

Université de Mons
Faculté des Sciences
Département de Biologie
Laboratoire de Zoologie

Facteurs déterminants pour la nidification des abeilles terricoles : étude appliquée aux carrières de la province du Hainaut

Promoteur : Denis MICHEZ

Mémoire réalisé par

Co-promoteur : William FIORDALISO

Victoria FRAGAPANE

En vue de l'obtention du grade de

Master en Biologie des Organismes et Écologie à finalité spécialisée dans les métiers de l'éco-conseil

Année académique 2024-2025

Université de Mons
Faculté des Sciences
Département de Biologie
Laboratoire de Zoologie

Facteurs déterminants pour la nidification des abeilles terricoles : étude appliquée aux carrières de la province du Hainaut

Promoteur : Denis MICHEZ

Mémoire réalisé par

Co-promoteur : William FIORDALISO

Victoria FRAGAPANE

En vue de l'obtention du grade de

Master en Biologie des Organismes et Écologie à finalité spécialisée dans les métiers de l'éco-conseil

Année académique 2024-2025

L'auteur, FRAGAPANE VICTORIA, atteste avoir respecté les règles éthiques en vigueur, y compris la charte de l'Université relative à l'utilisation de l'Intelligence Artificielle

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier le professeur Denis Michez, qui m'a permis de réaliser mon mémoire au sein du laboratoire de Zoologie.

Ensuite je souhaite particulièrement remercier mon co-superviseur, William Fiordaliso, dont l'aide a été précieuse à toutes les étapes de ce mémoire. De la sélection des sites à étudier sur le terrain, aux nombreuses corrections de ce manuscrit, en passant par l'explication (parfois plusieurs fois !) des analyses statistiques que je n'aurais jamais pu mener seule, son accompagnement a été indispensable.

Je remercie également toutes les personnes qui ont apporté leur aide sur le terrain notamment Dimitri, Fred et Hugo, avec une mention toute particulière à Florian Cosa pour son soutien indéfectible sur le terrain, que cela soit pendant les périodes d'échantillonnages d'abeilles, lors des prélèvements des sol parfois trop compliqués pour moi ou encore pour les trajets en co-voiturage.

Merci aux taxonomistes, Clément, Thomas, William, Romain et Simone pour l'identification de tous les spécimens récoltés.

Je souhaite également remercier ma famille, pour son soutien constant tout au long de mes études, dans les bons comme dans les moments plus difficiles. Une pensée toute particulière à ma mamy, qui a assuré, sans jamais se plaindre, d'innombrables trajets jusqu'à la gare matin et soir.

Enfin, une mention spéciale à ma sœur Mégane, qui m'a toujours encouragée à continuer et à ne pas baisser les bras, qui m'a aidé avec le découpage de nombreuses étiquettes pour chaque insecte (une tâche que je n'appréciais pas du tout !) et surtout qui a relu ce manuscrit avec patience et bienveillance, bien que les « bêtes », comme elle les appelle, ne soient pas son domaine de prédilection.

Résumé

Fragapane Victoria (2025) Facteurs déterminants pour la nidification des abeilles terricoles : étude appliquée aux carrières de la province du Hainaut. Master en Biologie des Organismes et Écologie à finalité spécialisée dans les métiers de l'éco-conseil. Université de Mons.

Les abeilles sauvages jouent un rôle essentiel dans la pollinisation mais leurs populations sont en déclin en raison de la perte et de la fragmentation de leurs habitats, de l'artificialisation des milieux, de l'usage de pesticides et du changement climatique. Les sites de nidification sont cruciaux pour la survie des abeilles terricoles, or les connaissances sur les facteurs déterminant leur choix de site restent limitées. Cette étude vise à identifier les paramètres influençant la nidification des abeilles terricoles dans des carrières en Wallonie.

L'étude a été menée dans neuf carrières réparties dans les provinces du Hainaut et du Brabant Wallon. Sur 44 sites, plusieurs paramètres ont été mesurés : l'orientation, la pente, la couverture végétale, la granulométrie et la température. Les abeilles entrant ou sortant d'un nid ont été collectées de mai à septembre 2024 afin d'établir des modèles prédictifs de présence, d'abondance et de diversité. Des modèles linéaires généralisés mixtes (GLMM) ont été utilisés pour évaluer l'influence des facteurs environnementaux.

Les résultats montrent que la température du sol est le meilleur prédicteur de la nidification, influencée par l'orientation sud-est, une pente modérée et une texture sableuse. L'abondance et la diversité d'abeilles, qui sont maximales dans ces conditions, pourrait s'expliquer par le fait que l'orientation sud-est ne maximise pas la température journalière, mais bien celle quelques heures avant le zénith. Ce réchauffement précoce permettrait aux abeilles d'accéder plus tôt aux ressources florales.

Ce travail apporte des recommandations pour la gestion écologique des carrières, en encourageant le maintien de talus bien exposés, de sol nus et meubles, et l'utilisation de substrats sableux. Il met en évidence les limites du protocole, tout en ouvrant la voie à des perspectives d'élargissement, notamment dans d'autres milieux artificiels.

Mots-clés : Abeilles terricoles – Nidification – Carrière – Température – Conservation

Abstract

Fragapane Victoria (2025) 'Key factors driving the nesting of ground-nesting bees: a case study in Hainaut Province quarries (Belgium)'. Master's degree in Biology of Organisms and Ecology, specialising in the eco-consulting sector. University of Mons.

Wild bees play a key role in pollination, yet their populations are in decline due to habitat loss and fragmentation, the artificialization of land, pesticide use and climate change. Nesting sites are essential for the survival of ground-nesting bees, but the environmental factors influencing their choice of nest site remain poorly understood. This study aims to identify the factors influencing the nesting of ground-nesting bees in quarries located in Wallonia (Belgium).

