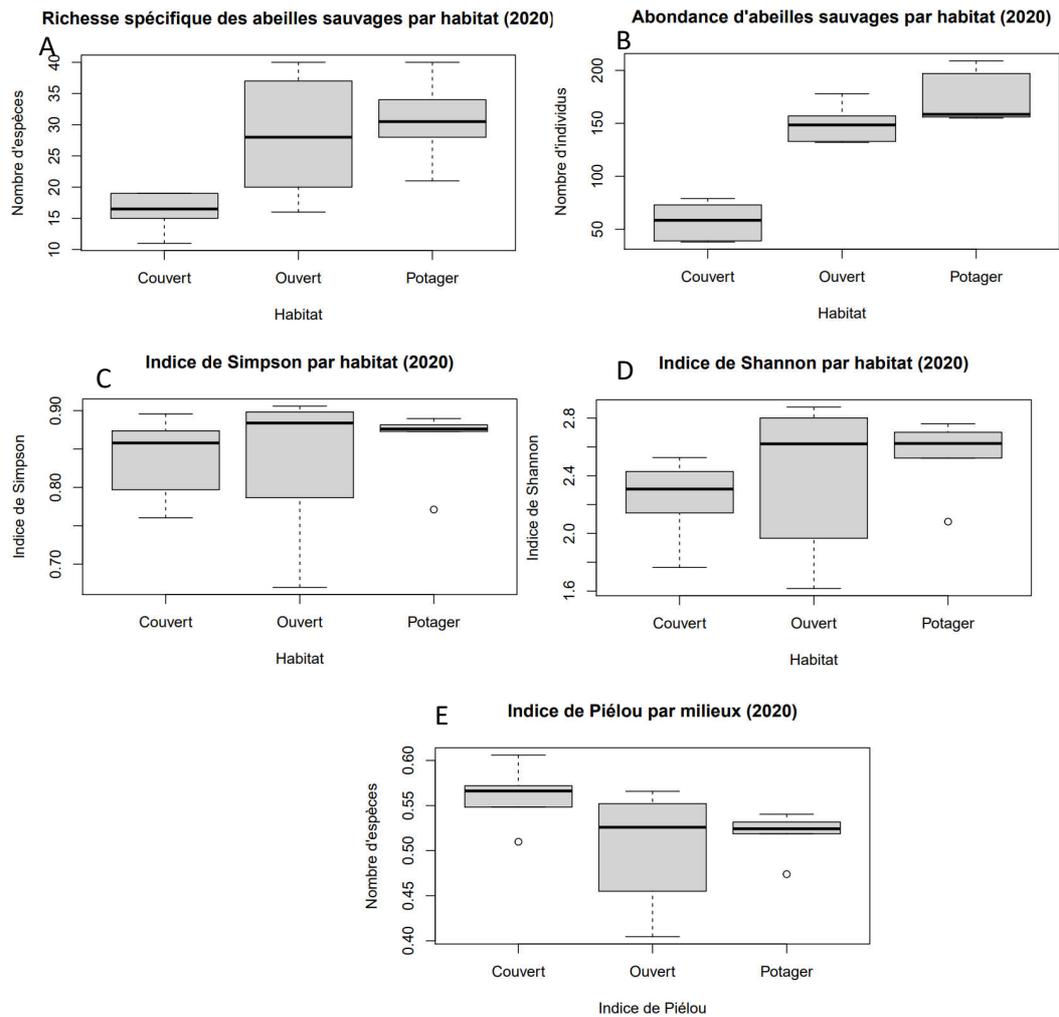


Figure 15 Représentation sous forme de boxplot de la richesse spécifique (A), de l'abondance (B) et des indices de diversité alpha (Simpson (C), Shannon (D), Pielou (E)) des données collectées en 2020 par habitat.

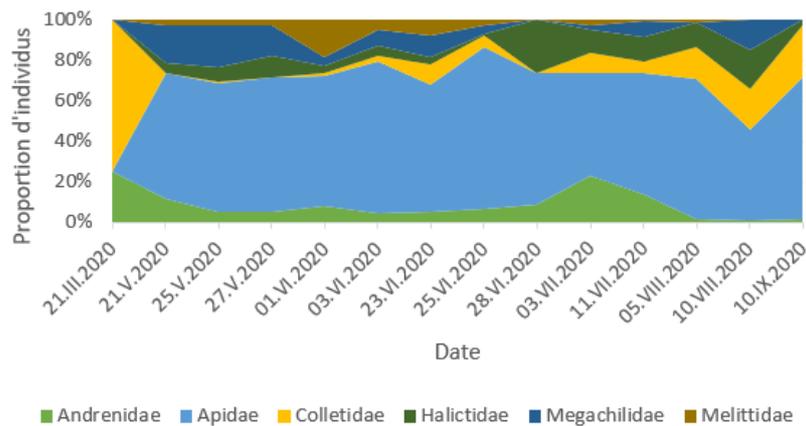


Figure 16 Composition en individus par famille en fonction des dates d'échantillonnage au Kawberg en 2020 (*A. mellifera* comprise).



Par rapport aux syrphes, une différence du nombre d'espèces observées a été mise en évidence entre les habitats. L'habitat Potager est également différent de l'habitat Ouvert. Aucune différence significative n'a été observée entre les abondances par habitat (Figure 17). Une différence a été mise en évidence entre les habitats pour l'indice de et l'indice de Shannon. L'habitat Potager est différent de l'habitat Couvert et de l'habitat Ouvert (Figure 18). Aucune différence n'a été observée entre les habitats pour l'indice de Piélou (Figure 18).

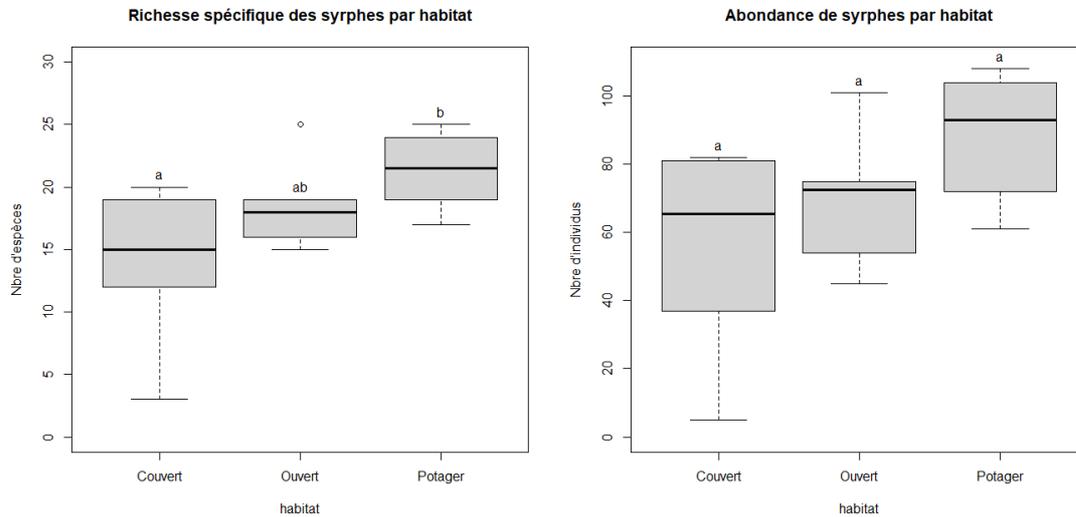


Figure 17 Boxplot par habitat de la richesse spécifique (gauche) et de l'abondance (droite) des syrphes du Kauwberg. Les lettres indiquent les différences significatives entre les habitats.



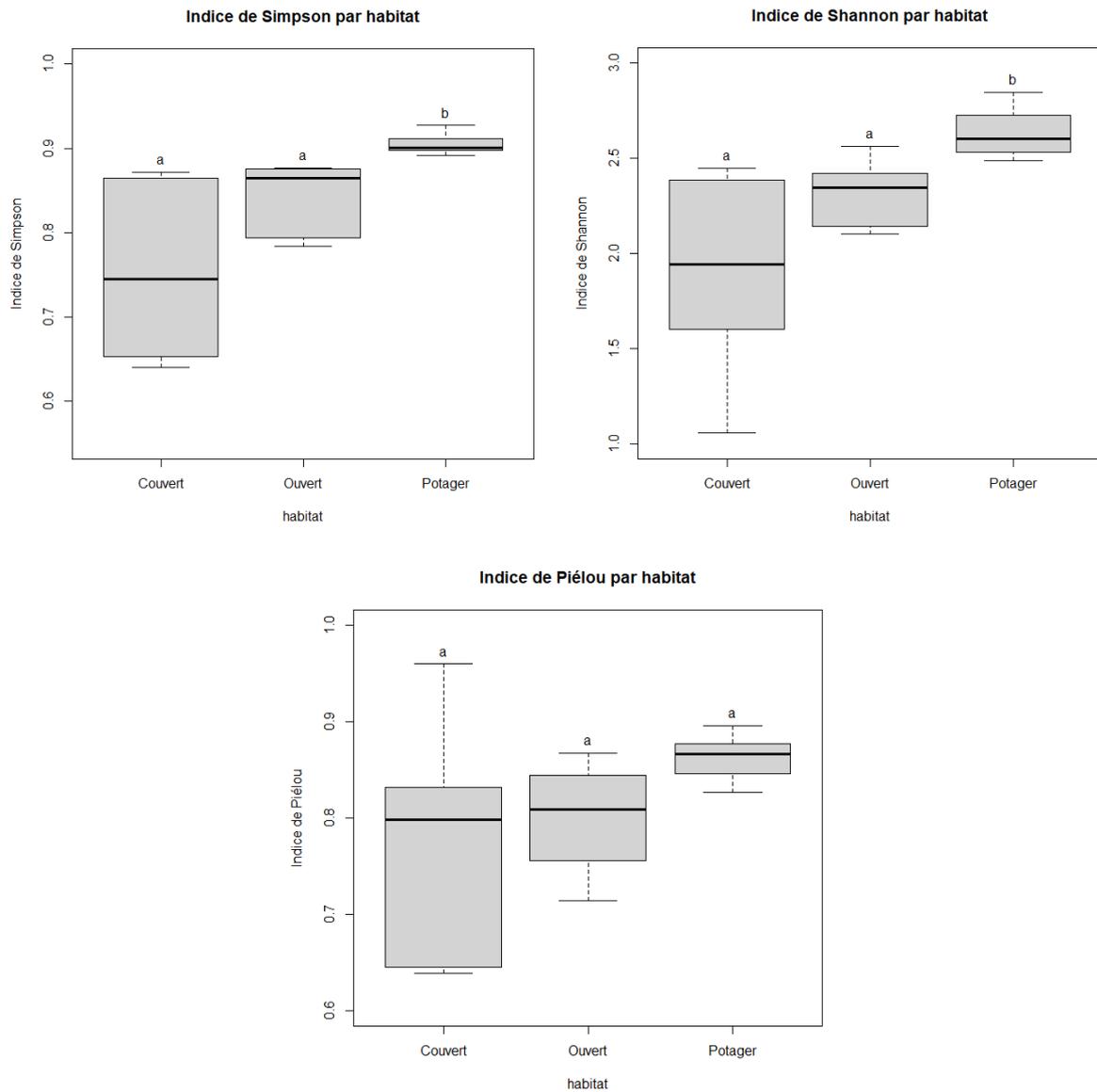


Figure 18 Boxplot par habitat des indices de Simpson (en haut, à gauche), Shannon (en haut, à droite) et Pielou (en bas) des syrphes du Kauwberg. Les lettres indiquent les différences significatives entre les habitats.



## Diversité bêta et PCoA

Par rapport aux abeilles sauvages, la structure des communautés des milieux ouverts et potagers tend à être semblables (Figure 19). Ces 2 milieux se distinguent fortement du milieu couvert. Les 3 habitats se présentent tout de même sur le premier axe de la PCoA. La composition des milieux couverts présente une forte variabilité, qui se représente par un étalement fort de l'ellipse. Elle présente même un outlayer : la sablière C1. Les milieux ouverts et potagers montrent des communautés assez similaires puisque les ellipses se chevauchent. Le premier axe explique 32,7% de l'information tandis que le deuxième en fournit 17,6%.

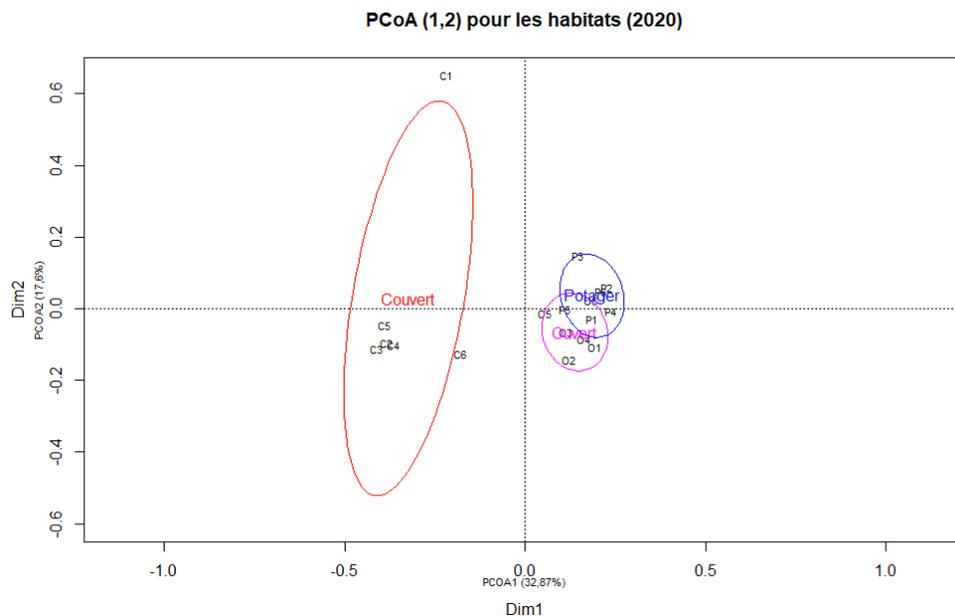


Figure 19 PCoA pour les habitats en 2020 par rapport aux communautés d'abeilles sauvages du Kawberg

Par rapport aux syrphes, l'axe 1 et 2 de la PCoA expliquent à eux seuls 54,61% de la variabilité totale, ceux de la PCoA formée par les axes 1 et 3, expliquent 43,27% de la variabilité (Figure 20). La variabilité de la composition au sein des trois habitats est faible. La composition des communautés de syrphes de l'habitat Ouvert et Potager est proche et elle diffère de l'habitat Couvert.

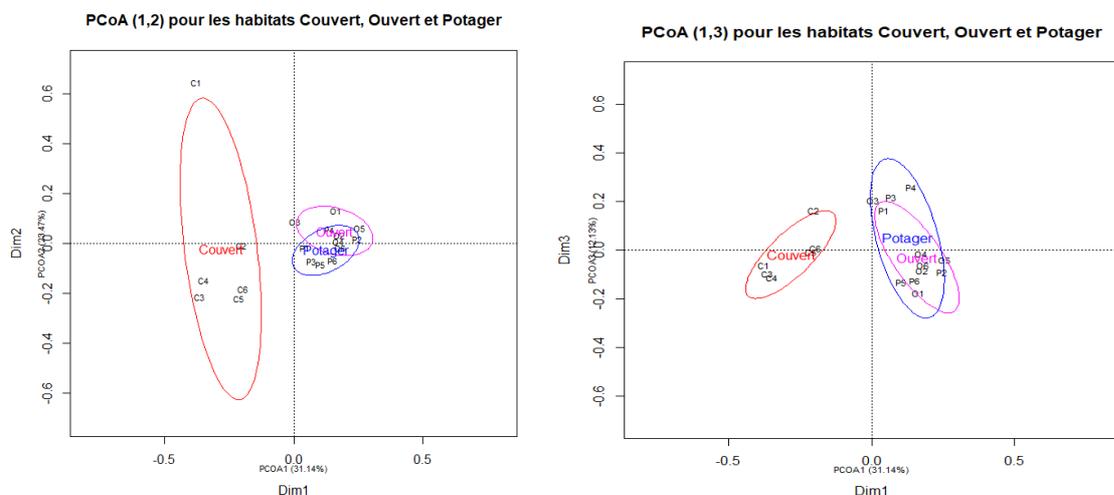


Figure 20 PCoA (1,2) (à droite) et PCoA (1,3) (à gauche) des communautés de syrphes pour les habitats du Kawberg.



## Espèces indicatrices

En prenant les abeilles sauvages et les syrphes ensemble, nous obtenons 13 espèces indicatrices dont 6 abeilles sauvages et 7 syrphes. Quatre espèces sont propres aux espaces couverts, trois autres aux espaces ouverts et six aux zones potagères (Tableau 7).

Tableau 5 Espèces indicatrices (IndVal>0,25) et leur p-valeurs en 2020. Les \* indiquent des syrphes.

Couverts	Ouverts	Potagers
<i>Bombus norvegicus</i> (Sparre Schneider, 1918) (0,005)	<i>Bombus pascuorum</i> (Scopoli, 1793) (0,007)	<i>Bombus (Thoracobombus) pascuorum</i> (Scopoli, 1793) (0,07)
* <i>Baccha elongata</i> (Fabricius 1775) (0,005)	<i>Halictus (Halictus) scabiosae</i> (Rossi 1790) (0,005)	<i>Hylaeus communis</i> Nylander 1852 (0,001)
* <i>Meliscaeva auricollis</i> (Meigen 1822) (0,038)	* <i>Sphaerophoria scripta</i> (L.) (0,012)	<i>Sphecodes monilicornis</i> Kirby 1802 (0,01)
* <i>Episyrphus balteatus</i> (De Geer 1776) (0,044)		* <i>Myathropa florea</i> (L.) (0,01)
		* <i>Syrirta pipiens</i> (L.) (0,018)
		* <i>Merodon equestris</i> (Fabricius 1794) (0,023)

## IV- Discussion des résultats et approfondissement de la recherche

### IV.1- Structure des communautés et espèces remarquables

Nonante-cinq espèces ont été identifiées lors de l'échantillonnage de 2020. Le Kauwberg présente donc au minimum 23,6% de la faune d'abeilles sauvages de Belgique en période estivale. Ces chiffres indiquent que la richesse au sein des espaces verts (péri-)urbains est loin d'être négligeable. Sur ces 95 espèces, idéalement 265 spécimens appartenant à une vingtaine d'espèces nécessiteraient une vérification de leur identification plus approfondie que ce soit par les experts de ce genre ou de cette famille ou encore par identification moléculaire. Il s'agit principalement des espèces d'*Hylaeus*, de *Sphecodes* et ou encore de *Bombus norvegicus*. Il s'agit principalement d'espèces qui seraient peu représentées ce qui changerait donc relativement peu les tendances majeures observées.

L'intégralité des espèces inventoriées sont actuellement en préoccupation mineure d'extinction selon la Liste rouge des abeilles de Belgique (Annexe III ; Drossart *et al.* 2019). Parmi les nombreuses espèces présentes sur le site, certaines espèces répertoriées au sein de la sablière sont dites monolectiques (Annexe 3). Celles-ci sont très spécialisées dans la pollinisation des saules (*Salix* spp.), c'est le cas d'*Andrena clarkella* (Kirby 1802), *A. praecox* (Scopoli 1763), *A. vaga* et *A. ventralis* (Imhoff 1832) ou encore *Colletes cunicularius*.

D'autres espèces présentes sont oligolectiques avec un spectre de préférence alimentaire plus large, souvent une ou plusieurs familles d'espèces florales. *Andrena humilis* (Imhoff 1832) et *Heriades truncorum* (Linnaeus 1758) pollinisent exclusivement les espèces de la famille des Astéracées. On retrouve également de nombreuses espèces cleptoparasites spécialistes de certains hôtes : *Nomada albopunctata* (Herrich-Schaffer 1839), *N. fabriciana* (Linnaeus 1767), *N. flava* (Panzer 1798), *N. flavoguttata* (Kirby 1802), *N. marshamella* (Kirby 1802), dont les espèces en déclin *N. leucothorax* (Kirby 1802), *N. ruficornis* (Linnaeus 1758), *N. signata* (Jurine 1807) et *Sphecodes albilabris* (Fabricius 1793).