Research was conducted in nine quarries across the provinces of Hainaut and Walloon Brabant. At 44 sampling sites, various environmental parameters were measured, including slope, orientation, vegetation cover, soil texture, and temperature. Bees entering or leaving a nest were collected monthly from May to September 2024. Generalised linear mixed models (GLMMs) were used to assess the influence of these environmental factors on the presence, abundance, and diversity of bees.

The results showed that soil temperature is the best predictor of nesting and is itself influenced by southeast-facing orientation, a moderate slope, and a sandy soil texture. The abundance and diversity of bees are highest under these conditions, which could be explained by the fact that south-eastern orientation does not maximise daily temperature, but rather temperature a few hours before noon. This early warming would allow bees to access floral resources earlier.

This study provides practical recommendations for the ecological management of quarries, including maintaining exposed slopes and bare, loose soils, as well as using sandy substrates. It also highlights some methodological limitations and opens perspectives for future research in other artificial habitats.

Keywords : Ground-nesting bees – Nesting – Quarry – Soil temperature – Conservation - Belgium

Table des matières

Introduction	1
1. Les abeilles sauvages	1
1.1. Pollinisation et services écosystémiques	1
1.2. Diversité spécifique et écologique	2
1.3. Déclin	7
2. Les abeilles terricoles	10
2.1. Généralités	10
2.2. Paramètres influençant la nidification	10
2.3. Structures des nids	12
2.4. Contexte de nidification	14
3. Les carrières	15
3.1. Généralités	15
3.2. Opportunités pour la conservation	16
3.3. LIFE in Quarries.....	17
Objectifs et questions biologiques	18
Matériel et méthodes.....	20
1. Région	20
2. Mesures relevées.....	23
3. Protocole de collecte des spécimens	25
4. Statistiques.....	26
4.1. Préparation des données et choix des modèles	26
4.2. Prédiction de la température.....	27
4.3. Prédiction de la présence, de l'abondance et de la diversité.....	28
Résultats.....	30
1. Prédiction de la température.....	30
2. Données descriptives.....	32
3. Prédiction de la présence	34
4. Prédiction de l'abondance.....	35

5. Prédiction de la diversité.....	36
Discussion	37
1. Température du sol et prédiction du microclimat local	37
2. Composition taxonomique.....	39
3. Probabilité de la présence des abeilles terricoles.....	40
4. Abondance et diversité : effet combiné de la température et de la pente	41
Conclusion et perspectives	43
Bibliographie	45

Introduction

1. Les abeilles sauvages

1.1. Pollinisation et services écosystémiques

La pollinisation correspond au transport de pollen de l'organe reproducteur mâle (anthère) jusqu'à l'organe reproducteur femelle (stigmate) d'une fleur, processus permettant la reproduction sexuelle de la plante (Raven *et al.*, 2020). On distingue l'autopollinisation, où le pollen d'une anthère pollinise le stigmate de la même fleur, de la pollinisation croisée, où le pollen d'une fleur pollinise une autre fleur (Raven *et al.*, 2020). Cette dernière favorise la recombinaison génétique, ce qui améliore l'adaptation et la résilience des plantes face aux stress environnementaux et aux maladies (Maggi *et al.*, 2024). À l'inverse, une diminution du recours à la pollinisation croisée favorise l'autopollinisation, ce qui réduit la diversité génétique et augmente la consanguinité des populations végétales, les rendant plus vulnérables aux changements et pouvant mener à une extinction locale dans des habitats fragmentés (Lennartsson, 2002; Maggi *et al.*, 2024).

Le transport du pollen peut être assuré par des vecteurs abiotiques, tels que l'eau (hydrophilie) ou le vent (anémophilie) (Ackerman, 2000; Cox *et al.*, 1997). L'anémophilie représente à elle seule 98% des modes de pollinisation abiotiques (Ackerman, 2000). Toutefois, pour 87,5% des espèces de plantes à fleurs, la pollinisation est biotique, c'est-à-dire réalisée par un organisme vivant tels que les oiseaux, les chauves-souris, les petits rongeurs ou, dans la plupart des cas, des insectes (Ollerton, 2017; Ollerton *et al.*, 2011; Raven *et al.*, 2020). Parmi ces derniers, les papillons, les syrphes et les abeilles, aussi bien domestiques que sauvages, constituent les groupes de pollinisateurs les plus importants (Potts *et al.*, 2010; Rader *et al.*, 2016).

En 2005, la valeur économique mondiale de la productivité agricole dépendant des pollinisateurs était estimée à 153 milliards d'euros (Gallai *et al.*, 2009). En 2010, pour la Belgique, la valeur était estimée à 251,6 millions d'euros (Jacquemin *et al.*, 2017). Ces valeurs mettent en évidence le rôle clé des abeilles sauvages dans le maintien de la biodiversité végétale et la productivité des écosystèmes (Porto *et al.*, 2020). En effet, 35% des cultures dépendent des pollinisateurs pour leur reproduction (Klein *et al.*, 2006). Parmi ces cultures, les plus dépendantes sont celles des légumes, des fruits et des oléagineux (Gallai *et al.*, 2009).

Si l'abeille domestique (*Apis mellifera*) est souvent perçue comme le principal pollinisateur des cultures, certaines études démontrent que ses performances de pollinisation sont complémentaires de l'action des abeilles sauvages (Garibaldi *et al.*, 2013). Une communauté de

pollinisateur diversifiée améliore l'efficacité de la pollinisation et renforce sa stabilité (Bartomeus *et al.*, 2013; Winfree *et al.*, 2018). Une augmentation de la quantité et de la qualité de pollinisation est observée lorsqu'*Apis mellifera* coexiste avec des pollinisateurs non-*Apis* grâce à des effets synergiques liés à la diversité des comportements et des traits fonctionnels (Brittain *et al.*, 2013). Par exemple, les abeilles domestiques et les abeilles sauvages utilisent différemment les ressources florales selon leur morphologie, mais également selon leur tolérance aux conditions climatiques (Rollin *et al.*, 2013). Certaines espèces sauvages, comme les bourdons, restent actives à des températures plus basses ou en conditions venteuses, ce qui permet une couverture temporelle et météorologique complémentaire à celle d'*Apis mellifera* (Clarke & Robert, 2018; Karbassioon *et al.*, 2023). Par ailleurs, les différents groupes de pollinisateurs n'ont pas les mêmes pics d'activité au cours de la journée, *Apis mellifera* est majoritairement active entre 10h et 14h, tandis que certaines espèces d'abeilles sauvages peuvent commencer leur activité plus tôt le matin ou la poursuivre plus tard dans l'après-midi. Cette répartition temporelle des visites florales favorise une pollinisation continue et réduit les effets négatifs d'événements localisés dans le temps comme l'application de pesticides (Karbassioon & Stanley, 2023). La présence d'abeilles sauvages améliore la croissance des fruits et des graines tout en réduisant le pourcentage de malformation (Klein *et al.*, 2006; Klatt *et al.*, 2014). Certaines cultures tirent un avantage de la présence simultanée d'*Apis mellifera* et d'abeilles sauvages. Par exemple, la pollinisation du pommier « *Red Delicious* » est plus efficace avec *Osmia cornuta*, une seule visite produit un taux de fructification de 27,4%, soit cinq fois supérieur à celui obtenu avec *Apis mellifera* qui est de 4,8% (Vicens & Bosch, 2000).

1.2. Diversité spécifique et écologique

Les abeilles (Anthophila) forment un taxon très diversifié qui regroupe plus de 20000 espèces dans le monde dont 2138 sont présentes en Europe (Ghisbain *et al.*, 2023; Michener, 2007; Nieto *et al.*, 2014). En Belgique, 403 espèces d'abeilles sauvages sont décrites et réparties en six familles. Les Apidae et Megachilidae qui correspondent aux abeilles à langue longue et les Andrenidae, Colletidae, Halictidae et Melittidae qui correspondent aux abeilles à langue courte (Figure 1; Drossart *et al.*, 2019). La distinction entre abeilles à langue longue et courte ne se limite pas à la taille de la langue, mais correspond également à des différences fonctionnelles liées à la structure de la langue, à la morphologie et au comportement de butinage (Michener, 2007). La longueur de la langue chez les abeilles influence leur capacité à accéder au nectar des fleurs. Les abeilles à langue longue sont généralement mieux adaptées aux fleurs à corolle profonde, tandis que les abeilles à langue courte privilégient généralement les fleurs à corolle plus courte (Harder, 1983). Outre cette diversité morfo-fonctionnelle, les abeilles se distinguent par leur écologie. Elles

peuvent notamment être caractérisées par trois aspects : (i) leur organisation sociale, (ii) leur alimentation et (iii) leur nidification (Nieto *et al.*, 2014).

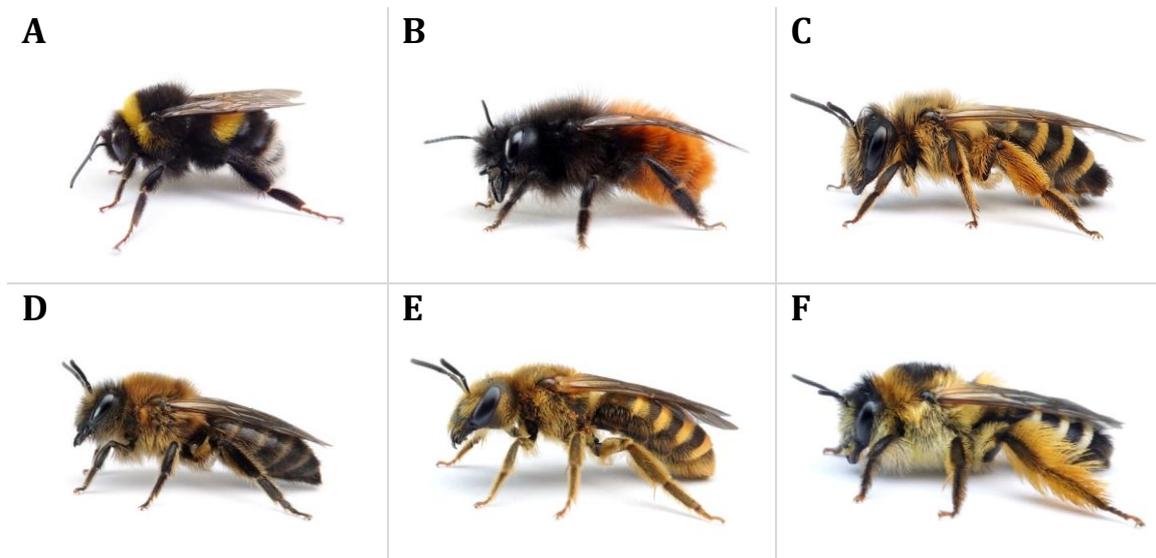


FIGURE 1 : EXEMPLES D'ESPÈCES REPRÉSENTATIVES DES SIX FAMILLES D'ABEILLES SAUVAGES. (A) *BOMBUS TERRESTRIS* ♂ (APIDAE) ; (B) *OSMIA CORNUTA* ♀ (MEGACHILIDAE) ; (C) *ANDRENA FLAVIPES* ♀ (ANDRENIDAE) ; (D) *COLLETES CUNICULARIUS* ♀ (COLLETIDAE) ; (E) *HALICTUS SCABIOSAE* ♀ (HALICTIDAE) ; (F) *DASYPODA HIRTIPES* ♀ (MELITTIDAE). PHOTOS ISSUES DU SITE WWW.APIDARIUM.DE

1.2.1. Socialité

Les abeilles peuvent être divisées en plusieurs groupes distincts selon leur degré d'organisation sociale : (i) les abeilles solitaires, parfois grégaires, (ii) les abeilles communales et (iii) les abeilles sociales (Drossart *et al.*, 2019; Nieto *et al.*, 2014). La majorité des espèces (environ 61%) sont strictement solitaires tandis que les abeilles sociales sont minoritaires (Drossart *et al.*, 2019; Nieto *et al.*, 2014).