Il est important de prendre en considération la spécialisation et la tendance des populations des abeilles afin d'appréhender au mieux les impacts négatifs que les activités pourraient engendrer sur



celles-ci. En effet, ces espèces sont actuellement en préoccupation mineure d'extinction. Cependant, ces spécificités les rendent vulnérables aux changements de leur environnement. Les constatations de déclin des populations à l'échelle nationale ne sont pas à prendre à la légère. Une augmentation de cette tendance pourrait modifier le statut de menace d'extinction de ces espèces dans un futur proche, c'est notamment le cas de *Bombus lapidarius* (Fabricius 1793), *Colletes cunicularius* et *Lasioglossum sexnotatum* (Kirby 1802).

Nous avons recensé également une espèce en danger d'extinction (Drossart et al. 2019), il s'agit d'*Andrena fulvida*. Cette espèce estivale est associée aux milieux forestiers ouverts et thermophiles. On la retrouve ainsi régulièrement dans les forêts alluviales. L'espèce semble privilégier les forêts caducifoliées mixtes avec présence de bouleau (*Betula sp.*) (Kocourek 1966, Westrich 2018). *A. fulvida* est toutefois largement polylectique. Elle récolte le pollen de 14 familles de plantes: Brassicaceae, Campanulaceae, Cornaceae, Ericaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Geraniaceae, Liliaceae, Plantaginaceae, Oleaceae, Ranunculaceae, Rhamnaceae, Sapindaceae et Valerianaceae (Westrich 2018). Vu son statut, il convient donc d'assurer la plantation des familles de plantes qu'elle butine dans les jardins pour garantir sa conservation sur le site aux alentours (notamment dans le cadre du projet « Effet papillon pour les abeilles » de la commune d'Uccle, soutenu par Bruxelles Environnement dans le cadre du volet Ville-Nature d'Action Climat).

Chez les syrphes, dans les habitats Ouvert et Potager, l'espèce *Sphaerophoria scripta* (L., 1758) est la plus abondante, suivie par *Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776) et *Syrphus ribesii* (L., 1758). Ces deux dernières espèces dominent également l'habitat Couvert alors que *S. scripta* y est très peu représenté (Figure 14). Ces trois espèces, qui représentent à elles seules 48,2% du nombre de spécimens de syrphes récoltés au Kauwberg, sont des espèces aphidiphages (au stade larvaire) et migrantes communes en Europe (Nengel and Drescher 1991, Vanhaelen et al. 2004, Francis et al. 2005, Alhmedi et al. 2010, Speights 2017). Alors que *E. balteatus* et *S. ribesii* sont ubiquistes et se retrouvent dans une grande variété d'habitats, *S. scripta* est plutôt présente dans les milieux ouverts, prairies, cultures, jardins... (Speights 2017). D'autres espèces communes en Belgique se retrouvent également au Kauwberg comme *Eristalis pertinax*, *E. tenax* ou encore *Syrphus vitripennis* (Schulten 2020). Des individus de l'espèce non migrante *Myathropa florea* ont été retrouvés en nombre dans les potagers. Un milieu qui leur est favorable en raison de la présence de composts et d'eau stagnante (Speights 2017) et où leur présence n'a pas été limitée par l'emploi de pesticides et d'intrants chimiques auxquelles les larves microphages semblent sensibles, car les potagers sont essentiellement cultivés en agriculture biologique (Schweiger et al. 2007).

A côté des syrphes relativement communs, dix espèces considérées comme rares et trois comme très rares en Belgique selon Schulten (2020) ont été retrouvées dans les différents habitats (Annexe V) ce qui démontre une nouvelle fois que le Kauwberg peut être un refuge important pour la faune bruxelloise de syrphidés. Etant donné qu'il n'existe pas de liste rouge de cette famille d'insectes, nous ne pouvons pas discuter du statut de conservation de ces espèces considérées comme rares. Des quatre espèces retrouvées en milieu couvert, trois - *Eupeodes nitens*, *Chriorina asilica* et *Eumerus ornatus* - sont associées à des parcs urbains et forêts de feuillus matures (Speights 2017). Un plus grand nombre d'espèces rares, associées à différents types d'habitats, a été collecté dans les potagers. Un spécimen de *Platycheirus immarginatus* a été trouvé dans l'habitat Ouvert. Cette espèce monolectique visite les fleurs de scirpe maritime (*Bolboschoenus maritimus* (L.), Cyperaceae) (Speight, 2017), plante typique des habitats halophiles, sur sols salins et humides. Cette incongruité pourrait laisser penser que cette espèce s'alimente sur d'autres espèces végétales.



### *Courbes d'accumulation et de raréfaction*

Par rapport aux données des abeilles collectées, la courbe d'accumulation tend vers un plateau au fur et à mesure de l'augmentation d'unités d'échantillonnage pour l'ensemble du Kauwberg. L'échantillonnage réalisé en 2020 peut être présenté comme étant exhaustif (Magurran 2004). En effet, 95 espèces ont été détectées au cours des captures sur les 110 espèces estimées par l'estimateur Chao1, ce qui semble être un échantillonnage efficace. L'efficacité et la complémentarité des 2 méthodes d'échantillonnage (filet et pantraps) n'est plus à démontrer. Cette dualité mène à un échantillonnage suffisant pour analyser et déduire la biodiversité d'abeilles du site étudié (Westphal et al. 2008).

Il faut cependant garder à l'esprit les avantages et désavantages de ces 2 méthodes. Les spécimens capturés au filet dépendent fortement de la sensibilité et de la compétence de la personne qui réalise la capture. Les individus plus lents et volant bas sont dès lors surestimés. De plus, les premiers sites échantillonnés au filet en début de matinée montrent moins d'activités que ceux échantillonnés vers 11 heures. En ce qui concerne la méthode des pantraps, les populations de certains gros individus se voient sous-estimées puisque ceux-ci peuvent se dégager plus facilement de l'eau. À l'inverse, certaines familles comme les Halictidae sont surestimées (Roulston et al. 2007). Les performances de cette méthode diminuent également en fonction du pourcentage de la couverture florale aux alentours (Roulston et al. 2007), bien qu'elle soit la méthode la plus efficace.

Au vu de l'estimateur Chao, il reste en effet une quinzaine d'espèces potentiellement rares non observées et donc à découvrir, qui font certainement partie des données des abeilles collectées de 2021. L'échantillonnage incomplet de 2021 a toutefois permis de découvrir de nouvelles espèces en période printanière (Tableau 4). Il est à souligner que Chao 1 ne prend pas en compte la capacité maximale d'accueil du milieu et ne se base que sur les différentes espèces réellement observées (Magurran 2004). Cela laisse à penser que des espèces rares restent encore à identifier. Finalement, avec une meilleure connaissance, il aurait été possible d'identifier certaines espèces directement sur le terrain comme *B. terrestris*. Cette identification directe aurait permis de ne pas procéder à une capture létale de certains individus, ce qui reste non négligeable, d'autant plus quand il s'agit de reines.

Soixante-deux espèces de syrphes ont été collectées durant les échantillonnages sur le site du Kauwberg ce qui représente 17,37 % de la faune de Belgique qui en compte 357 espèces selon Franck van de Meutter (communication personnelle). Ce chiffre monte à 30,18% lorsqu'on prend en compte la richesse réelle estimée par Chao. Ce nombre peut sembler faible, mais pas en comparaison du pourcentage d'espèces obtenues lors du recensement dans deux fermes en transition agro-écologiques de tailles similaires au Kauwberg. Ces fermes situées dans la commune de Havelange (Belgique) comprenaient 7.29% de richesse faunique belge (Noel et al. 2021).

Les courbes d'accumulation réalisées n'atteignent pas un plateau, tant pour le site du Kauwberg que pour les trois habitats étudiés. L'analyse des courbes de raréfaction montrent par ailleurs que le nombre maximum d'espèces n'est atteint pour aucune des parcelles prises individuellement. L'échantillonnage ne semble donc pas avoir été exhaustif ce qui laisse suggérer qu'il y a une richesse de syrphes non négligeable au Kauwberg. L'estimateur Chao 1 évalue le nombre total d'espèces présentes sur le site à 104,17 ce qui laisse penser que 38.56% des espèces ont été manquées durant l'échantillonnage. Or Chao 1, estimateur asymptotique minimal, a tendance à sous-évaluer la richesse spécifique réelle, d'autant plus lorsque les tailles des échantillons ne sont pas suffisantes (Chao et al. 2014).



L'effort d'échantillonnage, dont le protocole a été conçu pour l'étude des communautés de pollinisateurs du Kauwberg, s'est par contre avéré suffisant pour les abeilles, pour lesquelles 95 espèces ont été observées. La pertinence du protocole pour la collecte des syrphes peut donc être questionnée. Un biais de la capture au filet est la capacité du collecteur à repérer les espèces de petites tailles (Westphal et al. 2008). La taille (à partir de 4 mm) et la grande vitesse de certains syrphes (p.ex. *Eristalis tenax* (L., 1758) a été enregistré comme pouvant voler jusqu'à 10 m/s (Collett and Land 1978)) peut rendre leur capture très difficile (Sommaggio 1999, Speights 2017).

Un autre biais dans la récolte pourrait expliquer le sous échantillonnage des syrphes comparé au bon échantillonnage des abeilles. Pour chaque réplica, deux passages au filet d'une durée de 15 minutes ont été effectués suivant un circuit identique, c'est-à-dire approximativement aux mêmes heures le matin et l'après-midi. Or, une étude réalisée dans des prairies du Nord de l'Italie montre une discordance dans la structure des assemblages de syrphes entre ces deux périodes, avec une richesse et une abondance plus élevée pour les captures du matin (D'AMEN et al. 2013). Une durée plus importante ou une augmentation de la fréquence du passage au filet dans la matinée aurait probablement pu permettre de détecter une richesse plus importante (Noel et al. 2021). En outre, même si peu d'études comparent l'efficacité des différentes méthodes de collectes de syrphes et que leurs résultats varient fortement selon les régions et les écosystèmes étudiés (Campbell and Hanula 2007, Marcos-García et al. 2012), le piège malaise est considéré comme une méthode de collecte standard en Europe pour les syrphes et aurait peut-être dû être préféré ici (Burgio and Sommaggio 2007, Sommaggio 2014). L'échantillonnage des syrphes n'étant pas suffisant, les données récoltées ne peuvent être considérées comme représentatives de leur population réelle au Kauwberg au moment de l'étude (Magurran 2004).

#### *Richesse, abondance et indice de diversité de Simpson, Shannon et Piélou*

Par rapport aux communautés d'abeilles sauvages, les **milieux ouverts et les potagers se révèlent être les plus riches et abondants en abeilles sauvages**. Les milieux couverts quant à eux, bien que moins riches, sont les plus équitablement répartis. Il a été démontré par Romey et al. (2007) que la diversité et l'abondance d'abeilles diminuent avec la couverture forestière pour une majorité d'espèces d'abeilles. La richesse moindre des milieux couverts s'explique potentiellement par le fait que la plupart des espèces nichent au sol et manquent donc de ressources et de chaleur (Bailey 2014), bien que les milieux couverts montrent des zones sans végétation, celles-ci sont peu éclairées. De plus, les milieux ouverts sont plus propices au développement de la flore mellifère que les milieux couverts (Michener 2007, Winfree et al. 2011).

Il est par ailleurs plus facile de capturer des abeilles au filet quand celles-ci se reposent sur les fleurs qu'elles visitent, plutôt qu'à l'entrée de leur nid qu'il faut au préalable découvrir, ce qui n'est pas une tâche aisée surtout pour les petites espèces de type *Lasioglossum* spp.

Au sein des habitats ouverts et potagers, une **dominance se dessine vis-à-vis d'*Apis mellifera*** avec en deuxième et troisième place *B. terrestris* et *B. pascuorum*. Ces espèces sociales sont généralistes et dans les plus communes de Belgique ce qui pourrait expliquer leur présence au sein de tous les habitats. De plus l'apiculture est non négligeable au sein du Kauwberg ce qui pourrait expliquer l'abondance des butineuses de l'abeille mellifère capturées par nos protocoles d'échantillonnage (voir point V.1).

Notre analyse par rapport aux communautés de syrphes n'a pas mis en évidence une différence d'abondance entre les habitats. Par contre, une différence de richesse a été trouvée entre les habitats potagers et les habitats couverts avec un nombre d'espèces moindre pour ces derniers.



Les zones semi-naturelles boisées offrent pourtant un abri contre des conditions météorologiques difficiles et des sites de repos plus appropriés pour les syrphes par rapport à des zones semi-naturelles herbacées (Sutherland et al. 2001). De plus, de nombreux syrphes utilisent l'habitat boisé comme site d'hivernage (Hondelmann and Poehling 2007). On aurait donc pu s'attendre à y trouver un plus grand nombre d'espèces en abondance, comme cela a déjà été mis en évidence en comparaison à des milieux semi-naturels herbacés par exemple (Schirmel et al. 2018). La totalité des espèces de syrphes collectées dans les potagers étant polylectiques, la disponibilité potentielle d'espèces végétales particulières ne peut pas expliquer cette différence de richesse. La plus grande richesse en espèces de syrphes dans les potagers pourrait s'expliquer par contre par la complexité des parcelles qui offrent une plus grande variété de micro-habitats pour les larves sur une petite surface. Complexité qui peut être bénéfique aux espèces non aphidiphages, dont les larves se développent à partir de multiples ressources (Schirmel et al. 2018).

Les indices de diversité Simpson et Shannon, qui en plus de la richesse prennent en compte la distribution des individus au sein des espèces (Magurran, 2004), sont élevés pour les trois habitats, et une différence significative a été mise en évidence pour les potagers, plus diversifiés que les milieux couverts et ouverts en ce qui concerne les communautés de syrphes, alors que ces indices réagissent de manière plus homogène pour les communautés d'abeilles. L'indice de Pielou montre une répartition des abondances relativement équitable entre les espèces au sein des communautés, sans différence significative entre les habitats.

Pour les deux types de communautés, une grande diversité est également visible sur les graphiques de rang d'abondance pour le Kauwberg et les trois habitats où un modèle de dominance/rareté se dessine, certes, mais sans qu'il soit très prononcé.

Les trois habitats sont dominés par plusieurs espèces plus abondantes et comptent un grand nombre d'autres peu représentées. La plus grande diversité de l'habitat Potager se traduit par une courbe moins marquée due à des répartitions d'abondances plus équilibrées entre les espèces. Cette grande diversité spécifique peut être mise en lien avec la grande hétérogénéité d'habitats et de micro-habitats du Kauwberg qui sont importants pour la survie de nombreux pollinisateurs, dont les syrphes (Sommaggio 1999).

Les zones ouvertes sont composées de prairies semi-naturelles qui bénéficient d'une gestion extensive par fauche tardive et par pâturage extensif. Ce type de milieux se caractérise par une grande biodiversité (Maurer et al. 2006, Habel et al. 2013, Chytry et al. 2015). Ils permettent par exemple de maximiser la visite par les syrphes adultes (Kleijn and van Langevelde 2006, Haenke et al. 2009), dépendant des ressources florales, et favorise le développement larvaire des espèces liées à ce type de milieux (Van Veen 2004).

Les potagers urbains sont également des milieux favorables aux pollinisateurs s'ils conservent une hétérogénéité d'habitats et une diversité florale (Tommasi et al. 2004, Clara COUPEY et al. 2014), comme c'est le cas au Kauwberg (présence de haies, buissons, mare, parcelles en jachère...).

La forêt et les zones boisées, non gérées entre 2004 et 2020, offrent un habitat diversifié pour les syrphes à différentes hauteurs (herbe, sous-bois...), des conditions de luminosité et d'humidité variées (chemin, clairières, lisière...) et une diversité de micro-habitats importants pour les larves, en particulier des espèces saproxyliques (bois morts, arbres sénescents, coulées de sève, cavité de troncs, ...) (Van Veen 2004).



### Diversité bêta

Bien que les espèces d'abeilles sauvages dominantes soient assez similaires entre les 3 habitats (Figure 19), la PCoA permet d'illustrer que la communauté des milieux couverts se distingue bien des 2 autres. Cela signifie que ce sont les espèces plus rares qui influencent fortement les communautés.

**Un milieu se dégage au niveau de ses principales espèces d'abeilles : la sablière** (voir point IV.3 pour une discussion spécifique).

Par rapport aux communautés de syrphes, l'analyse en coordonnées principales met également en évidence cette différence de composition entre les communautés des différents habitats du Kauwberg. Alors que les habitats Potager et Ouvert présentent des compositions en espèces proches, l'habitat Couvert quant à lui montre une composition différente des deux premiers. La variabilité des communautés ne peut pas s'expliquer par la distance séparant les habitats, les sites étant proches les uns des autres voire contigus, mais pourrait plutôt s'expliquer par une différence en termes de végétation et de conditions environnementales (RicarteM et al. 2011). Bien que plusieurs généralistes comme *Crystalis tenax* ou encore *Episyrphus balteatus* (Speights 2017) se retrouvent partout, d'autres espèces sont associées à des milieux spécifiques comme *Eupeodes corollae* et *Eupeodes latifasciatus*, associés à des milieux ouverts (Speight, 2017; Schulten 2020). *Vollucella bombylans* (L., 1758), retrouvé uniquement dans l'habitat Couvert, est associé à tout type de forêts et clairières (Speight 2017). La PCoA montre également une faible variabilité intra-habitat, qui témoigne d'une composition homogène entre les sites échantillonnés, à l'exception de la sablière dans l'habitat Couvert où n'ont été collectés que cinq individus appartenant à trois espèces ubiquistes.

### Espèces indicatrices

*Bombus norvegicus*, bourdon-coucou de *B. hypnorum*, apparaît comme espèce indicatrice grâce à la méthode IndVal. Cependant, il est à noter que cette espèce est assez rare et qu'elle est associée à de nets problèmes et difficultés d'identification (Rasmont and Iserbyt 2012). *Bombus pascuorum*, le bourdon des champs, est quant à elle indicatrice des milieux ouverts et potagers. Il n'est pas étonnant de la retrouver dans plusieurs habitats puisqu'il s'agit de l'espèce de bourdons la plus commune, et la plus polylectique (Rasmont and P. 1988). On retrouve *Halictus scabiosae* comme espèce indicatrice des milieux ouverts. Cette espèce niche dans les sols nus, qui sont particulièrement présent dans ce type de milieu. Cela montre que les sols nus ensoleillés sont à privilégier et à conserver à tout prix au sein du Kauwberg. Finalement, vis-à-vis des potagers, les espèces indicatrices sont *Hylaeus communis* et *Sphecodes monilicornis*. La première niche dans les tiges de *Rubus sp.* notamment, qui se veulent particulièrement présentes dans les potagers. La seconde, cleptoparasite d'*Andrena flavipes* (Panzer 1799), *Halictus rubicundus* (Christ 1791) et beaucoup d'autres, connaît une grande variété d'habitats et visite une grande variété de fleurs comme dans les potagers, mais uniquement pour le nectar (Rasmont and Haubruge 2002).



## IV.2- Sites de nidification des abeilles sauvages

Le Kauwberg est un site présentant de nombreux petits vallons et buissons favorables à la biodiversité. Les sites de nidification des abeilles terricoles sont facilement repérables. Ils nécessitent d'être pentus, découverts de végétation avec une bonne exposition. Les sites de nidification identifiés et potentiels ont été répertoriés (Figure 21). Un dossier photographique de ces sites est fourni avec ce rapport.

On retrouve par endroit certaines zones pentues dégarnies de végétation, au sein des prairies, favorisant la nidification de nombreuses espèces terricoles, comme par exemple sur les points n1, n12 à n14 (Figure 21). Il est à noter qu'une observation d'un site de nidification favorable a été observé par Alain Pauly en 2004 avec une photographie correspondant vraisemblablement au point n1 (Pauly 2019). Il a été constaté que cette pente a été relativement envahie par une haie arbustive, principalement par le roncier *Rubus sp.*, ce qui réduit les potentialités de nidification (Figure 22) mais dont les tiges aideraient en terme de nidification pour d'autres espèces d'abeilles sauvages tel que *Hylaeus communis*.