Chez les abeilles solitaires, chaque femelle construit son propre nid, y dépose une réserve de nourriture pour sa progéniture, puis meurt sans avoir coopéré avec ses congénères ou sa progéniture (Michez *et al.*, 2019; Nieto *et al.*, 2014). Certaines espèces solitaires présentent un comportement grégaire, c'est-à-dire qu'elles nichent en grand nombre sur un même site. Ces agrégations sont appelées des bourgades. Bien que les nids soient proches les uns des autres, les femelles ne coopèrent ni pour la construction ni pour le partage des tâches. Ce comportement est fréquemment observé chez des espèces des genres *Colletes*, *Dasypoda*, *Andrena* ou de la famille des Halictidae (Antoine & Forrest, 2021; Danforth *et al.*, 2019; Michener, 2007; Michez *et al.*, 2019). Les abeilles sociales forment des colonies organisées en castes. Dans ces colonies, la majorité des œufs sont pondus par une femelle dominante, les autres individus étant soit stériles, soit capables de pondre uniquement des œufs non fécondés donnant des mâles (Brady *et al.*, 2006;

Holmes *et al.*, 2014; Michez *et al.*, 2019; Nieto *et al.*, 2014). En Europe, les espèces sociales appartiennent aux genres *Apis* et *Bombus* (Apidae), ainsi qu'à *Halictus* et *Lasioglossum* (Halictidae) (Danforth *et al.*, 2019; Michez *et al.*, 2019). Certaines espèces présentent un comportement intermédiaire qualifié de communal. Plusieurs femelles partagent un site de nidification, mais chacune construit et approvisionne ses propres cellules de pontes (Michener, 1969; Michez *et al.*, 2019). En Belgique, ce comportement est observé chez des espèces du genre *Andrena* ou *Panurgus* (Michez *et al.*, 2019).

Enfin, certaines abeilles ne correspondent pas à cette classification sociale car elles adoptent un mode de vie parasite. Ces abeilles, également appelées parasites de couvain ou abeilles coucous, représentent 20% des espèces décrites dans le monde. Elles ne collectent pas de pollen et pondent leurs œufs dans les nids d'autres espèces, exploitant les ressources de leurs hôtes pour leur progéniture (Nieto *et al.*, 2014). En Europe, trois familles d'abeilles comptent au moins un genre parasite, tels que les *Nomada* (Apidae), les *Sphcodes* (Halictidae), les *Coelioxys* et *Stelis* (Megachilidae) (Figure 2; Bellmann, 2019; Nieto *et al.*, 2014).

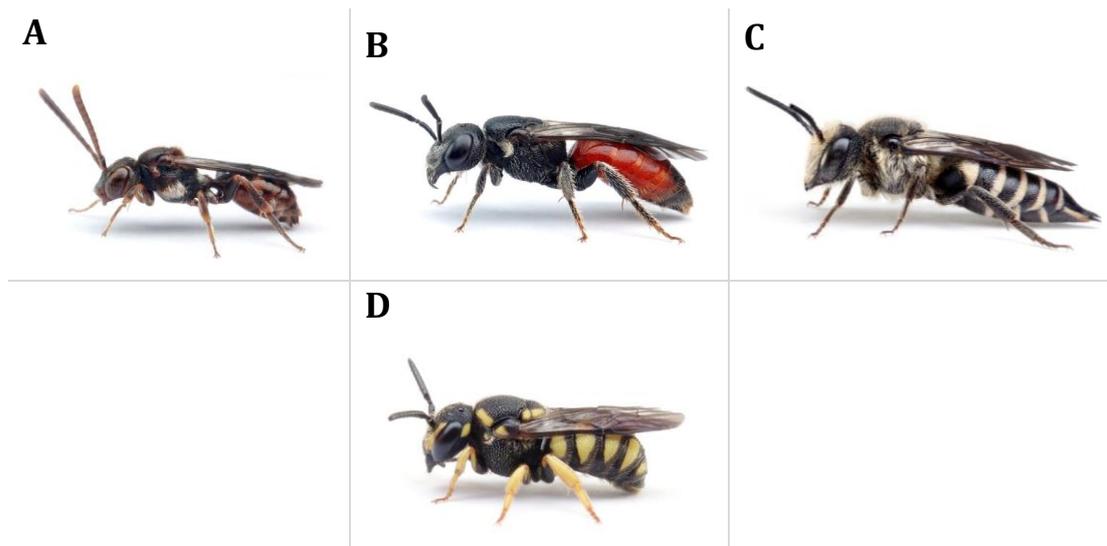


FIGURE 2 : EXEMPLES D'ESPÈCES DE PARASITES DE COUVAIN. (A) *NOMADA SHEPPARDANA* ♀ ; (B) *SPHECODES MONILICORNIS* ♀ ; (C) *COELIOXYS RUFESCENS* ♀ ; (D) *STELIS SIGNATA* ♀. PHOTOS ISSUES DU SITE WWW.APIDARIUM.DE

1.2.2. Ressources florales

Les abeilles sauvages présentent une grande variété de stratégies alimentaires, en partie déterminée par leur morphologie, bien que de nombreuses exceptions existent (Michener, 2007). En général, les abeilles à langue longue butinent à la fois des fleurs à corolles courtes et profondes tandis que les abeilles à langue courtes ne butinent que des fleurs à corolles courtes (Rollin *et al.*, 2013). Certaines espèces sont qualifiées d'opportunistes et exploitent de nombreuses espèces

végétales tandis que d'autres sont spécialistes et n'exploitent qu'un nombre restreint d'espèces végétales (Nieto *et al.*, 2014). Selon le degré de spécialisation alimentaire des larves, les abeilles peuvent être classées en trois groupes : (i) polylectiques qui collectent du pollen sur une grande variété de plantes, (ii) oligolectiques qui se limitent à une famille ou un groupe restreint de plantes et (iii) monolectiques qui visitent un seul genre ou une seule espèce de plante (J. Cane, 2021; J. Cane & Sipes, 2007; Müller & Kuhlmann, 2008; Nieto *et al.*, 2014). Ces catégories de spécialisation alimentaire concernent la ressource pollinique consommée par les larves, tandis que le nectar, source d'énergie pour les adultes, peut quant à lui provenir d'une plus grande diversité d'espèces florales (Wcislo & Cane, 1996).

Certaines espèces spécialistes illustrent les adaptations nécessaires pour exploiter une ressource florale spécifique, notamment celles spécialisées sur les Asteraceae, une famille dont le pollen est difficile d'accès en raison de défenses chimiques (lactones sesquiterpéniques, phytostérols $\delta 7$) et mécaniques (trichomes, épines florales) (Vanderplanck *et al.*, 2020). Malgré ces contraintes, des abeilles comme celles du genre *Panurgus*, spécialistes des Asteraceae, possèdent une pilosité dense sur les pattes postérieures pour faciliter l'accrochage du pollen souvent collant (Figure 3A; Bellmann, 2019; Portman & Tepedino, 2017). De même, *Andrena hattorfiana*, une espèce oligolectique spécialiste des Dipsacaceae, en particulier *Knautia arvensis*, présente une phénologie synchronisée avec sa plante-hôte, ainsi qu'une scopa dense et structurée sur les pattes postérieures, adaptée à la collecte des grains de pollen sphériques et collants de *Knautia*. Cette morphologie contraste avec celle des espèces généralistes, dont la scopa est composée de poils plus clairsemés (Figure 3B; Bellmann, 2019; Larsson & Franzén, 2007; Michez *et al.*, 2019). En Belgique, 87 espèces (soit 21.5% des abeilles sauvages) sont spécialistes, 11 espèces (soit 2.7%) sont opportunistes avec une forte préférence et 184 espèces (soit 45.6%) sont opportunistes (Drossart *et al.*, 2019).

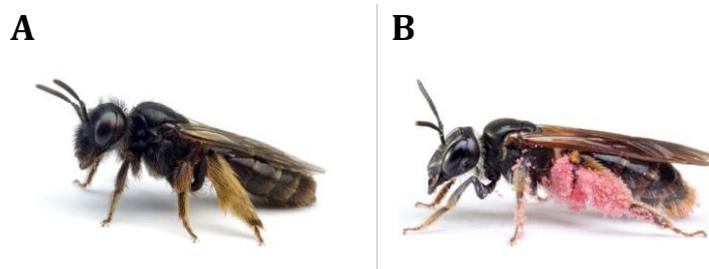


FIGURE 3 : MORPHOLOGIE DE LA SCOPA. (A) *PANURGUS CALCARATUS* ♀ ; (B) *ANDRENA HATTORFIANA* ♀ AVEC DU POLLEN DE *KNAUTIA ARVENSIS*. PHOTOS ISSUES DU SITE WWW.APIDARIUM.DE

1.2.3. Nidification

Les abeilles sauvages adoptent différentes stratégies de nidification. Elles sont réparties en deux groupes, selon qu'elles nidifient dans le sol (*i.e* nids hypogés) ou au-dessus du sol (*i.e* nids épigés) (Michez *et al.*, 2019). Parmi celles qui nidifient au-dessus du sol, on distingue les abeilles xylocoles telles que *Xylocopa* qui creusent des galeries dans du bois mort (Bellmann, 2019; Michez *et al.*, 2019), les abeilles cavicoles, principalement les Megachilidae, qui exploitent des cavités préexistantes, comme des anfractuosités dans sol ou la roche et des tiges creuses de plantes (Figure 4; Bellmann, 2019; Michez *et al.*, 2019). Parmi les espèces cavicoles, on peut encore distinguer (i) les abeilles caulicoles, qui exploitent des tiges creuses après dessèchement de la plante, (ii) les abeilles rubicoles telles que *Ceratina* et certaines espèces de Megachilidae qui creusent dans les tiges pleines de *Rubus* (Bellmann, 2019; Michez *et al.*, 2019) et (iii) les abeilles hélicicoles comme *Osmia bicolor* et *Osmia aurulenta* qui utilisent des coquilles d'escargots vides (Figure 5; Bellmann, 2019; Michez *et al.*, 2019). Concernant les *Bombus*, ils peuvent adopter différents types de nidification. Certaines espèces nidifient dans des cavités comme des anciens nids d'oiseaux ou des terriers de rongeurs tandis que d'autres nidifient dans des anfractuosités végétales, des nichoirs ou des structures artificielles (Bellmann, 2019; Michez *et al.*, 2019).

Enfin, les abeilles terricoles, qui nidifient dans le sol, représentent la majorité des espèces d'abeilles sauvages. En raison de leur forte prévalence et de leur importance écologique, leurs caractéristiques seront détaillées dans la section 2.



FIGURE 4 : NID OUVERT D'*OSMIA BICORNIS* DANS UN MORCEAU DE BAMBOU. PHOTO : HEIKO BELLMANN (BELLMANN, 2019)



FIGURE 5 : NID D'*OSMIA AURULENTA* DANS UNE COQUILLE D'ESCARGOT. PHOTO : HEIKO BELLMANN (BELLMANN, 2019)

1.3. Déclin

1.3.1. Échelle globale

En Europe, 9% des abeilles sauvages sont menacées d'extinction et 5,2% (soit 101 espèces) sont considérées comme quasi menacées. Les tendances montrent que 7,7% (soit 150 espèces) ont des populations en déclin, 12,6% (soit 244 espèces) sont relativement stables et 0,7% (soit 13 espèces) sont en augmentation. Ces chiffres doivent être interprétés avec prudence en raison d'environ 57% de données insuffisantes, ce qui limite leur représentativité (Figure 6; Nieto *et al.*, 2014). Près de 30% des espèces menacées en Europe sont endémiques de ce continent, ce qui montre l'importance des habitats européens pour la conservation des abeilles sauvages (Nieto *et al.*, 2014).