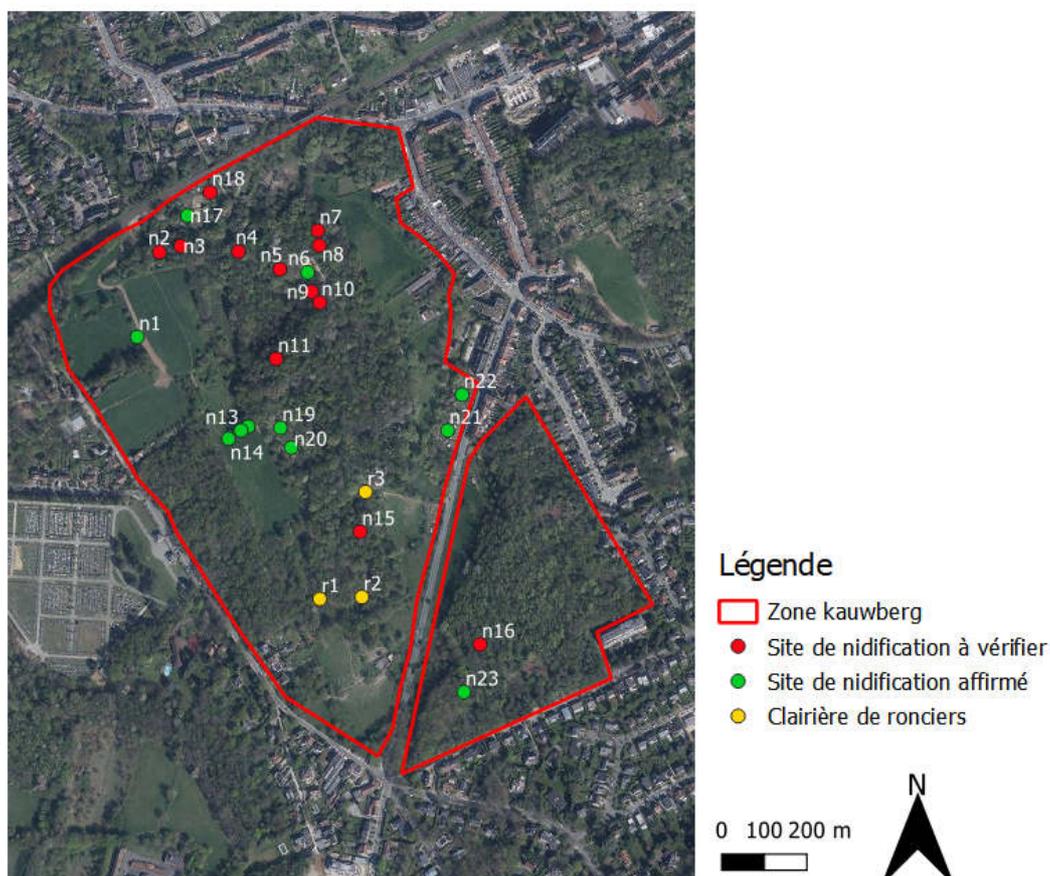


Figure 21 : Carte de distribution de sites de nidification (potentiels et avérés) pour les abeilles sauvages terricoles



Figure 22 : Site de nidification d'abeilles terricoles n1 en 2004 (à gauche) et en 2020 (à droite)

Les potagers urbains se sont montrés également propices à la nidification. En effet, de nombreux nids de *Sphcodes* spp. et de *Nomada* spp. ont été observés sur les petites butes des potagers où les plantes ont été semées. De plus, il semblerait que les maraichers n'utilisent pas d'intrants chimiques pour leurs cultures, laissant place au développement de nombreuses espèces florales dans et autour de leurs parcelles de cultures. Par conséquent, ces habitats semblent favorables pour la nidification des abeilles mais également pour l'apport de ressources florales. En revanche, des différences de pratiques jardinières ont été constatées. Certains potagers étaient régulièrement ratissés, ne permettant pas d'observer de nids d'abeilles probablement recouverts, détruits ou inexistant.

En milieu forestier, certains petits vallons offrant des sites de nidification potentiels ont été observés hors des zones d'échantillonnage, c'est notamment le cas des points n2, n3, n15 ou n16 (Figure 23). De plus l'ensemble des buttes constituées par les amateurs de dirtbike offrent des sites de nidification non négligeable pour les abeilles terricoles. Cette activité semble donc favorable pour la conservation des espèces, ainsi que toute activité qui permette d'entretenir ces buttes.



Figure 23 : Sites de nidifications potentiels en milieu fermé (n3 à gauche et n16 à droite)

### IV.3- La sablière

L'ancienne carrière de sable, appelée la « sablière du Kauwberg » est un site de nidification remarquable pour les abeilles sauvages (Figure 24). Ce site a suscité l'intérêt d'Alain Pauly, expert des abeilles sauvages de Belgique, qui l'a prospecté à dix reprises entre 2000 et 2009 (Pauly 2019).



Figure 24 : Partie ouverte de la sablière du Kauwberg vue du dessous (à gauche) et vue du plateau (à droite)

La colonisation de l'ancienne carrière par une couverture végétale a engendré une fermeture du milieu. Seul le versant Est de la sablière est aujourd'hui ouvert (Figures 25), les versants Nord et Sud étant boisés (Figure 26 et 27). Néanmoins, ces versants seraient vraisemblablement favorables à la nidification d'abeilles terricoles s'ils étaient rouverts. Ce site est le seul réplica de ce type d'habitat au Kauwberg, qui présente de nombreuses caractéristiques propices aux abeilles sauvages, notamment par le peuplement de nombreux saules (*Salix* spp.) qui prospèrent autour de la sablière, attirant beaucoup d'andrènes et de collètes. En effet, *Andrena vaga* Panzer 1799 et *Colletes cunicularius* (Latreille 1802) y sont assez abondantes, notamment par le fait que ce sont 2 espèces sabulicoles (ou psammophiles) nichant dans cette sablière. Ces deux espèces sont souvent retrouvées en syntopie (Vereecken et al. 2006) et consomment donc les ressources similaires. Plus particulièrement, il se trouve que ce sont 2 espèces oligolectiques des saules (Bischoff et al. 2003), bien que certaines *C. cunicularius* peuvent prélever le pollen de quelques autres fleurs.

Des dégradations régulières de la sablière ont été constatées, notamment par la fréquentation de cyclistes, de chiens et de groupes d'enfants (Figure 28). Cela engendre une détérioration des nids et un glissement du sol, réduisant ainsi l'accessibilité de l'habitat et pouvant occasionner une mortalité directe.

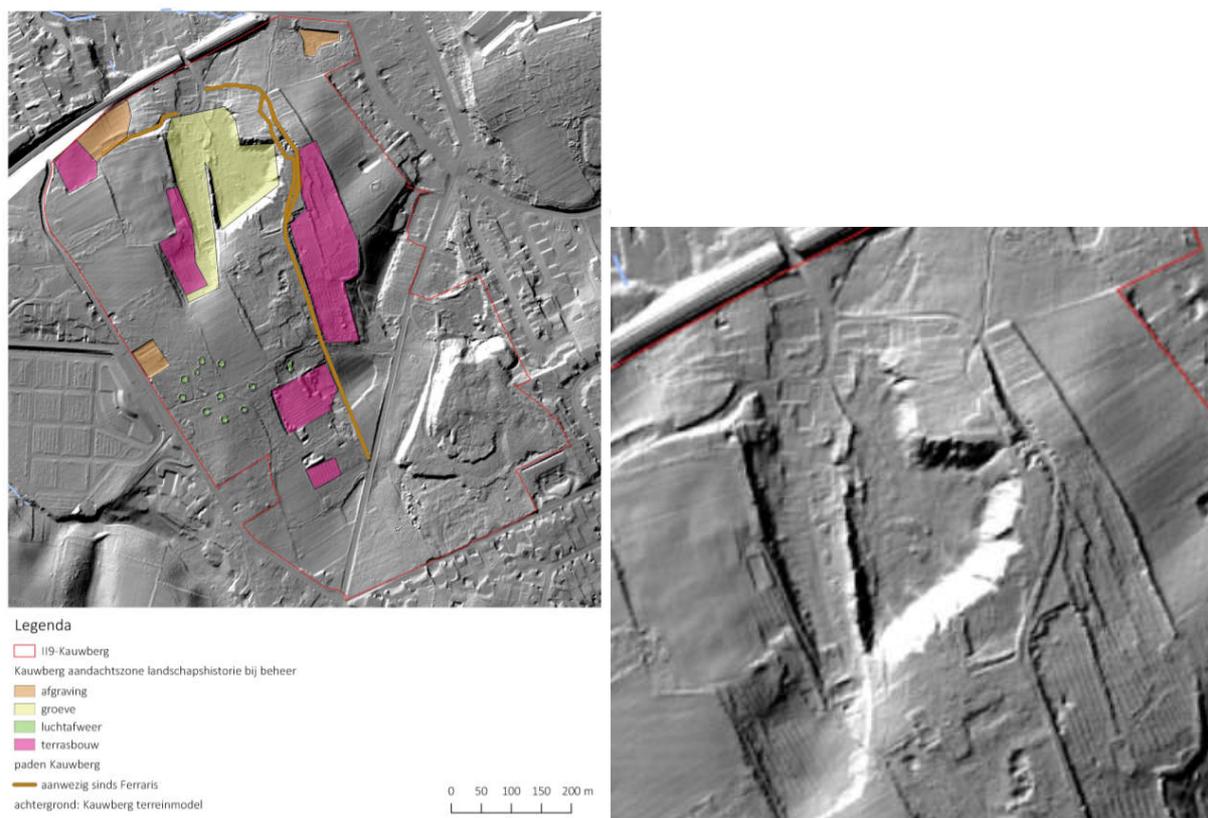


Figure 25 : Photographie de type LIDAR du relief pour représenter le paysage dans les différents aspects de gestion du Kauwberg (à gauche) avec un zoom sur la sablière (à droite) (Source : Bruxelles Environnement)

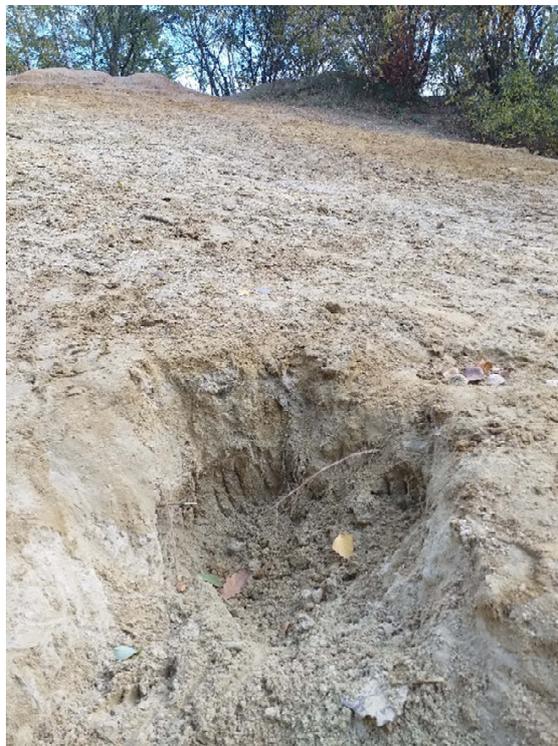


Figure 26 : Versant nord de la sablière vue du dessous (à gauche) et du plateau (à droite)





*Figure 27 : Versant Sud de la sablière*



*Figure 28 : Exemple de dégradation de la sablière*

## V- Etude de la comptabilité avec les activités

### V.1- L'apiculture

L'apiculture est une activité considérée par beaucoup comme étant bienveillante et gardienne de la biodiversité car elle assure la pollinisation et le maintien de la végétation (Goulson 2003, Geslin et al. 2017). Malgré une volonté d'encourager la pollinisation grâce aux abeilles domestiques, *Apis mellifera* (Linnaeus 1758), la mise en place d'une forte densité de ruches peut perturber les pollinisateurs sauvages et accentuer ce phénomène de déclin (Geslin et al. 2017). En effet, celles-ci engendrent principalement une compétition sur la disponibilité des ressources florales (Cane and Tepedino 2016), perturbent les réseaux d'interactions plantes-pollinisateurs (Hung et al. 2018) et peuvent contribuer à la propagation de pathogènes vers les espèces sauvages.

Par conséquent, il est nécessaire de gérer l'activité apicole afin de limiter ses impacts sur les pollinisateurs sauvages. On peut considérer qu'une cohabitation est possible si les ressources sont suffisamment abondantes (Magrach et al. 2017) ce qui serait le cas dans le site du Kauwberg (voir le plan de gestion du site). De plus, la capacité d'accueil en ruches d'un milieu est tributaire de plusieurs facteurs dont l'hétérogénéité du milieu (Santamaría et al. 2018), le type d'habitat (Kovács-Hostyánszki et al. 2019), la richesse et l'abondance des ressources florales qui peuvent être variables dans le temps et dans l'espace (Herbertsson et al. 2016, Torné-Noguera et al. 2016).

Deux apiculteurs sont installés au sein du Kauwberg. Le premier rucher se situe au Nord-Ouest du potager P1a (Figure 1). Il est constitué de 10 ruches et de 2 ruchettes en 2020 (Figure 29). Le second est situé sur le vignoble et possédait 7 ruches en 2020, nous n'avons pas pu l'estimer en 2021. Par conséquent, cela équivaut à 18 ruches pour un site de 53 ha, soit une densité de 0,34 ruches/ha, c'est-à-dire 9,5 ruches/km<sup>2</sup>. Lorsque la question de la densité de ruches à recommander dans un milieu naturel ou semi-naturel est abordée, on cite souvent les recommandations de Steffan-Dewenter & Tscharrntke (2000), soit de 3 ruches par km<sup>2</sup>, ce qui correspond approximativement de la moyenne européenne et belge de 3,6 ruches au km<sup>2</sup> (Chauzat et al. 2013). Cette « limite » de 3 ruches par km<sup>2</sup> régulièrement évoquée est toutefois critiquée car elle n'est établie que par l'absence de compétition avec des espèces polylectiques généralistes, et ne rend donc pas compte d'une compétition avec des espèces oligolectiques spécialistes, sur base d'une étude réalisée il y a une vingtaine d'années dans un seul type de milieu (Vereecken et al. 2015). Ces résultats ne sont pas universels (Goras et al. 2016) et méritent d'être approfondis dans divers types de milieux (Vereecken et al. 2015, Lindström et al. 2016, Kovács-Hostyánszki et al. 2019).

Le Kauwberg a en tout cas atteint une densité bien plus élevée sans prendre en compte les ruches hors du site, qui ont une distance de butinage allant de 1 à 3 km en moyenne, Henry et Rodet (2018) identifiant ainsi des zones d'emprise apicole allant jusqu'à 1200m au pourtour des ruchers dans des sites naturels du sud de la France, et Ropars et al. (2019) jusqu'à 1000m à Paris, avec 6.5 colonies/km<sup>2</sup>.

Le caractère semi-naturel de ce site en seconde couronne urbaine, associé à un contrôle limité de l'activité apicole, peut expliquer cette densité de ruches trois fois plus élevée au Kauwberg. Cependant, il n'existe pas de densité standard fixe puisque l'interaction entre les pollinisateurs sauvages et domestiques dépend du contexte, ainsi que d'un ensemble de facteurs locaux propres à chaque milieu (Steffan-dewenter and Tscharrntke 2000, Mallinger et al. 2016). En effet, cela dépend principalement de la richesse et de l'abondance en ressources florales (Herbertsson et al. 2016, Torné-Noguera et al. 2016) et de nidification (Potts et al. 2005), mais aussi de l'hétérogénéité du paysage (Santamaría et al. 2018) ainsi que le type d'habitat (Kovács-Hostyánszki et al. 2019), sans oublier les nombreux facteurs anthropiques (Nieto et al. 2014).



Aux Pays-Bas, Van der Spek (2012) recommande les lignes de conduite suivantes : (i) n'autoriser l'apiculture que lorsqu'elle constitue un héritage historique manifeste du site protégé, (ii) uniquement pendant les périodes de floraisons importantes et lorsque le site présente une surface supérieure à 50 ha, (iii) ne pas autoriser l'installation de ruches lors des années de faible miellée (années de disette), (iv) limiter le nombre de ruches à 25% du nombre à partir duquel une compétition est avérée par la littérature, pour tenir compte des variations paysagères et écologiques locales (soit, pour les floraisons massives : 0.75 ruche/ha de saule, 0.5 ruche/ha de bruyère, 0.25 ruche/ha de cornouiller ou airelle, et 0.025 ruche pour l'épilobe ; en dehors des zones de floraison massive, soit pour une végétation variée, max. 0.003 ruche/ha), (v) autour des sites abritant des espèces d'abeilles rares ou en danger, instaurer une zone d'exclusion de 1,5 km.

Cette zone d'exclusion et les recommandations générales sont, dans l'ensemble, cohérentes avec celles de l'étude de l'INRAE portant sur l'emprise apicole en réserves et sites Natura 2000 (Henry & Rodet, 2018b), qui proposent notamment de moduler les surfaces sous emprise apicole par des surfaces libres d'emprise, ceci impliquant des distances minimales entre ruchers de 2,5 km, permettant de conserver des surfaces suffisantes pour les abeilles sauvages. Ils proposent que les espaces à faune et flore remarquables devraient pouvoir être « micro-sanctuarisés » pour y préserver les réseaux plantes-pollinisateurs (dans l'absolu, les zones étant déjà chargées en ruches, ne pas augmenter le cheptel et le diminuer). Introduire une rupture temporelle dans la compétition par une forme de jachère apicole : les effets de la compétition se traduisant sur les populations sauvages l'année suivante, un déplacement régulier des ruchers autorisés permettrait aux populations de se rétablir.



Figure 29 : Ruchers du Kawwberg au niveau du potager P1a (à gauche) et du vignoble (à droite)

La place de l'apiculture au sein des sites Natura 2000 est actuellement un sujet qui fait débat dans la région Bruxelloise. Cependant, les effets de compétition entre les abeilles domestiques et sauvages dépendent des nombreux facteurs cités précédemment et nécessiteraient d'être davantage étudiés, notamment en pouvant disposer de données plus robustes sur les ruchers proches du Kawwberg.

La limitation du nombre de ruches sur le site, voire leur retrait complet, pourrait permettre d'étudier plus précisément leur incidence environnementale en évaluant l'évolution des communautés d'abeilles et de syrphes suite à la réduction de la place d'*Apis mellifera* dans le réseau d'interaction à petite échelle. Il serait donc opportun de coupler à la démarche à un monitoring récurrent de la faune locale.

## V.2- Les potagers

Les potagers urbains sont des milieux propices à l'accueil des pollinisateurs, notamment si ces derniers conservent une hétérogénéité d'habitats et une diversité florale (Coupey et al., 2014; Tommasi et al., 2004), ce qui est le cas au Kauwberg (Figure 30).

Les espèces florales cultivées ont tendance à attirer une grande abondance de pollinisateurs, avec une dominance tout de même par l'abeille domestique *A. mellifera*, comme observé lors de notre étude. Néanmoins, une diversité des pollinisateurs est fort favorable à la pollinisation des cultures au sein des potagers, augmentant ainsi la production de fruits et de graines des espèces florales (Lowenstein et al. 2015, Torné-Noguera et al. 2016, Geslin et al. 2017). De plus, certaines espèces peuvent être pollinisées majoritairement par les abeilles sauvages (Lowenstein et al. 2015). Cependant, les espèces non cultivées, dites « mauvaises herbes », sont généralement en interaction avec une plus grande diversité d'abeilles (Tommasi et al. 2004). De plus, la présence de ces espèces non-cultivées favorise la pollinisation des cultures (Lowenstein et al. 2015). Ces éléments démontrent l'intérêt d'adapter les méthodes de gestion des potagers urbains pour favoriser les pollinisateurs sauvages.