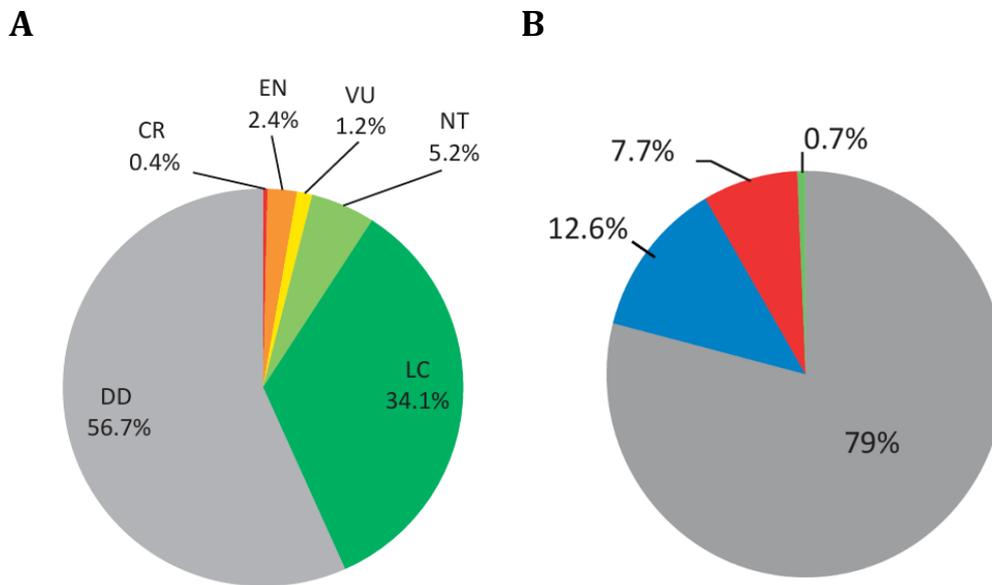


FIGURE 6 : (A) STATUTS DE CONSERVATION DES ESPÈCES D'ABEILLES EN EUROPE. CR = EN DANGER CRITIQUE D'EXTINCTION, EN = EN DANGER, VU = VULNÉRABLE, NT = QUASIMENT MENACÉ, LC = PRÉOCCUPATION MINEURE ET DD = DONNÉES INSUFFISANTES. (B) TENDANCES DES POPULATIONS D'ABEILLES EUROPÉENNES. GRIS = INCONNU, BLEU = STABLE, ROUGE = DÉCROISSANCE ET VERT = CROISSANCE. (NIETO *ET AL.*, 2014)

La destruction et la fragmentation des habitats représentent la principale cause du déclin des abeilles sauvages (Potts *et al.*, 2010). L'artificialisation des milieux, qu'elle soit liée à l'urbanisation ou à l'intensification de l'agriculture, réduit la diversité des ressources florales et des sites de nidification, tout en homogénéisant les paysages (Geslin *et al.*, 2016; Potts *et al.*, 2010). La disparition des haies, des prairies fleuries ou des friches, combinée à l'eutrophisation des sols, restreint les habitats exploitables par les abeilles et appauvrit la flore (Carvalho *et al.*, 2020; Deckers *et al.*, 2005; Rollin *et al.*, 2020). La perte de ces milieux naturels entrave directement les déplacements des abeilles entre différents sites, ce qui compromet leur survie (Carvell *et al.*, 2006; Deckers *et al.*, 2005; Ekroos *et al.*, 2020).

L'usage massif des pesticides, notamment les néonicotinoïdes, constitue un facteur de déclin supplémentaire. Ces substances perturbent le système nerveux des abeilles, affectant leur capacité à s'orienter et à se nourrir (Goulson *et al.*, 2015; Henry *et al.*, 2012). Elles affaiblissent également leur système immunitaire, en augmentant la vulnérabilité face aux agents pathogènes et en réduisant la résilience des populations face à d'autres facteurs de stress (Van der Sluijs *et al.*, 2013; Woodcock *et al.*, 2016). Parmi ces agents pathogènes et parasites, *Varroa destructor* menace principalement *Apis mellifera*, tandis que *Nosema spp.* affecte à la fois *Apis mellifera* et des espèces d'abeilles sauvages telles que *Bombus spp.* (González-Varo *et al.*, 2013; Potts *et al.*, 2010; Van der Sluijs *et al.*, 2013).

Le changement climatique modifie les aires de répartition et la phénologie des abeilles. Ainsi, les espèces inféodées aux milieux froids, comme les bourdons, doivent migrer en latitude ou en altitude pour s'adapter aux nouvelles conditions climatiques (Martinet *et al.*, 2021; Rasmont *et al.*, 2015). Ce réchauffement perturbe également la synchronisation entre la floraison des plantes et la période d'activité des pollinisateurs, affectant leur reproduction et leur survie (Burkle *et al.*, 2013). De plus, des événements climatiques extrêmes, tels que les vagues de chaleur et les sécheresses, altèrent la survie des larves et perturbent les cycles de reproduction (Duchenne *et al.*, 2020; Kazenel *et al.*, 2024; Melone *et al.*, 2024).

1.3.2. En Belgique

En Belgique, 113 espèces (soit 32,8%) d'abeilles sauvages sont menacées d'extinction, 26 espèces (soit 6,8%) sont quasi menacées et 45 espèces (soit 11,8%) sont éteintes régionalement (Figure 7; Drossart *et al.*, 2019). La situation est mieux évaluée qu'en Europe, avec seulement 9,4% de données insuffisantes (Drossart *et al.*, 2019). Bien que le déclin des abeilles sauvages en Belgique soit similaire à celui observé en Europe, il est exacerbé par des facteurs locaux, tels qu'une urbanisation rapide, une agriculture intensive et les impacts du changement climatique.