Figure 30 : Potager P2a du Kauwberg (à droite) et parcelle à jachère au sein du potager P2b (à gauche)

Les potagers P1 et P2 (Figure 1 et 31) du Kauwberg sont entourés de haies de ronciers (*Rubus sp.*), attirant principalement les abeilles domestiques et autres pollinisateurs généralistes. *Apis mellifera* est principalement attirée par les ressources florales abondantes riches en nectar et en pollen telle que *Rubus sp.* (Wignall et al. 2020). De ce fait, lors du protocole d'échantillonnage les prélèvements aux abords de ces haies ont été évités afin de limiter les biais d'attractivité de l'abeille domestique et d'avoir des relevés représentatifs du potager.

Une différence notable a été constatée sur les pratiques de maraichage entre les potagers P3a et P3b (Figure 1). Les potagers du site P3a sont plus entretenus avec un désherbage de type manuel, accompagné d'un râtelage régulier, voire quasi-quotidien. Ces pratiques intensives ont tendance à dégrader les nids des abeilles terricoles. En revanche le buttage semble favorable à la nidification. Les parcelles laissées en jachère au sein des potagers laissent place à l'émergence de la banque du sol offrant ainsi une abondance et une richesse de ressources florales ornementales et indigènes. Les potagers les moins entretenus semblent contenir une plus grande richesse de pollinisateurs.



Figure 31 Potager P2b entouré de haies de *Rubus sp.*, visibles dans le fond, avec un dispositif d'échantillonnage passif

Par rapport à notre étude, ces zones montrent les meilleures abondances et richesses du Kauwberg que ce soit pour les communautés d'abeilles ou de syrphes (voir point III.2). Il serait donc envisageable d'inclure de petites zones de potagers dans des habitats naturels ou des zones protégées pour accroître la biodiversité. Il est important de souligner que l'inverse est également vrai : les pollinisateurs sont en retour essentiels pour la production de fruits et de légumes dans les potagers (Hausmann et al. 2016).

### V.3- Le pâturage

L'hétérogénéité des habitats ainsi que la diversification de l'usage des terres sont favorables aux pollinisateurs et au bon maintien d'une diversité florale diversifiée (Morandin *et al.*, 2007; Mallinger, Gibbs and Gratton, 2016; Santamaría *et al.*, 2018). Ces prairies non-cultivées pâturées par des équidés (chevaux et ânes) peuvent fournir de nombreuses ressources de nidification et alimentaires d'après Morandin *et al.* (2007). Cependant, cette activité réduit les ressources florales et impacte la production de graines ainsi que la diversité et la composition florale du milieu à terme (Debano 2006, Xie et al. 2008). En plus de cette perturbation, cela modifie le compactage du sol, engendre également une destruction et une réduction des matériaux nécessaires à la nidification (bois creux, brindille) de certaines espèces (Sugden 1985, Noy-Meir 1995, Kearns et al. 1998). Avec une forte pression de pâturage, ces conséquences peuvent engendrer une diminution considérable de l'abondance et la richesse des communautés d'abeilles sauvages (Debano 2006, Odanaka and Rehan 2019). D'après certaines études, les milieux pâturés se montrent défavorables aux espèces solitaires du genre *Andrena* (Grab et al. 2019, Odanaka and Rehan 2019). Cependant, il semblerait que cette activité n'impacterait pas la diversité phylogénétique du paysage, d'après l'étude de Odanaka et Rehan (2019). Dans notre étude, ces milieux montrent une richesse et une abondance conséquente de pollinisateurs, nous proposons donc de les maintenir pour favoriser la diversification paysagère du Kauwberg, en prenant soin bien sûr de maintenir un pâturage extensif, à faible charge en bétail.

## VI- Recommandations d'aménagement et de gestion

### VI.1 – Espèces d'abeilles sauvages présentant un enjeu de conservation pour le site du Kauwberg et implications de gestion pour leur conservation

#### Espèces en danger d'extinction

Le document reprend également la liste des espèces d'abeilles sauvages présentant un statut de conservation particulier selon la liste rouge des abeilles de Belgique (Drossart et al., 2019) et ayant été identifié au Kauwberg. Plus de détails par rapport aux méthodes de gestion par rapport à ces espèces est disponible dans ce rapport. Les espèces de syrphes ne bénéficiant pas de listes rouges, celles-ci n'ont pas été investiguées dans ce sous-chapitre.

*Tableau 6 Espèces d'abeilles sauvages présentant des statuts (NT = Near Threatened ; VU = Vulnerable ; EN = Endangered ; DD = Data Deficient) de conservation particuliers selon Drossart et al. (2019) ainsi que leur localisation d'au moins un spécimen. Les préférences florales sont également mises dans la dernière colonne. Le statut de conservation en RBC est issu des travaux en cours sur l'Atlas des abeilles sauvages de Bruxelles ; certaines espèces reprises ici n'apparaissant pas dans la base de données de l'Atlas, elles sont reprises en non déterminé (n.d.)*

Espèces d'intérêt de conservation nationale	Statut de conservation en RBC	Statut de conservation en Belgique	Localisation selon l'annexe abeille sauvage	Préférences florales
<i>Andrena angustior</i>	Vulnérable	NT	C1sab, C3, C6, P1a, P3b	Extrêmement polylectique, des fleurs tardives printanières
<i>Andrena fulvago</i>	Vulnérable	NT	O2, P1a, P2a, P1b	Oligolectique sur Asteraceae, <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Hieracium pilosella</i> , <i>Leontodon hispidus</i> , <i>Crepis biennis</i> , <i>Lapsana communis</i> ou encore <i>Centaurea jacea</i>
<i>Andrena fulvida</i>	n.d.	EN	C3, P3a	Extrêmement polylectique sur Brassicaceae, Campanulaceae, Cornaceae, Ericaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Geraniaceae, Liliaceae, Plantaginaceae, Oleaceae, Ranunculaceae, Rhamnaceae, Sapindaceae et Valerianaceae
<i>Andrena helvola</i>	Non menacé	VU	O2	Polylectique sur Aceraceae ( <i>Acer</i> ), Adoxaceae ( <i>Viburnum</i> ), Alliaceae ( <i>Allium</i> ), Amaryllidaceae, Apiaceae, Aquifoliaceae ( <i>Ilex</i> ), Asteraceae (ex. <i>Hieracium</i> , <i>Taraxacum</i> , <i>Tussilago</i> ), Berberidaceae ( <i>Berberis</i> ), Brassicaceae, Celastraceae ( <i>Euonymus</i> ), Ericaceae ( <i>Vaccinium</i> ), Euphorbiaceae ( <i>Euphorbia</i> ), Grossulariaceae ( <i>Ribes</i> ),



				Rhamnaceae ( <i>Frangula</i> , <i>Rhamnus</i> ), Rosaceae (ex. par exemple <i>Crataegus</i> , <i>Potentilla</i> , <i>Prunus</i> , <i>Rosa</i> , <i>Rubus</i> ) et Salicaceae ( <i>Salix</i> )
<i>Andrena ovatula</i>	En danger	NT	C3, P3b	Polylectique sur Fabaceae ( <i>Trifolium</i> , <i>Mellilotus</i> ), Asteraceae, Brassicaceae et Ericaceae
<i>Andrena trimmerana</i>	Vulnérable	DD	C3, C7ros, P2a, P3b	Polylectique mais préférence sur Rosaceae (principalement seconde génération), Cucurbitaceae, Fagaceae, Ericaceae, Salicaceae et Apiaceae
<i>Bombus bohemicus</i>	En danger	NT	C2, O5	Bourdon-coucou donc cf. <i>Bombus lucorum</i>
<i>Bombus hortorum</i>	Non menacé	NT	C2, C3, C6, C7ros, O4, O5, P2a, P2b, P3a	Polylectique sur Fabaceae ( <i>Trifolium pratense</i> ), les Lamiaceae ( <i>Lamium</i> , <i>Galeopsis</i> , <i>Glechoma</i> , <i>Stachys</i> ), les Orobanchaceae ( <i>Rhinanthus</i> , <i>Melampyrum</i> , <i>Pedicularis</i> ) et le genre <i>Digitalis</i> (Plantaginaceae)
<i>Bombus lucorum</i>	Vulnérable	NT	Sur tous les sites de collecte	Fabaceae ( <i>Trifolium pratense</i> ), Orobanchaceae, Asteraceae, Lamiaceae, Ericaceae ( <i>Erica</i> , <i>Rhododendron</i> ), Caprifoliaceae, Onagraceae ( <i>Epilobium angustifolium</i> ) et Rosaceae ( <i>Filipendula ulmaria</i> , <i>Rubus</i> et <i>Rosa</i> )
<i>Bombus norvegicus</i>	n.d.	VU	C2, C3, C4, C6, C7ros	Bourdon coucou de <i>B. hypnorum</i>
<i>Bombus vestalis</i>	Non menacé	NT	O5, P3a, P3b	Bourdon coucou de <i>B. terrestris</i>
<i>Coelioxys rufescens</i>	Non menacé	NT	P1b	Abeille coucou d' <i>Anthophora furcata</i> : Préférence sur Lamiaceae mais aussi Plantaginaceae ( <i>Linaria</i> ) et d'Orobanchaceae ( <i>Melampyrum</i> ).
<i>Hylaeus brevicornis</i>	DD	DD	O1, O2, O3, O4, O5, P1b, P2a, P2b	Polylectique sur Apiaceae, Fabaceae et Rosaceae
<i>Megachile leachella</i>	n.d.	NT	O4	Crassulaceae, Fabaceae et Lamiaceae et plus précisément <i>Lotus corniculatus</i> , <i>L. pedunculatus</i> , <i>Rubus</i>



				<i>fruticosus</i> agg., <i>Bryonia dioica</i> , <i>Potentilla reptans</i> , <i>Trifolium arvense</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Cicuta virosa</i> , <i>Geranium sanguineum</i> , <i>Teucrium</i> spp., <i>Crepis</i> spp., <i>Himantoglossum hircinum</i> , <i>Anagallis tenella</i> , <i>Senecio jacobaea</i> , <i>Ononis</i> spp., <i>Eryngium maritimum</i> , <i>Jasione montana</i> , <i>Scilla</i> spp., <i>Sedum anglicum</i> , <i>Echium vulgare</i> et <i>Calystegia soldanella</i>
<i>Stelis phaeoptera</i>	Vulnérable	NT	O5	<i>Lotus corniculatus</i> , <i>Knautia arvensis</i> , <i>Hieracium</i> spp., <i>Cirsium vulgare</i> et <i>Veronica</i> spp.

### *Andrena angustior*

Cette espèce printanière (de fin Avril à mi-Juin) et terricole préfère les habitats boisés ou en lisière de forêts et est extrêmement polylectique. Peu d'informations sont disponibles pour cette andrène, nous proposons donc de garantir une diversité conséquente de la strate florale au Kauwberg afin d'en garantir sa population et ce particulièrement à l'orée des bois et dans les potagers où des spécimens ont été capturés (BWARS 2021).

### *Andrena fulvago*

Cette espèce s'activant de Mai à Juin se retrouve dans de nombreux types de milieux. Elle habite fréquemment les lisières de forêt, les prairies grasses et maigres, les pâturages extensifs ou encore les prairies de fauche. On la rencontre aussi dans en milieu urbain, par exemple dans les parcs et jardins (Westrich 2018). *A. fulvago* est une espèce oligolectique sur Asteraceae. Elle récolte préférentiellement le pollen des Cichorieae et des Cynareae, comme par exemple *Taraxacum officinale*, *Hieracium pilosella*, *Leontodon hispidus*, *Crepis biennis*, *Lapsana communis* ou encore *Centaurea jacea*. L'espèce est active tôt dans la journée, lorsque les inflorescences de ses plantes-hôtes sont encore ouvertes (Else and Edwards 2018, Westrich 2018). Au Kauwberg, elle est certainement présente suite aux fleurs qu'elles préfèrent dans les potagers ou encore de la flore spontanée dans les prairies de fauche (O2). *A. fulvago* niche dans les sols sableux ou limoneux à faible couvert végétal qui sont bien présents sur le site que ce soit à la sablière ou encore à l'orée des forêts près du dirtbike, en solitaire ou en formant de petites agrégations. Les femelles creusent généralement leurs nids dans des surfaces planes ou des talus. Les nids sont difficiles à trouver car les femelles les referment avec de la terre lorsqu'elles quittent le nid (Westrich 2018).

### *Andrena fulvida*

Cette espèce estivale est associée aux milieux forestiers ouverts et thermophiles. On la retrouve ainsi régulièrement dans les forêts alluviales. L'espèce semble privilégier les forêts caducifoliées mixtes avec présence de *Betula* (Kocourek 1966, Westrich 2018). *A. fulvida* est largement polylectique. Elle récolte le pollen de 14 familles de plantes: Brassicaceae, Campanulaceae, Cornaceae, Ericaceae,



Euphorbiaceae, Fabaceae, Geraniaceae, Liliaceae, Plantaginaceae, Oleaceae, Ranunculaceae, Rhamnaceae, Sapindaceae et Valerianaceae (Westrich 2018). Cette espèce est actuellement placée en danger d'extinction sur la liste rouge de Belgique (Drossart et al. 2019), il convient donc d'assurer la plantation des familles de plantes qu'elle pollinise dans les potagers du Kauwberg qui semblent attirer cette espèce. C'est une espèce terricole, ainsi garantir des portions de sols dépourvus de végétation permettrait à cette espèce d'ériger son nid.

#### *Andrena helvola*

Cette espèce printanière se trouve principalement le long des lisières de forêts et de haies, dans les bois clairsemés et les clairières, mais aussi dans les gravières, les talus d'inondation et dans les zones urbaines présentant beaucoup d'arbustes et d'arbres à fleurs. *A. helvola* est une espèce polylectique. Jusqu'à présent, des représentants de 16 familles de plantes ont été identifiés comme des sources de pollen certaines ou probables: Aceraceae (*Acer*), Adoxaceae (*Viburnum*), Alliaceae (*Allium*), Amaryllidaceae, Apiaceae, Aquifoliaceae (*Ilex*), Asteraceae (ex. *Hieracium*, *Taraxacum*, *Tussilago*), Berberidaceae (*Berberis*), Brassicaceae, Celastraceae (*Euonymus*), Ericaceae (*Vaccinium*), Euphorbiaceae (*Euphorbia*), Grossulariaceae (*Ribes*), Rhamnaceae (*Frangula*, *Rhamnus*), Rosaceae (ex. par exemple *Crataegus*, *Potentilla*, *Prunus*, *Rosa*, *Rubus*) et Salicaceae (*Salix*). Comme beaucoup d'autres espèces *Andrena* du sous-genre *Andrena*, *A. helvola* montre une préférence marquée pour le pollen des arbustes et des arbres (Westrich 1989, Falk 2015). *A. helvola* construit ses nids dans des galeries qu'elle creuse dans des sols sablonneux ou limoneux. L'espèce niche en solitaire ou en petits groupes sur les talus et les bords de route bien ensoleillés, souvent dans des sites de forêts clairsemées (Kocourek 1966, Westrich 1989, Falk 2015). Nous proposons donc de garantir une diversité conséquente de la strate florale au Kauwberg afin d'en garantir sa population notamment dans les prairies fauchées où un spécimen a été capturé. Par ailleurs, conserver arbres et arbustes de la famille des Rosaceae, bien présents sur le site, et les espèces de *Salix* garantirait également l'établissement de cette population.

#### *Andrena ovatula*

*Andrena ovatula* est une espèce bivoltine qu'on retrouve dans une large gamme d'habitats, des prairies et pâturages extensifs aux lisières de forêt, en passant par les zones rudérales et les milieux urbains comme les jardins et les parcs. Cette espèce niche dans des sols à texture granulométrique variable. Elle privilégie les sites avec une végétation clairsemée comme le long de chemins, dans des pentes ou des talus. *Andrena ovatula* est une espèce polylectique avec une forte préférence pour le pollen de Fabaceae. Elle récolte aussi le pollen d'Asteraceae et de Brassicaceae. En Angleterre, la seconde génération est aussi mentionnée sur *Calluna* (Ericaceae). Chez les Fabaceae, elle récolte essentiellement sur les plantes à petites fleurs, comme les genres *Trifolium* et *Melilotus*. L'espèce forme le plus souvent des agrégations, parfois de taille importante (Kocourek 1966, Else and Edwards 2018, Westrich 2018).

#### *Andrena trimmerana*

*Andrena trimmerana* est une espèce qu'on retrouve dans plusieurs types d'habitats thermophiles bien structurés à proximité de belles prairies sèches ou souvent associée aux zones boisées. En Angleterre, elle est connue d'une grande diversité de milieux, des landes côtières aux pelouses calcaires, en passant par les anciennes gravières et les jardins (Else and Edwards 2018). On connaît relativement



peu les préférences florales d'*A. trimmerana*. Selon les analyses de Wood et Roberts (2017), l'espèce est polylectique avec une très nette préférence pour le pollen de Rosaceae. Elle récolte aussi le pollen de Cucurbitaceae, Fagaceae, Ericaceae, Salicaceae et Apiaceae. On connaît très peu la biologie de nidification d'*A. trimmerana*. Contrairement à ses espèces, *A. trimmerana* ne semble pas être une espèce communale. En Europe de l'Est, elle niche en solitaire. En Angleterre, les nids observés se trouvaient dans des talus, des pentes et des parois de sol nu (Kocourek 1966). À nouveau, garantir une diversité florale dans les lisières boisées au Kauwberg ainsi que dans les potagers permettra de préserver les populations de cette espèce.

#### *Bombus bohemicus*

Vivant aux dépens de son hôte, cette espèce de bourdon-coucou ne récolte pas de pollen. Favoriser cette espèce au Kauwberg revient à favoriser les populations de son hôte *B. lucorum* (voir plus bas).

#### *Bombus hortorum*

*Bombus hortorum* est une espèce ubiquiste qui se retrouve dans de nombreux habitats, avec une petite préférence pour les milieux semi-ouverts, voire forestiers. *B. hortorum* est une espèce polylectique à langue longue, qui montre ainsi une préférence pour certaines fleurs à corolles profondes, comme les Fabaceae (*Trifolium pratense*), les Lamiaceae (*Lamium*, *Galeopsis*, *Glechoma*, *Stachys*), les Orobanchaceae (*Rhinanthus*, *Melampyrum*, *Pedicularis*) et le genre *Digitalis* (Plantaginaceae). *B. hortorum* construit principalement des nids souterrains, essentiellement dans des galeries de petits mammifères. Les nids peuvent être formés jusqu'à 50 cm en-dessous de la surface du sol. En milieu naturel, l'espèce semble utiliser avant tout des herbes sèches pour la confection du nid, alors qu'en milieu urbain, elle utilise toutes sortes de matériaux d'origine anthropique.

#### *Bombus lucorum*

*Bombus lucorum* est un bourdon ubiquiste, présent aussi bien dans les milieux ouverts de plaine que dans les milieux forestiers semi-ouverts et les pelouses alpines. *B. lucorum* a une langue courte. Son régime pollinique n'est pas bien connu, puisque la grande majorité des données proviennent d'observations de terrain ne faisant pour la plupart pas la distinction entre les visites à pollen et celles à nectar. Il semble cependant que ce soit une espèce largement polylectique. D'après Giriens (2015) et Scriven *et al.* (2015), *B. lucorum* peut être observé sur de nombreuses familles de plantes : Fabaceae (*Trifolium pratense*), Orobanchaceae, Asteraceae, Lamiaceae, Ericaceae (*Erica*, *Rhododendron*), Caprifoliaceae, Onagraceae (*Epilobium angustifolium*) et Rosaceae (*Filipendula ulmaria*, *Rubus* et *Rosa*). *B. lucorum* niche dans le sol, presque toujours dans d'anciens nids de petits mammifères. Le nid est généralement constitué de feuilles, d'herbes et de mousse (Westrich 1989).