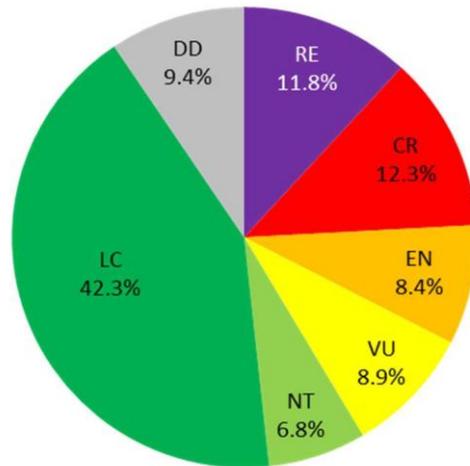


FIGURE 7 : STATUTS DE CONSERVATION DES ESPÈCES D'ABEILLES EN BELGIQUE. RE = ÉTEINT RÉGIONALEMENT, CR = EN DANGER CRITIQUE, EN = EN DANGER, VU = VULNÉRABLE, NT = QUASIMENT MENACÉ, LC = PRÉOCCUPATION MINEURE ET DD = DONNÉES INSUFFISANTES. (DROSSART *ET AL.*, 2019)

Parmi ces facteurs locaux, l'urbanisation est particulièrement marquée, avec une densité de 383 habitants par km² et un taux de croissance de 0,5% par an, surtout dans les zones périurbaines (*Population density | Statbel, s.d.*). En parallèle, l'agriculture intensive, particulièrement en Flandre, a simplifié les paysages agricoles, favorisant les monocultures et l'utilisation excessive de pesticides, réduisant la diversité florale et altérant les ressources alimentaires des abeilles (Carvalho *et al.*, 2020; Deckers *et al.*, 2005; Rollin *et al.*, 2020). La fragmentation des habitats naturels, notamment par la destruction des haies et des prairies, a entraîné une dégradation importante des écosystèmes. La Belgique subit également les effets du changement climatique. Depuis 1981, les températures moyennes augmentent de 0.38°C par décennie, et le nombre ainsi que la durée des vagues de chaleur connaissent également une hausse, avec en moyenne 0.3 vague supplémentaire et 2 jours de plus par décennie (Institut Royal Météorologique de Belgique, 2020). Des périodes de sécheresse prolongées, devenues plus fréquentes, altèrent la disponibilité des ressources alimentaires nécessaires à la survie des abeilles et perturbent leur cycle de développement (Duchenne *et al.*, 2020; Kazenel *et al.*, 2024).

2. Les abeilles terricoles

2.1. Généralités

Les abeilles terricoles, ou fousseuses sont des abeilles qui nidifient dans le sol et représentent environ 70% des espèces d'abeilles connues dans le monde (Antoine & Forrest, 2021; Michener, 2007). Ces abeilles creusent des galeries souterraines terminées par des cellules où sont déposées les œufs avec un approvisionnement en pollen et en nectar (J. Cane, 1991; Michez *et al.*, 2019). Les familles les plus diversifiées sont les Andrenidae avec le genre *Andrena*, les Halictidae avec *Halictus* et *Lasioglossum*, ainsi que les Colletidae avec *Colletes*, bien que d'autres genres soient répertoriés, notamment *Anthophora* (Apidae), *Seladonia* (Halictidae), *Hoplitis* et *Megachile* (Megachilidae) ainsi que *Dasygaster*, *Macropis* et *Melitta* (Melittidae) (J. Cane, 1991; Drossart *et al.*, 2019; Michez *et al.*, 2019). En Belgique, 49% des abeilles sont terricoles et 32.5% d'entre elles sont considérées comme en danger d'extinction (Drossart *et al.*, 2019). Malgré leur importance écologique dans la pollinisation, les abeilles terricoles restent moins étudiées que les espèces cavicoles comme *Bombus spp.* et *Apis mellifera* (Winfree, 2010). Or, mieux comprendre leurs exigences écologiques est important pour leur conservation.

2.2. Paramètres influençant la nidification

Les abeilles terricoles dépendent d'un ensemble de paramètres environnementaux influençant la qualité, la stabilité et la sécurité de leur site de nidification (Antoine & Forrest, 2021). La compréhension de ces paramètres est indispensable pour développer des stratégies de conservation adaptées, dans un contexte où la perte d'habitats est un facteur non négligeable du déclin des abeilles sauvages (Goulson *et al.*, 2015; Winfree, 2010).

La granulométrie, définie par la répartition des particules fines, moyennes et grossières (argile, limon, sable), affecte directement la facilité avec laquelle les abeilles peuvent creuser leurs galeries et la stabilité des structures. Les sols argileux, en retenant trop l'eau, rendent le creusement difficile et accroissent les risques d'inondations, d'humidité excessive et de développement de moisissures (J. Cane, 1991), tandis que les sols sableux, bien que plus aisés à creuser, sont par contre moins stables et plus vulnérables à l'érosion (Tsiolis *et al.*, 2022). À cela s'ajoute la compaction du sol, souvent liée à l'agriculture intensive ou l'urbanisation, qui complique la construction des nids en rendant le creusement des galeries plus ardu (Tschanz *et al.*, 2024). Les abeilles sont principalement observées dans des sols présentant une compaction modérée, comprise entre 4,1 et 14,6 kgf/cm², offrant un compromis entre facilité de creusement, ventilation et régulation hydrique (J. Cane, 1991; Tsiolis *et al.*, 2022). Le recouvrement en surface, qu'il soit