#### *Bombus norvegicus*

*Bombus norvegicus* est un parasite spécialisé sur *B. hypnorum* dont les populations sont très présentes dans le site du Kauwberg ce qui n'est donc pas une grosse préoccupation en terme de conservation. Comme son hôte, on le retrouve principalement dans des zones boisées, parfois également en zone urbaine. *Bombus hypnorum* est une espèce ubiquiste qui se trouve sur tout le territoire, principalement à basse altitude. Il s'observe régulièrement en milieu forestier ainsi qu'en zone urbaine. *Bombus hypnorum* est un bourdon à langue courte. C'est une espèce largement généraliste qui récolte régulièrement sur Rosaceae. (Westrich 2018). *B. hypnorum* construit essentiellement des nids dans des cavités au-dessus du sol. Il utilise diverses structures comme des trous dans le bois, des anfractuosités dans des murs, d'anciens nids d'oiseaux ou des nichoirs (Westrich 1989).

#### *Bombus vestalis*



*Bombus vestalis* parasite *B. terrestris* un des bourdons les plus communs du site ce qui n'est donc pas une grosse préoccupation en termes de conservation. Toutefois, contrairement à son hôte, l'espèce semble préférer les milieux un peu plus chauds. Cette tendance est aussi observée ailleurs en Europe. *B. terrestris* est une des espèces les plus polylectiques mais préfère les plantes appartenant à la famille des Fabaceae.

#### *Coelioxys rufescens*

C'est une espèce cleptoparasite de *Megachile willughbiella*, *M. circumcincta* et *Anthophora furcata* dont seulement la dernière espèce est présente au Kauwberg notamment dans les forêts ouvertes et lumineuses, en lisière ainsi que dans les clairières. Ainsi favoriser les préférences alimentaires d'*A. furcata* permettrait de favoriser la présence de l'abeille coucou au Kauwberg. *A. furcata* est une espèce polylectique qui montre cependant une très nette préférence pour le pollen de Lamiaceae et tout particulièrement le genre *Stachys*. En dehors du pollen de nombreuses espèces de Lamiaceae, *A. furcata* récolte aussi parfois celui de Plantaginaceae (*Linaria*) et d'Orobanchaceae (*Melampyrum*). (Westrich 2018). *A. furcata* ne niche pas dans le sol mais dans des galeries que la femelle creuse elle-même dans du bois mort généralement pourri. Elle utilise parfois aussi de grandes tiges ou branches de plantes à moelle, notamment de *Sambuccus* (Adoxaceae).

#### *Hylaeus brevicornis*

Cette espèce estivale (Mai à mi-Septembre) réalise deux à trois générations par an. *H. brevicornis* est polylectique et préfère les familles Apiaceae, Fabaceae et Rosaceae : *Rubus fruticosus* agg., *Eryngium maritimum*, *Pastinaca sativa*, *Heracleum sphondylium*, *Daucus carota*, *Euphorbia paralias*, *Anagallis tenella*, *Thymus* spp., *Jasione montana*, *Senecio jacobaea*, *Cirsium arvense* et *Crepis vesicaria*. Cette espèce rubicole niche dans les tiges sèches de *Rubus* spp., maintenir une présence de *Rubus* au Kauwberg permettra donc de favoriser cette espèce.

#### *Megachile leachella*

Cette espèce terricole estivale (Juin à Août) préfère des textures sableuses et niche probablement dans la sablière. Cette espèce polylectique exploite particulièrement les fleurs appartenant aux familles Crassulaceae, Fabaceae et Lamiaceae et plus précisément *Lotus corniculatus*, *L. pedunculatus*, *Rubus fruticosus* agg., *Bryonia dioica*, *Potentilla reptans*, *Trifolium arvense*, *Trifolium repens*, *Cicuta virosa*, *Geranium sanguineum*, *Teucrium* spp., *Crepis* spp., *Himantoglossum hircinum*, *Anagallis tenella*, *Senecio jacobaea*, *Ononis* sp., *Eryngium maritimum*, *Jasione montana*, *Scilla* sp., *Sedum anglicum*, *Echium vulgare* et *Calystegia soldanella* (Westrich 1989). Nichant dans le sol, cette espèce aménage ses nids avec des feuilles découpées de nombreuses espèces et notamment des pétales de *Lotus corniculatus*.

#### *Stelis phaeoptera*

Cleptoparasite estival (Mai à Août) d'*Osmia leaiana* aussi retrouvée sur le site du Kauwberg, principalement dans les espaces ouverts et dans les potagers. Cette osmie est spécialisée sur les Asteracées et n'exploite en général que des représentants des deux sous-familles Cardioideae (par ex. *Carduus*, *Centaurea*, *Cirsium*, *Echinops*, *Onopordum*) et Cichorioideae (par ex. *Cichorium*, \**Crepis*, *Hieracium*, *Hypochoeris*, *Picris*). Cependant, *S. phaeoptera* a déjà été observé visitant une série de fleurs: *Lotus corniculatus*, *Knautia arvensis*, *Hieracium* sp. *Cirsium vulgare* et *Veronica* sp.

### Espèces oligolectiques



Les espèces oligolectiques ont également des enjeux de conservation sur le site du Kauwberg car ce seraient les espèces les plus vulnérables aux perturbations du milieu, notamment du fait de leur spécialisation dans les ressources florales. Dans le tableau suivant, nous mettons en avant les espèces florales qu'elles préfèrent, ainsi que leurs stratégies de nidification.

Tableau 7 Espèces d'abeilles sauvages oligolectiques du Kauwberg avec leurs préférences florales et stratégies de nidification respectives. Le statut de conservation en RBC est issu des travaux en cours sur l'Atlas des abeilles sauvages de Bruxelles ; certaines espèces reprises ici n'apparaissant pas dans la base de données de l'Atlas, elles sont reprises en non déterminé (n.d.)

Espèces oligolectiques		Localisation selon l'annexe abeille sauvage	Préférences florales	Stratégie de nidification
<i>Andrena florea</i>	Non menacé	O3, O6	<i>Bryonia dioica</i>	Terricole
<i>Andrena humilis</i>	Vulnérable	O4	Asteraceae : <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Hieracium pilosella</i> , <i>Crepis biennis</i> , <i>Hypochaeris radicata</i> et <i>Leontodon hispidus</i>	Terricole, sols sablonneux
<i>Andrena vaga</i>	Non menacé	Dans tous les sites de collecte	Spécialiste de Salicaceae : <i>Salix cinerea</i> , <i>S. caprea</i> , <i>S. purpurea</i> , <i>S. aurita</i> , <i>S. alba</i> , <i>S. pentandra</i> et <i>S. nigricans</i> . Aussi du pollen de Rosaceae, Fagaceae ( <i>Quercus</i> ) et Betulaceae ( <i>Betula</i> )	Terricole, sols sablonneux à limoneux. Grosses bourgades dans la sablière.
<i>Andrena viridescens</i>	Vulnérable	O6	Spécialiste des Scrophulariaceae : <i>Veronica</i> sp., <i>Veronica chamaedrys</i>	Terricole
<i>Panurgus calcaratus</i>	Non menacé	C3, C7ros, O1, O2, O3, O6, P1b	Asteraceae : <i>Cichorium</i> , <i>Crepis</i> , <i>Hieracium</i> , <i>Hypochaeris</i> , <i>Leontodon</i> , <i>Picris</i>	Terricole
<i>Dasypoda hirtipes</i>	Non menacé	Dans tous les sites de collecte	Asteraceae : Cichorioideae et Cynareae	Terricole, sols sableux
<i>Macropis fulvipes</i>	Non menacé	P1a, P1b et P2b	<i>Lysimachia nummularia</i> , <i>L. punctata</i> et <i>L. nummularia</i> (Primulaceae)	Terricole à sols compacts
<i>Anthophora furcata</i>	Non menacé	C2, P2a, P3b	Préférence sur Lamiaceae du genre <i>Stachys</i> . Plantaginaceae ( <i>Linaria</i> ) et Orobanchaceae ( <i>Melampyrum</i> )	Niche dans le bois mort ou dans les tiges de <i>Sambucus</i> (Adoxaceae)
<i>Hylaeus punctulatus</i>	Non menacé	P3a	Spécialiste des Alliaceae : <i>Allium sativa</i> , <i>A. cepa</i>	Niche dans le bois mort
<i>Chelostoma campanulorum</i>	Non menacé	O6, P1a, P2a, P3b	Spécialiste de <i>Campanula</i> sp. (Campanulaceae)	Abeille squatteuse, dans le bois, hôtels à abeilles, tiges creuses plantes mortes
<i>Chelostoma florisomme</i>	Non menacé	O2, O4, O5, O6, P1a, P1b, P2b, P3a, P3b	Spécialiste des Ranunculaceae	Abeille squatteuse, dans le bois, hôtels à abeilles, tiges creuses plantes mortes



Espèces oligolectiques		Localisation selon l'annexe abeille sauvage	Préférences florales	Stratégie de nidification
<i>Chelostoma rapunculi</i>	Non menacé	C7ros, O3	Spécialiste de <i>Campanula</i> sp. (Campanulaceae)	Abeille squatteuse, dans le bois, hôtels à abeilles, tiges creuses plantes mortes
<i>Heriades truncorum</i>	Non menacé	O2, O4, O5, O6, P1b, P2b, P3a, P3b	Asteraceae : <i>Achillea</i> , <i>Anthemis</i> , <i>Aster</i> , <i>Bupthalmum</i> , <i>Calendula</i> , <i>Chrysanthemum</i> , <i>Erigeron</i> , <i>Inula</i> , <i>Pulicaria</i> , <i>Senecio</i> , <i>Tanacetum</i> , <i>Tripleurospermum</i>	Abeille squatteuse, dans le bois, hôtels à abeilles, tiges creuses plantes mortes
<i>Megachile ericetorum</i>	Non menacé	P3b	Fabaceae ( <i>Lotus corniculatus</i> , <i>Securigera varia</i> , <i>Lathyrus tuberosus</i> , <i>Lathyrus latifolius</i> , <i>Lathyrus odoratus</i> , <i>Pisum sativum</i> , <i>Ononis repens</i> , <i>Melilotus albus et Phaseolus coccineus</i> ) et Lamiaceae	Niche dans les galeries existantes du bois mort ou dans des tubes artificiels. Aménagement du nid avec du matériel résineux
<i>Osmia niveata</i>	Vulnérable	O4, P2b	Asteraceae : <i>Carduoideae</i> (par ex. <i>Carduus</i> , <i>Centaurea</i> , <i>Cirsium</i> , <i>Echinops</i> , <i>Onopordum</i> ) ou également Cichorioideae (par ex. <i>Picris</i> , <i>Taraxacum</i> )	Galerie dans le bois mort ou dans tiges creuses

### Bandes fleuries

Des bandes fleuries peuvent être envisagées au Kauwberg, et afin de favoriser les espèces ayant un statut de conservation problématique ainsi que les espèces oligolectiques, celles-ci devront contenir un mélange fleuri comprenant les plantes suivantes (Tableau 9).

Tableau 8 Plantes à fleurs d'intérêt pour établir un mélange fleuri ciblant les préférences florales des abeilles oligolectiques ou en danger d'extinction

Plantes à favoriser	Abeilles associées
<i>Leontodon hispidus</i>	<i>A. fuvalgo</i> , <i>A. humilis</i> , <i>P. calcaratus</i>
<i>Trifolium incanatum</i>	<i>A. ovatula</i>
<i>Daucus carota</i>	<i>A. trimmerana</i>
<i>Trifolium repens</i>	<i>B. lucorum</i> , <i>A. ovatula</i> , <i>M. leachella</i>
<i>Stachys officinalis</i>	<i>B. hortorum</i> , <i>Anth. furcata</i>
<i>Digitalis lutea</i>	<i>B. hortorum</i>
<i>Digitalis purpurea</i>	<i>B. hortorum</i>
<i>Filipendula ulmaria</i>	<i>B. lucorum</i>
<i>Linaria vulgaris</i>	<i>C. rufescens</i> , <i>Anth. furcata</i>
<i>Lotus corniculatus</i>	<i>M. leachella</i> , <i>S. phaeoptera</i> , <i>M. ericetorum</i>



Plantes à favoriser	Abeilles associées
<i>Potentilla recta</i>	<i>M. leachella</i>
<i>Geranium pratense</i>	<i>M. leachella</i>
<i>Teucrium scorodonia</i>	<i>M. leachella</i>
<i>Senecio jacobaea</i>	<i>M. leachella</i>
<i>Echium vulgare</i>	<i>M. leachella</i>
<i>Knautia arvensis</i>	<i>S. phaeoptera</i>
<i>Cirsium eriophorum</i>	<i>S. phaeoptera</i> , <i>O. niveata</i>
<i>Veronica chamaedrys</i>	<i>A. viridescens</i>
<i>Cichorium intybus</i>	<i>P. calcaratus</i> , <i>D. hirtipes</i> , <i>O. niveata</i>
<i>Lysimachia</i> spp.	<i>Macropis fulvipes</i>
<i>Allium</i> spp.	<i>H. punctulatissimus</i>
<i>Campanula trachelium</i>	<i>Ch. campanulorum</i> , <i>Ch. rapunculi</i>
<i>Ranunculus acris</i>	<i>Ch. florissomme</i>
<i>Achillea millefolium</i>	<i>He. truncorum</i>

## VI.2- Les potagers

Les potagers semblent fort favorables en l'état pour les pollinisateurs. Néanmoins, au vu d'un contexte de gestion du site, il semblerait judicieux de mettre en place des consignes de pratiques maraîchères afin d'éviter d'éventuels impacts négatifs sur ces derniers et favoriser l'environnement aux pollinisateurs.

Par exemple, il s'agirait de diversifier les productions et associations de cultures par des rotations de parcelles (Coupey *et al.*, 2014), éviter un entretien quotidien des cultures en ratissant le sol pour ne pas détériorer les nids, ou encore éviter le désherbage autour des parcelles offrant ainsi des ressources florales supplémentaires (Lowenstein *et al.* 2015). Il semble également important de continuer à laisser des parcelles en jachère afin d'augmenter l'abondance et la richesse des ressources des potagers (Coupey *et al.*, 2014). La conservation des haies de ronciers aux abords des potagers permettrait de conserver cette ressource principalement attractive pour l'abeille domestique *Apis mellifera* et d'autres pollinisateurs généralistes tels que les bourdons (*Bombus* sp.), laissant ainsi les autres ressources aux espèces sauvages.

Un des projets futurs du Kauwberg est de déplacer le potager central à l'entrée située avenue de la chânaie. Cette action n'influencera pas la dynamique présente des communautés de pollinisateurs.

Après avoir interrogé les quelques gérants des potagers, il est clair que chacun y applique ses méthodes et qu'une large variété de cultures se retrouve dans les 6 potagers du Kauwberg. La diversité de cultures qui y est appliquée est assez attractive pour les pollinisateurs, mais certaines variétés attirent bien plus les pollinisateurs et sont donc à valoriser : par exemple, certaines Asteraceae seront butinées par les espèces oligolectiques comme les *Heriades* spp. et *Panurgus* spp. (Pauly 2019).



En plus de maintenir la diversité et la production alimentaire, les potagers permettent d'assurer des fonctions culturelles et récréatives très bénéfiques à la population urbaine (Zasada 2011). Ces milieux constituent donc un avantage véritable pour la durabilité des villes (Lovell 2010). Dans ces conditions, Turo et Gardiner (2019) soulignent qu'il faut donc concilier les objectifs de sauvegarde des habitats et des abeilles avec les préoccupations des résidents urbains. Effectivement, la ville ne doit pas être uniquement définie par son contexte paysager, mais également par son contexte social, économique et culturel.

### VI.3- Les prairies de fauche et de pâturage

Ces milieux semblent favorables aux pollinisateurs sauvages. Les fauches se faisant tardivement, c'est-à-dire après la floraison de la plupart des espèces florales (entre juillet et août), celles-ci réduisent peu les ressources. Néanmoins, il faut faire attention au changement du mode d'exploitation des parcelles, cela peut avoir des conséquences sur la diversité floristique, et par conséquent sur les pollinisateurs associés (Lumaret 2010). Il est également important de laisser des zones dans les parcelles pâturées où la végétation peut rester dense, offrant ainsi refuge pour les insectes (Tatin *et al.* 2000).

### VI.4- La sablière

La sablière est un habitat fort favorable à la nidification des espèces, notamment les abeilles terricoles. D'après notre étude, il apparaît que la sablière est un site singulier en termes de communautés de pollinisateurs qu'elle porte (voir résultats des PCoA). Par conséquent, il serait judicieux de limiter l'accessibilité de ce site au public. La mise en place de sentiers semble adaptée pour laisser l'accès au site historique tout en conservant ce site de prédilection pour la nidification.

La réouverture du versant Sud augmenterait le potentiel de nidification du site. Cependant, il est important de conserver également une ressource alimentaire suffisante (Figure 32). De ce fait, une réouverture sous une forme de petites carrières permettrait de trouver un juste milieu entre les ressources de nidification et alimentaires.

Il faut convenir que l'usage récréatif important de la pente principale de la sablonnière (VTT, activités scouts, luge hivernale...) a permis de limiter l'envahissement par la végétation et la fermeture du milieu, tout en maintenant le sol à nu et disponible aux insectes. En saison, elles peuvent toutefois être dommageables par le dérangement des abeilles, la destruction des nids ou la mortalité directe (écrasement).

Le maintien de ces activités récréatives n'est donc pas incompatible avec la préservation des abeilles, mais nécessite d'être mieux cadré en saison.

Nous proposons donc la mise en défens saisonnière de cet habitat remarquable qu'est la sablière, moyennant l'élaboration d'un chemin pour les promeneurs et les amateurs VTT. Cette mise en défens devrait s'effectuer lors de la période d'activité des espèces qui y nichent, du 1<sup>er</sup> Mars jusqu'au 1<sup>er</sup> Octobre de chaque année, afin que le public puisse bénéficier des pentes lors des périodes hivernales (activité de type luge, activités scouts, etc.).

Une communication appropriée (poster, panneaux, réseaux sociaux...) vis-à-vis du public serait à privilégier afin d'expliquer cette mise en défens qui sera mieux acceptée, a fortiori pour cette partie du site très exploitée par les mouvements de jeunesse.





Figure 32 : Photographie de type LIDAR de la sablière avec un exemple d'ouverture de carrières en rouge

### VI.5- Les espaces ludiques (dirtbike et speelbos)

Les sites d'échantillonnage correspondent aux zones disposant de la moins grande richesse d'abeilles sauvages du site, parfois jusqu'à 4 fois moins que les sites le plus diversifiés (P3b/O5/O6) (Lamarre 2021). De ce fait, une trouée afin de créer l'espace speelbos ne devrait pas avoir de conséquences négatives concernant la conservation des espèces de pollinisatrices. Cependant, nous ne préconisons pas une conversion totale de la zone, mais plutôt sur de petites surfaces afin de favoriser la diversité et l'hétérogénéité du milieu (accroissement de la diversité bêta). De plus l'installation de jeux en bois pourrait favoriser la colonisation d'espèces d'abeilles caulicoles ou charpentière (p.ex. *Ceratina cyanea*) ; une réflexion dès la conception serait opportune.

La zone de dirtbike est favorable pour l'établissement de tout une série d'espèces d'abeilles sauvages terricoles, notamment les agrégations de nids orientés plein Sud, en lisière de forêt. Les nids se trouvent principalement sur les buttes conçues artificiellement pour réaliser le circuit de VTT. Ces buttes offrent les substrats favorables, à savoir un sol nu avec une granulométrie particulière pour certaines abeilles terricoles (p.ex. *A. clarkella*) (Cane et al. 2006). Nous recommandons donc de garder en l'état le circuit, en particulier les buttes, indépendamment du maintien ou de la suppression de l'activité du dirtbike. Il est donc à noter que cette activité n'est pas incompatible avec la préservation des abeilles.

## VI.6- Connectivité entre habitats

La connectivité des habitats dans un paysage est reconnue pour influencer la dispersion des pollinisateurs et augmenter leur capacité de persistance (Haddad et al. 2003, Jha and Kremen 2013).

Afin d'assurer une connexion favorable, il est nécessaire de se baser sur les 4 composantes suivantes (réseau régional des espaces naturels, 2015) :

- les réservoirs, correspondant aux zones vitales ;
- les corridors assurant le déplacement des populations entre les réservoirs ;
- les zones de transitions entre les réservoirs et les corridors ;
- la matrice de l'élément dominant au niveau du paysage.

La grande complexité dans la mise en place de ces continuités écologiques est l'adaptation aux besoins de différents taxons. Les parcs et jardins publics offrent de grandes opportunités, représentant parfois un réservoir ou un corridor pour celles-ci (Coupey et al., 2014). Les corridors peuvent être de différentes formes et de différentes échelles, et s'adapter à l'hétérogénéité des habitats et aux espèces cibles. Les études menées par Haddad et Baum (1999) ainsi que Haddad et Tewksbury (2005) ont démontré que la mise en place de corridors pouvait réduire considérablement les impacts négatifs de la fragmentation des habitats. Ils permettent une augmentation des déplacements des pollinisateurs (Haddad et al. 2003), et des ressources. De grandes capacités de dispersion des pollinisateurs favorisent la pollinisation, avec par conséquent une amélioration de la quantité et la qualité de pollen produit par les plantes (Townsend and Levey 2005). Les corridors participent également à un meilleur apport en ressources florales et de nidification.

D'après l'étude de Lamarre (2021), la connectivité (IIC) est la variable paysagère la plus positivement corrélée aux 3 indices de diversité alpha. En effet, la connectivité paysagère permet aux espèces de se déplacer d'un site à l'autre et donc d'augmenter la diversité et l'équitabilité de chaque site. La connectivité, influençant un grand nombre de processus écologiques comme le flux de gènes et la redistribution des individus, pourrait être étudiée comme une variable indépendante des autres variables paysagères dans une étude de l'influence du paysage (Goodwin 2003).

La connectivité structurelle, comme calculée dans ce cadre, réfère à l'adjacence des taches ou la présence de corridors, tandis que la connectivité fonctionnelle incorpore la réponse des organismes à la structure du paysage. Bien que ça n'ait pas été réalisé, il serait intéressant de se pencher plus amplement sur cette connectivité fonctionnelle. De plus, les seuils de connectivité, bien qu'ils aient une grande importance dans les conséquences écologiques, ne doivent pas être associés aux seuils d'extinction ou de dispersion notamment (With 2019). Dans ce cadre, la non connectivité des potagers n'implique pas que le seuil de non-dispersion est atteint par exemple (i.e., les abeilles sauvages sont toujours capables de se disperser par l'intermédiaires des potagers). L'ensemble de processus à différentes échelles est responsable des seuils écologiques (extinction et dispersion) et pas le seuil de connectivité uniquement (With 2019).

La densité de taches est également positivement corrélée à l'abondance et la richesse. Cette affirmation va dans le sens des études de Hopfenmüller et al. (2014) et Faeth et al. (2011), qui soutiennent qu'un paysage plus hétérogène est lié à une bonne richesse. Au sein du Kauwberg, de nombreuses perturbations peuvent avoir lieu, notamment par les activités anthropiques. Ces perturbations peuvent avoir un effet positif ou non sur l'hétérogénéité. Il faut de ce fait réguler et contrôler au maximum les différentes activités qui y ont lieu pour promouvoir la meilleure dynamique de paysage.



## VI.7- Gestion générale en faveur des pollinisateurs

Les espaces verts, fleuris et les zones de friches délaissées, sont des zones qui peuvent apporter un fort potentiel pour la biodiversité. Cependant, cela peut être perçu comme de la négligence d'entretien des espaces verts par les usagers. C'est pourquoi il est important de sensibiliser la population sur les techniques de gestion mise en place, par exemple par la mise en place de panneaux informatifs. Il semblerait que les préférences esthétiques sur la végétalisation urbaines par les citoyens soient d'autant plus bénéfiques pour la biodiversité lorsque ces derniers présentaient plus de connaissances environnementales (Southon et al. 2017).

Pour rappel, lors de l'entretien des espaces verts, les usages de produits phytosanitaires peuvent à la fois augmenter le taux de mortalité des abeilles et réduire de manière drastique la disponibilité des ressources florales (Firbank et al. 2003, Morandin and Winston 2005). Cumulant les statuts d'espace public et de site protégé au sein d'un réseau Natura 2000, l'usage de tout produit phytopharmaceutique y est interdit par l'ordonnance du 20 juin 2013 relative à l'utilisation des pesticides, cette interdiction étant renforcée et étendue aux produits biocides dans les habitats Natura 2000 par l'ordonnance du 1<sup>er</sup> mars 2012 relative à la conservation de la nature.

En ayant des méthodes de gestion manuelles ou mécaniques de ces espaces avec des matériaux écologiques, il est possible de réduire les nuisances pour la biodiversité. Limiter les tontes et les fauches, ne pas recourir au gyrobroyage, réduire les surfaces imperméables au profit de chemins perméables favoriseraient également la biodiversité. En effet Wastian et al. (2016), ont démontré que les coupes fréquentes de la végétation impactaient les communautés d'abeilles en réduisant les ressources alimentaires et de nidifications, en plus de la mortalité directe. La diversité des habitats (mare, prairies, haies, bois, potager) avec une flore indigène et nectarifère sont des éléments favorables aux pollinisateurs sauvages.

Il est évident que le Kauwberg est favorable aux abeilles qui nichent dans le sol. Il serait possible d'ajouter des hôtels à insectes destinés aux autres abeilles, ce qui serait surtout un moyen de sensibilisation du public aux pollinisateurs (Coupey et al., 2014), bien que tant le dispositif que la démarche font l'objet de critiques, l'approche étant considérée comme potentiellement dommageable (Geslin et al. 2022).



Figure 33 : Clairière r1 en milieu couvert, envahie par *Rubus sp.*



Un public sensibilisé peut devenir acteur et observateur de la biodiversité et peut également fournir des observations opportunistes (Coupey et al., 2014). Une formation des agents de terrain (gardiens, jardiniers) sur la reconnaissance de la biodiversité permettrait d’avoir un suivi continu des taxons. Les données de sciences citoyennes représentent une source précieuse d’informations sur la distribution des espèces et de la biodiversité (Schmeller et al. 2009). Ainsi les usagers deviennent des acteurs de l’amélioration des connaissances du Kauwberg.

Au vu de la présence d’abeilles domestiques sur le site (provenant des ruchers du Kauwberg ou environnants), il est important de conserver une forte richesse en ressource mellifère afin de limiter les effets de compétition alimentaire avec l’ensemble des pollinisateurs sauvages. Pour cela, il semble important de conserver les haies de ronciers qui représentent une des principales ressources mellifères en milieu naturel ou semi-naturel (Wignall et al. 2020). Des zones dégagées envahie par les ronciers ont été observées au sein des milieux couverts. Ces zones sont bénéfiques, en offrant des ressources florales en zone ensoleillée et à l’abri du vent pour l’ensemble des pollinisateurs, principalement les généralistes (Figure 33). Ces zones ont été répertoriées et cartographiées sous le nom de sites r1 à r3 dans la figure 5. L’introduction des ruchers d’abeilles mellifères pouvant nuire grandement aux communautés de pollinisateurs sauvages présents, et ce particulièrement à des espèces spécialistes ou présentant un enjeu de conservation majeur, la pratique apicole serait idéalement à proscrire au sein du Kauwberg, ou à limiter drastiquement si cette option ne pouvait être prise.

Il est à noter que des points d’eau ont été observés, principalement au niveau des potagers P1a (3 mares artificielles), P1b (1 bassine enterrée) et P2a (1 bassine enterrée). Ces « mares » sont une source d’eau favorable aux pollinisateurs, notamment durant les périodes de sécheresse (Figure 34). Ces sources sont utilisées par les usagers pour l’arrosage des potagers ou pour l’abreuvement des chiens. Des prélèvements d’eau ont été constatés pour le point P2a malgré la pose d’un grillage. Ces prélèvements induisent un assèchement de ce bassin, réduisant ainsi la ressource en eau pour les pollinisateurs en cas de fortes chaleurs. De plus, la présence de tritons alpestres (*Ichthyosaura alpestris*), espèce strictement protégée, a été constatée dans les marres P1b et P2a. Afin de réduire ces événements stressants, nous suggérons de restaurer ces petites mares artificielles et de mettre à disposition des sources d’eau pour les potagistes et les chiens.



Figure 34 Mare artificielle au sein du potager P1a

## VI.8- Synthèse des recommandations spécifiques sur le site du Kauwberg

Les éléments des recommandations sont reprise à la figure 35.

- 1) Implantation de bandes fleuries (voir chapitre VI.1 pour un exemple de mélange) dans les zones ouvertes (prairies maigres de fauche de basse altitude) pour favoriser les espèces oligolectiques et/ou menacées d'extinction.
- 2) Maintien et édification de zones de nidification d'espèces oligolectiques et/ou menacées d'extinction : bois mort et zones dépourvues de végétations de préférence orientée plein Sud (à la sablière, en lisière de forêt).
- 3) Maintien des trois potagers et de leur diversité floristique (notamment certaines Fabaceae et lysimaques). Veiller au respect de l'interdiction d'utilisation d'insecticides. Maintenir les points d'eau.
- 4) Maintien des buttes établies par le chemin du dirtbike, ce qui permettra d'augmenter la surface de nidification de tout une série d'espèces terricoles, notamment oligolectiques et/ou en danger d'extinction ; entretien des buttes pour limiter l'envahissement par la végétation.
- 5) Ouverture du versant Ouest de la sablière, ce qui permettra d'augmenter la surface de nidification de tout une série d'espèces terricoles notamment oligolectiques et/ou en danger d'extinction.
- 6) Mise en défens de la sablière du 01/03 au 01/10 chaque année en vue de ne pas perturber l'activité des terricoles en laissant un chemin pour promeneur et/ou parcours VTT.
- 7) Suppression ou limitation drastique des ruchers sur le site.

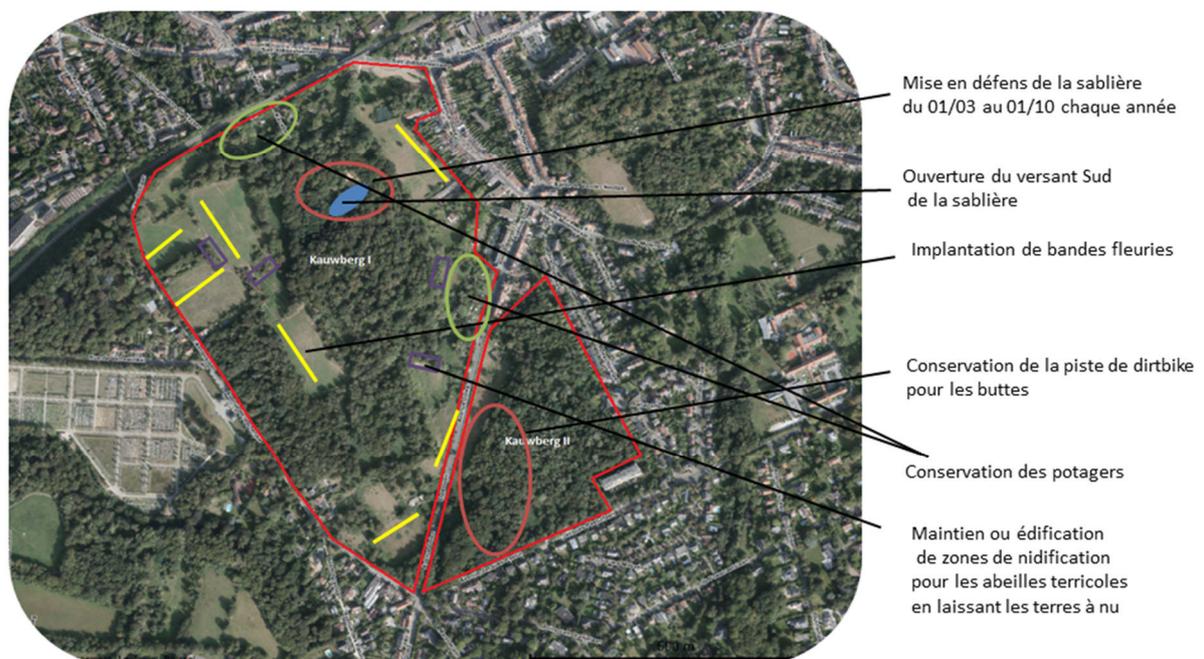


Figure 35 Recommandations spécifiques pour les abeilles sauvages du Kauwberg





## VII- Références

- Alhmedi A, Haubruge E, Francis F (2010) Intraguild interactions and aphid predators: biological efficiency of *Harmonia axyridis* and *Episyrphus balteatus*. *Journal of Applied Entomology* 134: 34–44. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2009.01445.x>
- Bailey S (2014) Quelle est la contribution des lisières forestières à la structuration des assemblages d'abeilles sauvages dans les paysages agricoles ? Thèse. Université d'Orléans. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01203346>
- Bellehumeur C, Legendre P (1998) Multiscale sources of variation in ecological variables: Modeling spatial dispersion, elaborating sampling designs. *Landscape Ecology* 13: 15–25. <https://doi.org/10.1023/A:1007903325977>
- Bischoff I, Bischoff I, Feltgen K, Breckner D (2003) Foraging strategy and pollen preferences of *Andrena vaga* (Panzer) and *Colletes cunicularius* (L.) (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Hymenoptera research*. 12: 220–237. Available from: <https://www.biodiversitylibrary.org/part/241> (March 31, 2020).
- Burgio G, Sommaggio D (2007) Syrphids as landscape bioindicators in Italian agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 120: 416–422. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.10.021>
- BWARS (2021) Bees, wasps and ants recording society. Available from: <https://www.bwars.com/>.
- Campbell J, Hanula J (2007) Efficiency of Malaise traps and colored pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems. *Journal of Insect Conservation* 11: 399–408. <https://doi.org/10.1007/s10841-006-9055-4>
- Cane JH, Tepedino VJ (2016) Gauging the effect of honey bee pollen collection on native bee communities. *Conservation Letters* 10: 205–210. <https://doi.org/10.1111/conl.12263>
- Cane JH, Minckley RL, Kervin LJ, Roulston TH, Williams NM (2006) Complex responses within a desert bee guild (Hymenoptera: Apiformes) to urban habitat fragmentation. *Ecological Applications* 16: 632–644. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2006\)016\[0632:crwadb\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[0632:crwadb]2.0.co;2)
- Chao A (1984) Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics* 11: 265–270. Available from: <http://www.jstor.org/stable/4615964>.
- Chao A (1987) Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. *Biometrics* 43: 783–791. <https://doi.org/10.2307/2531532>
- Chao A, Chiu C-H, Jost L (2014) Unifying species diversity, phylogenetic diversity, functional diversity, and related similarity and differentiation measures through hill numbers. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 45: 297–324. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-120213-091540>
- Chauzat MP, Cauquil L, Roy L, Franco S, Hendrikx P, Ribière-Chabert M (2013) Demographics of the European apicultural industry. *PLoS ONE* 8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079018>
- Chytrý M, Dražil T, Hájek M, Kalníková V, Preislerová Z, Sibik J, Ujházy K, Axmanová I, Bernatová D, Bláhar D, Dančák M, Dřevojan P, Fajmon K, Galvánek D, Hájková P, Herben T, Hrivnák R, Janeček S, Janišová M, Vymazalová M (2015) The most species-rich plant communities of the Czech Republic and Slovakia (with new world records). *Preslia -Praha-* 87: 217–278.
- Clara Coupey A, Mouret H, Fortel L, Visage C, Vyghen F, Aubert M, Vaissiere BE (2014) Guide de gestion écologique pour favoriser les abeilles sauvages et la nature en ville. <https://www.arthropologia.org/association/ressources/guide-gestion-ecologique-abeilles->



sauvages-nature-en-ville#

- Collett TS, Land MF (1978) How hoverflies compute interception courses. *Journal of comparative physiology* 125: 191–204. <https://doi.org/10.1007/BF00656597>
- Colwell RK, Coddington JA (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. In Hawksworth, D.L.: *Biodiversity. Measurement and estimation*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Biological Sciences 345: 101–118.
- Crasson P (2021) Structure spécifique et fonctionnelle des communautés de syrphes (Diptera : Syrphidae) au Kauwberg (Uccle), zone semi-naturelle en milieu urbain. Université de Liège
- D’Amen, M, Birtele D, Zapponi L, Hardsen S (2013) Patterns in diurnal co-occurrence in an assemblage of hoverflies (Diptera: Syrphidae). *EJE* 110: 649–656. Available from: <https://www.eje.cz/artkey/eje-201304-0014.php>.
- Debano SJ (2006) Effects of livestock grazing on aboveground insect communities in semi-arid grasslands of southeastern Arizona. *Biodiversity and Conservation* 15: 2547–2564. <https://doi.org/10.1007/s10531-005-2786-9>
- Dray S, Dufour A-B (2007) The ade4 package: Implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of Statistical Software* 22. <https://doi.org/10.18637/jss.v022.i04>
- Drossart M, Rasmont P, Vanormelingen P, Dufrêne M, Folschweiller M, Pauly A, Vereecken NJ, Vray S, Zambra E, D’Haeseleer J, Michez D (2019) Belgian red list of bees. 140 pp.
- Dufrêne M, Legendre P (1997) Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345–366. [https://doi.org/https://doi.org/10.1890/0012-9615\(1997\)067](https://doi.org/https://doi.org/10.1890/0012-9615(1997)067)
- Else GR, Edwards M (2018) *Handbook of the Bees of the British Isles*. 775 pp.
- Faeth SH, Bang C, Saari S (2011) Urban biodiversity: Patterns and mechanisms. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223: 69–81. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05925.x>
- Falk S (2015) *Field Guide to the Bees of Great Britain and Ireland*. 1st ed. Bloomsbury Publishing, London, 432 pp.
- Firbank LG, Heard MS, Woiwod IP, Hawes C, Houghton AJ, Champion GT, Scott RJ, Hill MO, Dewar AM, Squire GR, May MJ, Brooks DR, Bohan DA, Daniels RE, Osborne JL, Roy DB, Black HIJ, Rothery P, Perry JN (2003) An introduction to the farm-scale evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. *Journal of Applied Ecology* 40: 2–16. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2003.00787.x>
- Flamion E (2021) Etude de la structure des communautés d’abeilles sauvages et du potentiel de pollinisation au Kauwberg et dans ses potagers partagés. Université de Liège
- Francis F, Fadeur G, Haubruge E (2005) Effet des tournières enherbées sur les populations de syrphes en grandes cultures.
- Geslin B, Gauzens B, Baude M, Dajoz I, Fontaine C, Henry M, Ropars L, Rollin O, Thébault E, Vereecken NJ (2017) Massively introduced managed species and their consequences for plant–pollinator interactions. In: *Advances in Ecological Research*. Elsevier Ltd., 147–199. <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2016.10.007>
- Gezon ZJ, Wyman ES, Ascher JS, Inouye DW, Irwin RE (2015) The effect of repeated, lethal sampling on wild bee abundance and diversity. *Vamosi J* (Ed.). *Methods in Ecology and Evolution* 6: 1044–1054. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12375>



- Goodwin BJ (2003) Is landscape connectivity a dependent or independent variable? *Landscape Ecology* 18: 687–699. <https://doi.org/10.1023/B:LAND.0000004184.03500.a8>
- Goras G, Tanaki C, Dimou M, Tscheulin T, Petanidou T, Thrasivoulou A (2016) Impact of honey bee (*Apis mellifera* L.) density on wild bee foraging behaviour. *Journal of Apicultural Science* 60: 49–62. <https://doi.org/10.1515/JAS-2016-0007>
- Gotelli NJ, Ellison AM (2013) The Measurement of Biodiversity. In: *A Primer of Ecological Statistics*. Sunderland, Massachusetts U.S.A.: Sinauer Associates, Inc., 449–482.
- Goulson D (2003) Effects of introduced bees on native ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34: 1–26. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132355>
- Grab H, Branstetter MG, Amon N, Urban-Mead KR, Park MG, Gibbs J, Blitzer EJ, Poveda K, Loeb G, Danforth BN (2019) Agriculturally dominated landscapes reduce bee phylogenetic diversity and pollination services. *Science* 363: 282–284. <https://doi.org/10.1126/science.aat6016>
- Habel JC, Dengler J, Janišová M, Török P, Wellstein C, Wiezik M (2013) European grassland ecosystems: threatened hotspots of biodiversity. *Biodiversity and Conservation* 22: 2131–2138. <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0537-x>
- Haddad NM, Baum KA (1999) An experimental test of corridor effects on butterfly densities. *Ecological Applications* 9: 623. <https://doi.org/10.2307/2641149>
- Haddad NM, Tewksbury JJ (2005) Low-quality habitat corridors as movement conduits for two butterfly species. *Ecological Applications* 15: 250–257. <https://doi.org/10.1890/03-5327>
- Haddad NM, Bowne DR, Cunningham A, Danielson BJ, Levey DJ, Sargent S, Spira T (2003) Corridor use by diverse taxa. *Ecology* 84: 609–615. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2003\)084\[0609:CUBDT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2003)084[0609:CUBDT]2.0.CO;2)
- Haenke S, Scheid B, Schaefer M, Tschardt T, Thies C (2009) Increasing syrphid fly diversity and density in sown flower strips within simple vs. complex landscapes. *Journal of Applied Ecology* 46: 1106–1114. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01685.x>
- Hair JF, Black WC, Babin BJ, Anderson RE (2019) *Multivariate data analysis*. 8th ed. Annabel Ainscow.
- Hall DM, Camilo GR, Tonietto RK, Ollerton J, Ahrné K, Arduser M, Ascher JS, Baldock KCR, Fowler R, Frankie G, Goulson D, Gunnarsson B, Hanley ME, Jackson JI, Langellotto G, Lowenstein DM, Minor ES, Philpott SM, Potts SG, Sirohi MH, Spevak EM, Stone GN, Threlfall CG (2017) The city as a refuge for insect pollinators. *Conservation Biology* 31: 24–29. <https://doi.org/10.1111/cobi.12840>
- Hausmann SL, Petermann JS, Rolff J (2016) Wild bees as pollinators of city trees. *Insect Conservation and Diversity* 9. <https://doi.org/10.1111/icad.12145>
- Herbertsson L, Lindström SAM, Rundlöf M, Bommarco R, Smith HG (2016) Competition between managed honeybees and wild bumblebees depends on landscape context. *Basic and Applied Ecology* 17: 609–616. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2016.05.001>
- Hondelmann P, Poehling HM (2007) Diapause and overwintering of the hoverfly *Episyrphus balteatus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 124: 189–200. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2007.00568.x>
- Hopfenmüller S, Steffan-Dewenter I, Holzschuh A (2014) Trait-specific responses of wild bee communities to landscape composition, configuration and local factors. *PLoS ONE* 9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104439>



- Hung KLJ, Kingston JM, Albrecht M, Holway DA, Kohn JR (2018) The worldwide importance of honey bees as pollinators in natural habitats. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 285. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2140>
- Jha S, Kremen C (2013) Urban land use limits regional bumble bee gene flow. *Molecular Ecology* 22: 2483–2495. <https://doi.org/10.1111/mec.12275>
- Kearns CA, Inouye DW, Waser NM (1998) Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 83–112. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.83>
- Kindt R (2016) BiodiversityR: Package for Community Ecology and Suitability Analysis. Version 2.6-1. URL <http://cran.r-project.org/web/packages/BiodiversityR/>.
- Kleijn D, van Langevelde F (2006) Interacting effects of landscape context and habitat quality on flower visiting insects in agricultural landscapes. *Basic and Applied Ecology* 7: 201–214. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.baae.2005.07.011>
- Kocourek M (1966) *Prodromus der Hymenopteren der Tschechoslowakei, Pars 9: Apoidea, 1. Acta faunistica Entomologica Musei Nationalis Pragae* 12: 1–122.
- Kovács-Hostyánszki A, Földesi R, Báldi A, Endrédi A, Jordán F (2019) The vulnerability of plant-pollinator communities to honeybee decline: A comparative network analysis in different habitat types. *Ecological Indicators* 97: 35–50. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.09.047>
- Lamarre M (2021) Recensement et impact de la structure paysagère urbaine sur les communautés d'abeilles sauvages au Kauwberg (Uccle). Université de Liège
- Legendre P, Legendre L (1998) *Numerical Ecology*. Second. Amsterdam: Elsevier Science B.V.
- Legendre P, Legendre L (2012) Ordination in reduced space. In: *Numerical Ecology*. Elsevier, Amsterdam (Netherlands), 425–520.
- Lindström SAM, Herbertsson L, Rundlöf M, Bommarco R, Smith HG (2016) Experimental evidence that honeybees depress wild insect densities in a flowering crop. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 283: XX. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.1641>
- Lovell ST (2010) Multifunctional urban agriculture for sustainable land use planning in the United States. *Sustainability* 2: 2499–2522. <https://doi.org/10.3390/su2082499>
- Lowenstein DM, Matteson KC, Minor ES (2015) Diversity of wild bees supports pollination services in an urbanized landscape. *Oecologia* 179: 811–821. <https://doi.org/10.1007/s00442-015-3389-0>
- Lumaret J-P (2010) *Pastoralismes & Entomofaune sous la direction de Association Française de Pastoralisme Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive Cardère éditeur.*
- Magrach A, González-varo JP, Boiffier M, Bartomeus I (2017) Honeybee spillover reshuffles pollinator diets and affects plant reproductive success. *Nature Ecology & Evolution* 1: 1299–1307. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0249-9>
- Magurran A (2004) *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing, Oxford, 256 pp.
- Mallinger RE, Gibbs J, Gratton C (2016) Diverse landscapes have a higher abundance and species richness of spring wild bees by providing complementary floral resources over bees' foraging periods. *Landscape Ecology* 31: 1523–1535. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0332-z>
- Marcon E (2018) Mesures de la biodiversité. Available from: <https://hal-agroparistech.archives-ouvertes.fr/cel-01205813>.



- Marcos-García M, García-López A, Zumbado Arrieta M, Rotheray G (2012) Sampling methods for assessing syrphid biodiversity (Diptera: Syrphidae) in tropical forests. *Environmental entomology* 41: 1544–1552. <https://doi.org/10.1603/EN12215>
- Maurer K, Weyand A, Fischer M, Stöcklin J (2006) Old cultural traditions, in addition to land use and topography, are shaping plant diversity of grasslands in the Alps. *Biological Conservation* 130: 438–446. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.01.005>
- Michener CD (2007) *The bees of the world*. 2nd ed. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland 21218-4363, 2406 pp.
- Morandin LA, Winston ML (2005) Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. *Ecological Applications* 15: 871–881. <https://doi.org/10.1890/03-5271>
- Morandin LA, Winston ML, Abbott VA, Franklin MT (2007) Can pastureland increase wild bee abundance in agriculturally intense areas? *Basic and Applied Ecology* 8: 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2006.06.003>
- Mouillot D, Leprêtre A (1999) A comparison of species diversity estimators. *Researches on Population Ecology* 41: 203–215. <https://doi.org/10.1007/s101440050024>
- Mouret H, Carré G, M Roberts SP, Morison N, Vaissière BE (2007) Mouret, H., G. Carré, S. P. M. Roberts, N. Morison & B. E. Vaissière (2007). Mise en place d'une collection d'abeilles (Hymenoptera, Apoidea) dans le cadre d'une étude de la biodiversité. *Osmia*, 1: 8-15. <https://doi.org/10.47446/OSMIA1.4>
- Nengel S, Drescher W (1991) Studies on the biology of *Sphaerophoria scripta* (Diptera, Syrphidae). In: *Acta Horticulturae*. International Society for Horticultural Science (ISHS), Leuven, Belgium, 98–102. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1991.288.10>
- Nieto A, Roberts SPM, Kemp J, Rasmont P, Kuhlmann M, García Criado M, Biesmeijer JC, Bogusch P, Dathe HH, De la Rúa P, De Meulemeester T, Dehon M, Dewulf A, Ortiz-Sánchez FJ, Lhomme P, Pauly A, Potts SG, Praz, C. Q, Window J, Michez D (2014) IUCN Global Species Programm European Red List of Bees. <https://doi.org/10.2779/77003>
- Noel G, Bonnet J, Everaerts S, Danel A, Calderan A, Liedekerke AD, d'Annevoie CDM, Francis F, Serteyn L (2021) Distribution of wild Bee (Hymenoptera: Anthophila) and hoverfly (Diptera: Syrphidae) communities within farms undergoing ecological transition. *Biodiversity Data Journal* 9. <https://doi.org/10.3897/BDJ.9.E60665>
- Noy-Meir I (1995) Interactive effects of fire and grazing on structure and diversity of Mediterranean grasslands. *Journal of Vegetation Science* 6: 701–710. <https://doi.org/10.2307/3236441>
- Odanaka KA, Rehan SM (2019) Impact indicators: Effects of land use management on functional trait and phylogenetic diversity of wild bees. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 286: 106663. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106663>
- Oksanen J, Blanchet Michael FGF, Kindt R, Legendre P, McGlenn D, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Stevens MHH, Szoecs E, Wagner H (2019) *vegan: Community Ecology Package*. Available from: <https://cran.r-project.org/package=vegan>.
- Pauly A (2019) Contribution à l'inventaire des abeilles sauvages de la Région de Bruxelles-Capitale et de la Forêt de Soignes (Hymenoptera: Apoidea). *Belgian Journal of Entomology* 79: 1–160. Available from: [www.srbe-kbve.be](http://www.srbe-kbve.be).
- Pauly A, Vereecken NJ (2018) Les abeilles sauvages des pelouses calcaires de Han-sur-Lesse



- (Hymenoptera: Apoidea). *Belgian Journal of Entomology* 20: 1–39.
- Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE (2010) Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 345–353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Potts SG, 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: 78–85.
- R Core Team (2020) R: A Language and Environment for Statistical Computing. Available from: <https://www.r-project.org/>.
- Rasmont P, P. M (1988) Première estimation de la dérive faunique chez les Bourdons de la Belgique (Hymenoptera, Apidae). *Belgian Journal of Zoology* 118: 141–147.
- Rasmont P, Haubruge É (2002) Atlas Hymenoptera. Available from: <http://www.atlashymenoptera.net> (April 12, 2021).
- Rasmont P, Iserbyt S (2012) The bumblebees scarcity syndrome: Are heat waves leading to local extinctions of bumblebees (Hymenoptera: Apidae: Bombus)? *Annales de la Societe Entomologique de France* 48: 275–280. <https://doi.org/10.1080/00379271.2012.10697776>
- RÉSEAU RÉGIONAL DES ESPACES NATURELS DE PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR (2015) ANALYSE des continuités écologiques.
- Ricarte M A, Marcos-García M, Moreno C (2011) Assessing the effects of vegetation type on hoverfly (Diptera: Syrphidae) diversity in a Mediterranean landscape: Implications for conservation. *Journal of Insect Conservation - J INSECT CONSERV* 15. <https://doi.org/10.1007/s10841-011-9384-9>
- Roberts D (2013) *labdsv: Ordination and Multivariate Analysis for Ecology*.
- Romey WL, Ascher JS, Powell DA, Yanek M (2007) Impacts of logging on midsummer diversity of native bees (Apoidea) in a Northern Hardwood Forest. *Journal of the Kansas Entomological Society* 80: 327–338. [https://doi.org/10.2317/0022-8567\(2007\)80\[327:IOLOMD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2317/0022-8567(2007)80[327:IOLOMD]2.0.CO;2)
- Ropars L, Dajoz I, Fontaine C, Muratet A, Geslin B (2019) Wild pollinator activity negatively related to honey bee colony densities in urban context. *Blenau W (Ed.). PLoS ONE* 14: e0222316–e0222316. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222316>
- Roulston TH, Smith SA, Brewster AL (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: 179–181. Available from: <http://www.jstor.org/stable/25086376>.
- Santamaría S, Sánchez AM, López-Angulo J, Ornos C, Mola I, Escudero A (2018) Landscape effects on pollination networks in Mediterranean gypsum islands. *Arroyo J (Ed.). Plant Biology* 20: 184–194. <https://doi.org/10.1111/plb.12602>
- Schirmel J, Albrecht M, Bauer PM, Sutter L, Pfister SC, Entling MH (2018) Landscape complexity promotes hoverflies across different types of semi-natural habitats in farmland. *Journal of Applied Ecology* 55: 1747–1758. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13095>
- Schmeller DS, Henry PY, Julliard R, Gruber B, Clobert J, Dziöck F, Lengyel S, Nowicki P, D'Éri E, Budrys E, Kull T, Tali K, Bauch B, Settele J, Van Swaay C, Kobler A, Babij V, Papastergiadou E, Henle K (2009) Ventajas del monitoreo de biodiversidad basado en voluntarios en Europa. *Conservation Biology* 23: 307–316. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01125.x>



- Schulten A (2020) Syrphes de Belgique et des Pays-Bas. Pas-de-Calais N and LC d'espaces naturels N et du (Ed.).
- Schweiger O, Musche M, Bailey D, Billeter R, Diekötter T, Hendrickx F, Herzog F, Liira J, Maelfait J-P, Speelmans M, Dziok F (2007) Functional richness of local hoverfly communities (Diptera, Syrphidae) in response to land use across temperate Europe. *Oikos* 116: 461–472. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.15372.x>
- Sommaggio D (1999) Syrphidae: Can they be used as environmental bioindicators? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 343–356. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00042-0](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00042-0)
- Sommaggio D (2014) The use of Syrphidae as functional bioindicator to compare vineyards with different managements.
- Southon GE, Jorgensen A, Dunnett N, Hoyle H, Evans KL (2017) Biodiverse perennial meadows have aesthetic value and increase residents' perceptions of site quality in urban green-space. *Landscape and Urban Planning* 158: 105–118. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.08.003>
- Speights MCD (2017) Base de Données StN: Contenu et Glossaire des termes 2016. Syrph the Net, the database of European Syrphidae (Diptera). Syrph the Net publications, 281 pp.
- Steffan-dewenter I, Tscharrntke T (2000) Resource overlap and possible competition between honey bees and wild bees in central Europe. *Oecologia* 122: 288–296.
- Sugden EA (1985) Pollinators of *Astragalus monoensis* Barneby (Fabaceae): new host records; potential impact of sheep grazing. *The Great Basin naturalist* 45: 299–312.
- Sutherland JP, Sullivan MS, Poppy GM (2001) Distribution and abundance of aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae) in wildflower patches and field margin habitats. *Agricultural and Forest Entomology* 3: 57–64. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2001.00090.x>
- Tommasi D, Miro A, Higo HA, Winston ML (2004) Bee diversity and abundance in an urban setting. *Canadian Entomologist* 136: 851–869. <https://doi.org/10.4039/n04-010>
- Torné-Noguera A, Rodrigo A, Osorio S, Bosch J (2016) Collateral effects of beekeeping: Impacts on pollen-nectar resources and wild bee communities. *Basic and Applied Ecology* 17. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2015.11.004>
- Townsend PA, Levey DJ (2005) 86 Ecology AN EXPERIMENTAL TEST OF WHETHER HABITAT CORRIDORS AFFECT POLLEN TRANSFER.
- Turo KJ, Gardiner MM (2019) From potential to practical: conserving bees in urban public green spaces. *Frontiers in Ecology and the Environment* 17: 167–175. <https://doi.org/10.1002/fee.2015>
- Twerd L, Banaszak-Cibicka W (2019) Wastelands: their attractiveness and importance for preserving the diversity of wild bees in urban areas. *Journal of Insect Conservation* 23: 573–588. <https://doi.org/10.1007/s10841-019-00148-8>
- Ugland KI, Gray JS (2004) Estimation of species richness : Analysis of the methods developed by Chao and Karakassis. *Marine Ecology Progress Series* 284: 1–8.
- Ugland KI, Gray JS, Ellingsen KE (2003) The species–accumulation curve and estimation of species richness. *Journal of Animal Ecology* 72: 888–897. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.2003.00748.x>
- Vanhaelen N, Francis F, Haubruge E (2004) Purification and characterization of glutathione S-



transferases from two syrphid flies (*Syrphus ribesii* and *Myathropa florum*). Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology 137: 95–100. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2003.10.006>

- Van Veen M (2004) Hoverflies of Northwest Europe. Identification keys to the Syrphidae. Utrecht : KNNV Publishing.
- Vereecken N (2017) Découvrir et protéger nos abeilles sauvages. Glénat. Grenoble, 191 pp.
- VEREecken N, TOFFIN E, GOSSSELIN M, Michez D (2006) Observations relatives à la biologie et à la nidification de quelques abeilles sauvages psammophiles d'intérêt en Wallonie. Observations printanières. Parcs et réserves 61: 8–13.
- Vereecken NJ, Dufrêne E, Aubert M (2015) Sur La Coexistence Entre Abeilles domestiques et abeilles sauvages. Observatoire des Abeilles (OA).
- Verlinden L (1994) Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique. Faune de Belgique – Syrphides (Syrphidae). 289 p. Bruxelles., 289 pp.
- Vujić, A., Gilbert, F., Flinn, G., Englefield, E., Varga, Z., Ferreira, C.C., Eggert, F., Woolcock, S., Böhm, M., Vbra, J., Mergy, R., Ssymank, A., van Steenis, W., Aracil, A., Földesi, R., Grković, A., Mazanek, L, Nedeljković, Z., Pennards, G.W.A., Pérez, C., Radenković, S., Ricarte, A., Rojo, S., Ståhls, G., van der Ent, L.-J., van Steenis, J., Barkalov, A., Campoy, A., Janković, M., Likov, L., Lillo, I., Mengual, X., Milić, D., Miličić, M., Nielsen, T., Popov, G., Romig, T., Šebić, A., Speight, M., Tot, T., van Eck, A., Veselić, S., Andric, A., Bowles, P., De Groot, M., Marcos-García, M.A., Hadrava, J., Lair, X., Malidžan, S., Nève, G., Obreht Vidakovic, D., Popov, S., Smit, J.T., Van De Meutter, F. and Veličković, N. (2022). *Pollinators on the edge: our European hoverflies. The European Red List of Hoverflies*. Brussels, Belgium: European Commission.
- Wastian L, Unterweger PA, Betz O (2016) Influence of the reduction of urban lawn mowing on wild bee diversity (Hymenoptera, Apoidea). Journal of Hymenoptera Research 49: 51–63. <https://doi.org/10.3897/JHR.49.7929>
- Westphal C, Bommarco R, Carré G, Lamborn E, Morison N, Petanidou T, Potts SG, Roberts SPM, Szentgyörgyi H, Tscheulin T, Vaissière BE, Woyciechowski M, Biesmeuer JC, Kunin WE, Settele J, Steffan-Dewenter I (2008) Measuring bee diversity in different European habitats and biogeographical regions. Ecological Monographs 78: 653–671. <https://doi.org/10.1890/07-1292.1>
- Westrich P (1989) Die Wildbienen Baden-Württembergs. Band 1 & 2. Ulmer Stuttgart, 972 pp.
- Westrich P (2018) Die Wildbienen Deutschlands. 822 pp.
- Wignall VR, Arscott NA, Nudds HE, Squire A, Green TO, Ratnieks FLW (2020) Thug life: bramble (<sc>*Rubus fruticosus*</sc> L. agg.) is a valuable foraging resource for honeybees and diverse flower-visiting insects. Insect Conservation and Diversity: icad.12436. <https://doi.org/10.1111/icad.12436>
- Winfree R, Bartomeus I, Cariveau DP (2011) Native Pollinators in Anthropogenic Habitats. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 42: 1–22. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102710-145042>
- With KA (2019) Essentials of Landscape Ecology. First. Oxford University Press, 642 pp.
- Wood T, Roberts S (2017) An assessment of historical and contemporary diet breadth in polylectic *Andrena* bee species. Biological Conservation 215: 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.09.009>



Xie Z, Williams PH, Tang Y (2008) The effect of grazing on bumblebees in the high rangelands of the eastern Tibetan Plateau of Sichuan. *Journal of Insect Conservation* 12: 695–703.  
<https://doi.org/10.1007/s10841-008-9180-3>

Zasada I (2011) Multifunctional peri-urban agriculture-A review of societal demands and the provision of goods and services by farming. *Land Use Policy* 28: 639–648.  
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.01.008>



## VIII- Annexes

Annexe I : Schéma d'orientation de la gestion du Kauwberg par Bruxelles Environnement. Version en date du lancement de l'étude (début 2020). (source : Bruxelles Environnement)

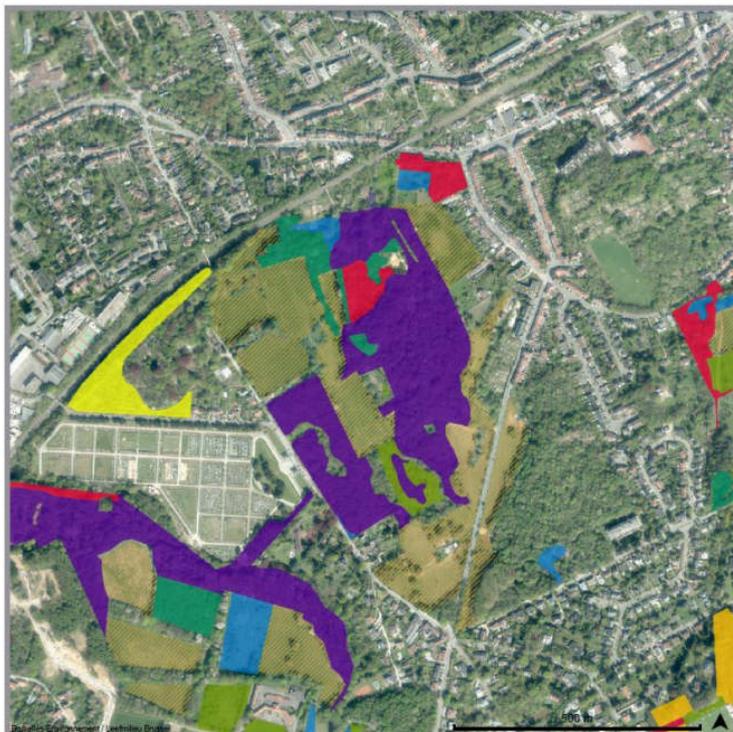
### Légende

Schéma d'orientations\_programmation

- Zone naturelle ancienne à préserver, non accessible
- Espace de liberté pour chiens
- Espace ludique (Speelbos et dirtbike)
- Agriculture urbaine professionnelle (maraîchage)
- Agriculture urbaine professionnelle (pâturage)
- Agriculture urbaine professionnelle (pâturage différencié)
- Potager
- Zone naturelle jeune à préserver, non accessible
- Sablière, préservation des abeilles et espace ludique
- Batiments
- Zone d'accueil
- Zone naturelle jeune, accessible
- Projet communal



Annexe II : Cartographie de la topographie du Kauwberg représentant les différents habitats d'intérêts de Natura 2000 (source : Bruxelles Environnement)



## Habitats Natura 2000

★ Bookmarks

Habitats Natura 2000 (habitats ponctuels)

- 4030 Landes sèches européennes
- 7220 Sources pétrifiantes avec formation de travertins

Habitats Natura 2000 (aquatique)

- 3150 Lacs naturellement eutrophes

Habitats Natura 2000 (terrestre)

- 6430 Mégaphorbiaies
- 6510 Prairies maigres
- 9120 Hétraies acidophiles
- 9130 Hétraies Asperulo-Fagetum
- 9160 Chênaies-charmaies (Carpinion-Betuli)
- 9190 Chênaies acidophiles
- 91E0 Forêts alluviales
- HIR Prairie à Populaire des marais
- HIR Magnocariçaie
- HIR Prairie à Crételle
- HIR Roselières
- HIR Prairie à Agrostis commun
- HIR Prairie à Potentille des oies

Fond de plan: Bruxelles Environnement - CIRS - CIBG



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

Espèce	Statut de vulnérabilité	Lectisme	Socialité	Nidification	Milieux couverts (dont sablière)	Milieux ouverts	Potagers	Total/espèce
Famille Andrenidae								
Andrena angustior	NT	Opportuniste	Solitaire	Terricole	3 (1)	0	2	5
Andrena barbilabris	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	0	0	1	1
Andrena bicolor	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	3 (1)	2	3	8
Andrena chrysoceles	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	4 (1)	12	7	23
Andrena cineraria	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	0	46	2	48
Andrena dorsata	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	7 (1)	31	31	69
Andrena flavipes	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	1	14	22	37
Andrena florea	LC	Spécialisé	Solitaire	Terricole	0	5	0	5
Andrena fulva	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	8	9	23	40
Andrena fulvago	NT	Spécialisé	Solitaire	Terricole	0	1	6	7
Andrena fulvula	EN	Opportuniste	Solitaire	Terricole	1	0	1	2
Andrena gravida	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	0	3	0	3
Andrena haemorrhoea	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	29	169	42	240
Andrena helvola	VU	Opportuniste	Solitaire	Terricole	0	2	0	2
Andrena humilis	LC	Spécialisé	Solitaire	Terricole	0	1	0	1
Andrena labiata	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	0	1	5	6
Andrena minutula	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	19 (17)	6	38	63
Andrena nigroaenea	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	0	5	2	7
Andrena nitida	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	5 (1)	27	15	47
Andrena ovata	NT	Opportuniste	Solitaire	Terricole	1	0	1	2
Andrena rosae	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	0	0	1	1
Andrena scotica	N/A	Opportuniste	Solitaire	Terricole	1	0	0	1
Andrena subopaca	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	7 (2)	3	0	10
Andrena trimmerana	DD	Opportuniste	Solitaire	Terricole	2	0	3	5
Andrena vaga	LC	Spécialisé	Solitaire	Terricole	10 (6)	47	23	80
Andrena viridescens	LC	Spécialisé	Solitaire	Terricole	0	1	0	1
Panurgus calcaratus	LC	Spécialisé	Solitaire	Terricole	2	11	2	15
Famille Apidae								
Anthophora furcata	LC	Spécialisé	Solitaire	Terricole	1	0	2	3
Anthophora plumipes	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	2	6	26	34
Apis mellifera	DD	Opportuniste	Eusocial	Ruches au dessus du sol	56 (1)	283	355	694
Bombus bohemicus	NT	-	Parasite social	-	1	1	0	2
Bombus hortorum	NT	Opportuniste	Eusocial primitif	Squatteuse, cavité dans le sol	6	2	8	16
Bombus hyporum	LC	Opportuniste	Eusocial primitif	Squatteuse, cavité au dessus du sol	9	14	20	43
Bombus lapidarius	LC	Opportuniste	Eusocial primitif	Squatteuse, cavité dans le sol	1	26	12	39
Bombus lucorum	NT	Opportuniste	Eusocial primitif	Squatteuse, cavité au dessus du sol	19 (1)	13	17	49
Bombus norvegicus	VU	-	Parasite social	-	16	0	0	16
Bombus pascuorum	LC	Opportuniste	Eusocial primitif	Cotonnière	35	126	203	364
Bombus pratorum	LC	Opportuniste	Eusocial primitif	Squatteuse, cavité dans le sol	19	1	6	26
Bombus sylvestris	LC	-	Parasite social	-	5	1	0	6
Bombus terrestris	LC	Opportuniste	Eusocial primitif	Squatteuse, cavité au dessus du sol	82 (3)	171	146	399
Bombus vestalis	NT	-	Parasite social	-	0	3	7	10
Ceratina cyanea	LC	Opportuniste	Solitaire	Charpentière	0	2	3	5
Nomada fabriciana	LC	-	Cleptoparasite	-	2	1	2	5
Nomada flavoguttata	LC	-	Cleptoparasite	-	3	6	10	19
Nomada fucata	LC	-	Cleptoparasite	-	0	5	0	5
Nomada fulvicornis	LC	-	Cleptoparasite	-	1	0	0	1
Nomada goodeniana	LC	-	Cleptoparasite	-	0	0	2	2
Nomada marshamella	LC	-	Cleptoparasite	-	3	4	4	11
Nomada sheppardana	LC	-	Cleptoparasite	-	1 (1)	0	5	6
Nomada zonata	LC	-	Cleptoparasite	-	0	5	4	9
Famille Colletidae								
Colletes cunicularius	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	8 (8)	3	3	14
Colletes hederac	LC	Opportuniste avec forte préférence	Solitaire	Terricole	18 (15)	12	8	38
Hylaeus brevicornis	DD	Opportuniste	Solitaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	0	5	21	26
Hylaeus communis	LC	Opportuniste	Solitaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	4	8	51	63
Hylaeus confusus	LC	Opportuniste	Solitaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	2	0	7	9
Hylaeus hyalinatus	LC	Opportuniste	Solitaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	0	1	14	15
Hylaeus pictipes	LC	Opportuniste	Solitaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	0	1	2	3
Hylaeus punctatissimus	LC	Spécialisé	Solitaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	0	0	2	2
Hylaeus styriacus	LC	Opportuniste	Solitaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	0	0	2	2
Famille Halictidae								
Halictus rubicundus	LC	Opportuniste	Solitaire + eusocial primitif	Terricole	1 (1)	3	0	4
Halictus scabiosae	LC	Opportuniste	Eusocial primitif	Terricole	0	17	1	18
Halictus sexcinctus	VU	Opportuniste	Solitaire + eusocial primitif	Terricole	0	2	0	2
Lasioglossum calceatum	LC	Opportuniste	Eusocial primitif	Terricole	2	12	7	21
Lasioglossum fulvicorne	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	0	0	2	2
Lasioglossum laticeps	LC	Opportuniste	Eusocial primitif	Terricole	3 (1)	3	11	17
Lasioglossum lativentre	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	4	1	0	5
Lasioglossum leucozonium	LC	Opportuniste	Solitaire	Terricole	4 (4)	7	10	21



Lasioglossum morio	LC	Opportuniste	Eusocial primitif	Terricole	8 (1)	7	27	42
Lasioglossum sexnotatum	LC	Opportuniste	Solaire	Terricole	1	1	9	11
Lasioglossum villosulum	LC	Opportuniste	Eusocial primitif	Terricole	0	0	1	1
Sceladonia tumulorum	LC	Opportuniste	Solaire + eusocial primitif	Terricole	0	9	3	12
Sphecodes albilabris	LC	-	Cleptoparasite	-	8 (8)	1	0	9
Sphecodes crassus	LC	-	Cleptoparasite	-	2 (2)	1	1	4
Sphecodes ephippius	LC	-	Cleptoparasite	-	2 (1)	4	4	10
Sphecodes gibbus	LC	-	Cleptoparasite	-	1 (1)	0	1	2
Sphecodes hyalinatus	LC	-	Cleptoparasite	-	0	1	0	1
Sphecodes majalis	DD	-	Cleptoparasite	-	0	1	0	1
Sphecodes miniatus	LC	-	Cleptoparasite	-	7 (7)	2	2	11
Sphecodes monilicornis	LC	-	Cleptoparasite	-	1 (1)	1	6	8
Sphecodes puncticeps	LC	-	Cleptoparasite	-	0	0	3	3
Famille Magachilidae								
Anthidium manicatum	LC	Opportuniste	Solaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	0	0	10	10
Chelostoma campanularum	LC	Spécialisé	Solaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	0	1	3	4
Chelostoma florissomme	LC	Spécialisé	Solaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	0	47	20	67
Chelostoma rapunculi	LC	Spécialisé	Solaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	1	1	0	2
Coelioxys rufescens	NT	-	Cleptoparasite	-	0	0	1	1
Heriades truncorum	LC	Spécialisé	Solaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	0	34	13	47
Megachile centuncularis	LC	Opportuniste	Solaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	0	0	3	3
Megachile erictorum	LC	Spécialisé	Solaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	0	0	1	1
Megachile leachella	VU	Opportuniste avec forte préférence	Solaire	Terricole	0	2	0	2
Megachile pyrenaica	LC	Opportuniste	Solaire	Terricole	1	0	0	1
Megachile rotundata	LC	Opportuniste	Solaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	0	1	0	1
Megachile versicolor	LC	Opportuniste	Solaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	0	1	1	2
Osmia bicornis	LC	Opportuniste	Solaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	0	2	11	13
Osmia leaiana	LC	Spécialisé	Solaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	0	2	1	3
Osmia leucomelana	N/A	Opportuniste avec forte préférence	Solaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	0	5	4	9
Osmia niveata	LC	Spécialisé	Solaire	Squatteuse, cavité au dessus du sol	0	3	1	4
Stelis breviscula	LC	-	Cleptoparasite	-	0	1	0	1
Stelis phaeoptera	NT	-	Cleptoparasite	-	0	1	0	1
Famille Melittidae								
Dasygaster hirtipes	LC	Spécialisé	Solaire	Terricole	1	64	43	108
Macropis fulvipes	LC	Spécialisé	Solaire	Terricole	0	0	5	5
							<b>Total</b>	<b>3155</b>

ANNEXE IV : Tableau reprenant par site d'échantillonnage le nombre d'individus collectés, le nombre de genres et d'espèces identifiés et les résultats pour les indices de diversité alpha.

Habitat	Parcelle	Abondance d'individus	Nombre de genres	Nombre d'espèces	Indice de Simpson	Indice de Shannon	Indice de Piélou
Couvert	C1	5	3	3	0,64	1,05	0,96
	C2	37	12	14	0,82	2,11	0,80
	C3	71	10	12	0,65	1,60	0,64
	C4	60	10	16	0,67	1,77	0,64
	C5	82	14	20	0,86	2,38	0,80
	C6	81	14	19	0,87	2,45	0,83
Ouvert	O1	54	11	17	0,79	2,14	0,76
	O2	75	15	19	0,78	2,10	0,71



	O3	45	10	15	0,88	2,35	0,87
	O4	75	13	19	0,86	2,42	0,82
	O5	70	12	16	0,87	2,34	0,84
	O6	101	18	25	0,88	2,56	0,80
Potager	P1	72	19	24	0,93	2,85	0,90
	P2	108	18	25	0,90	2,72	0,85
	P3	91	17	21	0,91	2,65	0,87
	P4	61	12	17	0,90	2,49	0,88
	P5	95	16	22	0,89	2,55	0,83
	P6	104	12	19	0,90	2,53	0,86



ANNEXE V: Composition et abondance spécifiques des syrphes, pour le Kauwberg et par habitat.

Espèce	IUCN status (Vujić, et al., 2022)	Kauwberg	Couvert	Ouvert	Potager
<i>Baccha elongata</i> (Fabricius, 1775)	LC	13	12	1	
<i>Cheilosia</i> sp. (Meigen, 1822)	/	28	2	9	17
<i>Chrysotoxum bicinctum</i> (L., 1758)	LC	3		1	2
<i>Chrysotoxum festivum</i> (L., 1758)	LC	6		3	3
<i>Criorhina asilica</i> (Fallen, 1816)*	LC	1	1		
<i>Dasysyrphus albostrigatus</i> (Fallen, 1817)	LC	2		1	1
<i>Epistrophe eligans</i> (Harris, 1780)	LC	40	4	14	22
<i>Epistrophe melanostoma</i> (Zetterstedt, 1843)	LC	1	1		
<i>Epistrophe nitidicollis</i> (Meigen, 1822)	LC	2		1	1
<i>Epistrophella euchroma</i> (Kowarz, 1885)**	LC	1			1
<i>Episyrphus balteatus</i> (De Geer, 1776)	LC	245	128	54	63
<i>Eristalinus sepulchralis</i> (L., 1758)	LC	1		1	
<i>Eristalis abusiva</i> (Collin, 1931)	LC	1			1
<i>Eristalis arbustorum</i> (L., 1758)	LC	17	2	6	9
<i>Eristalis horticola</i> (De Geer, 1776)	LC	1	1		
<i>Eristalis nemorum</i> (L., 1758)	LC	6		5	1



<i>Eristalis pertinax</i> (Scopoli, 1763)	LC	94	27	29	38
<i>Eristalis similis</i> (Fallen, 1817)	LC	11	6	3	2
<i>Eristalis tenax</i> (L., 1758)	LC	46	2	19	25
<i>Eumerus ornatus</i> (Meigen, 1822)**	LC	2	2		
<i>Eupeodes corollae</i> (Fabricius, 1794)	LC	7		5	2
<i>Eupeodes lapponicus</i> (Zetterstedt, 1838)	LC	2	1	1	
<i>Eupeodes latifasciatus</i> (Macquart, 1829)	LC	4		2	2
<i>Eupeodes luniger</i> (Meigen, 1822)	LC	28	5	13	10
<i>Eupeodes nitens</i> (Zetterstedt, 1843)**	LC	6	1	3	2
<i>Ferdinandea cuprea</i> (Scopoli, 1763)	LC	8	1	3	4
<i>Helophilus hybridus</i> (Loew, 1846)	LC	3			3
<i>Helophilus pendulus</i> (L., 1758)	LC	18	3	6	9
<i>Helophilus trivittatus</i> (Fabricius, 1805)	LC	4		2	2
<i>Melangyna cincta</i> (Fallén, 1817)	LC	2	2		
<i>Melangyna umbellatarum</i> (Fabricius, 1794)**	LC	1		1	
<i>Melanostoma mellinum</i> (L., 1758)	LC	28	10	4	14
<i>Melanostoma scalare</i> (Fabricius, 1794)	LC	37	23	4	10
<i>Meligramma triangulifera</i> (Zetterstedt, 1843)**	/	1			1



<i>Meliscaeva auricollis</i> (Meigen, 1822)	LC	9	8	1	
<i>Merodon equestris</i> (Fabricius, 1794)	LC	13		4	9
<i>Myathropa florea</i> (L., 1758)	LC	63	6	13	44
<i>Neoascia obliqua</i> (Coe, 1940)**	LC	1			1
<i>Paragus haemorrhous</i> (Meigen, 1822)	LC	1			1
<i>Parasyrphus malinellus</i> (Collin, 1952)**	/	1		1	
<i>Parasyrphus punctulatus</i> (Verrall, 1873)	LC	1			1
<i>Parhelophilus consimilis</i> (Malm, 1863)	LC	1			1
<i>Parhelophilus versicolor</i> (Fabricius, 1794)	LC	1			1
<i>Pipiza</i> sp. (Fallén, 1810)	/	5	1	1	3
<i>Platycheirus albimanus</i> (Fabricius, 1781)	LC	26	8	5	13
<i>Platycheirus discimanus</i> (Loew, 1871)***	LC	1			1
<i>Platycheirus immarginatus</i> (Zetterstedt, 1849)***	NT	1		1	
<i>Platycheirus scambus</i> (Staeger, 1843)	LC	1	1		
<i>Platycheirus scutatus</i> (Meigen, 1822)	LC	5	2		3
<i>Platycheirus sticticus</i> (Meigen, 1822)***	LC	1	1		
<i>Scaeva pyrastris</i> (L., 1758)	LC	5	1	3	1
<i>Sphaerophoria rueppelli</i> (Wiedemann, 1830)	LC	1	1		



<i>Sphaerophoria scripta</i> (L., 1758)	LC	221	4	128	89
<i>Syritta pipiens</i> (L., 1758)	LC	14		3	11
<i>Syrphus ribesii</i> (L., 1758)	LC	154	45	54	55
<i>Syrphus torvus</i> (Osten-Sacken, 1875)	LC	1		1	
<i>Syrphus vitripennis</i> (Meigen, 1822)	LC	63	22	11	30
<i>Volucella bombylans</i> (L., 1758)	LC	1	1		
<i>Xanthandrus comtus</i> (Harris, 1780)**	LC	1			1
<i>Xanthogramma citrofasciatum</i> (De Geer, 1776)**	LC	1			1
<i>Xanthogramma pedissequum</i> (Harris, 1776)	LC	5		3	2
<i>Xylota segnis</i> (L., 1758)	LC	19	1		18

\* espèces assez rares, \*\* rares à \*\*\*très rares en Belgique selon Schulten (2020)



INFO



bruxelles  
environnement  
.brussels 

02 775 75 75

[WWW.ENVIRONNEMENT.BRUSSELS](http://WWW.ENVIRONNEMENT.BRUSSELS)