végétal ou constitué de pierres, est un autre paramètre clé. Une couverture dense peut entraver l'accès au nid et limiter l'exposition aux rayonnements solaires nécessaires pour la régulation thermique (Potts *et al.*, 2005). Alors qu'un recouvrement partiel, notamment par des pierres, favorise un réchauffement plus rapide du nid, stabilise l'humidité du sol et réduit le risque de dessiccation (Heneberg *et al.*, 2013; Twerd *et al.*, 2019). La topographie, en particulier l'orientation et la pente du site influencent les conditions climatiques locales. Bien qu'aucune orientation ne garantisse une température stable, certaines orientations peuvent offrir un meilleur ensoleillement et ainsi favoriser un développement larvaire plus rapide, voire un accroissement du nombre de générations annuelles (Batra & Norden, 1996; Goulson *et al.*, 2015; Potts & Willmer, 2003). La pente joue quant à elle un rôle dans le drainage du sol et l'angle d'incidence des rayons lumineux : une pente modérée facilite l'évacuation de l'eau et réduit le risque de saturation en humidité tandis qu'une pente trop raide peut entraîner un ruissellement excessif, menaçant la stabilité du site (J. Cane, 1991; Tsiolis *et al.*, 2022). Ces variations topographiques créent des microhabitats propices pour la nidification (Orr & Koch, 2023; Potts & Willmer, 2003).

Outre la structure physique du site, les propriétés chimiques et hydriques du sol influencent le succès de nidification. Le pH du sol a été à plusieurs reprises mentionné comme un facteur potentiel, bien que son rôle exact reste incertain. Certaines études mettent en évidence une préférence pour des sols légèrement acides, dégagés et pauvres en matière organique (Lybrand *et al.*, 2020; Tschanz *et al.*, 2023), tandis que d'autres montrent une préférence pour des milieux basiques comme les prairies calcaires, caractérisés par des sols bien drainés, ponctués de zones de sol nu et riches en espèces végétales, considérés comme des hot spots de biodiversité (Gardein *et al.*, 2022). L'humidité du sol est un autre paramètre clé car elle influence directement la conservation des larves et des provisions (J. Cane & Love, 2021). Une humidité stable et modérée est favorable au développement du couvain. Une humidité excessive, liée à un mauvais drainage ou des précipitations intenses, augmente les risques d'inondations et de mortalité tandis qu'un déficit en humidité peut entraîner le dessèchement des larves, en particulier dans des régions aux climats plus secs (J. Cane & Love, 2021; Fellendorf *et al.*, 2004). Face à ces contraintes, certaines espèces ont développé des mécanismes d'adaptations. Par exemple, les abeilles du genre *Macropis* utilisent des huiles issues de *Lysimachia* pour tapisser les parois de leurs cellules, créant une barrière imperméable (J. Cane *et al.*, 1983; Michez *et al.*, 2009). D'autres, comme celles du genre *Colletes*, synthétisent une couche « cellophane-like » à partir de sécrétions produites par la glande de Dufour. Ce film, composé de lactones macrocycliques, forme une enveloppe isolante autour de chaque cellule (J. H. Cane, 1981; Hefetz *et al.*, 1979). Chez certaines Halictidae, l'architecture des galeries, souvent inclinées ou compartimentées, contribue à limiter les infiltrations, et peut s'ajouter à l'utilisation de sécrétions hydrophobes issues de la glande de Dufour, bien que ces dernières soient moins abondantes ou étudiées que chez les Colletidae (Pitts-Singer *et al.*, 2012;

Tomozii, 2002). Enfin, certaines Megachilidae utilisent principalement des matériaux externes comme la boue, des fragments de feuilles ou des résines pour isoler les cellules ; leur protection repose davantage sur ces matériaux que sur des sécrétions glandulaires (Pitts-Singer *et al.*, 2012)

Enfin, l'organisation spatiale du paysage, et en particulier la proximité des ressources florales est un facteur essentiel à la survie des abeilles. La distance entre le site de nidification et les sources de nourriture influence directement la durée et l'efficacité des vols, impactant la capacité à nourrir le couvain et à récolter suffisamment de ressources (Gathmann & Tschardt, 2002; Greenleaf *et al.*, 2007). La majorité des abeilles sauvages ne butinent que rarement à plus de quelques centaines de mètres de distance de leur nid (Zurbuchen *et al.*, 2010), ce qui impose une certaine proximité entre les sites de nidification et les zones riches en ressources florales. Cette limitation spatiale est particulièrement importante dans les zones agricoles ou urbaines, où la configuration du paysage influence la connectivité entre nids et ressources (Kim *et al.*, 2009; López-Urbe *et al.*, 2015).

2.3. Structures des nids

Les abeilles terricoles présentent une diversité dans leurs stratégies de nidification, tant au niveau de l'architecture des galeries que de l'agencement des cellules et des matériaux utilisés.

Chez *Colletes daviesanus*, les galeries souterraines sont horizontales, larges d'environ 5mm, longues de 10 à 15cm et peuvent s'enfoncer jusqu'à 40cm de profondeur. Elles contiennent une dizaine de cellules alignées successivement, dont les parois sont tapissées par une membrane « *cellophan-like* ». Cette espèce peut se regrouper en bourgades de plusieurs centaines à milliers d'individus (Bellmann, 2019; Michez *et al.*, 2019). *Andrena vaga* forme également des bourgades populeuses, avec des densités pouvant atteindre une cinquantaine de nids par mètre carré. La galerie principale s'enfonce verticalement sur une profondeur de 25 à plus de 50cm avant de se ramifier en galeries latérales, chacune menant à des loges circulaires. L'entrée du nid est souvent marquée par un monticule de sable d'environ 5cm de hauteur. Chaque femelle peut construire et approvisionner jusqu'à 11 cellules (Figure 8A; Bellmann, 2019; Michez *et al.*, 2019).

Chez *Halictus quadricinctus*, la structure du nid repose sur une galerie verticale peu profonde, d'une dizaine de centimètres. Celle-ci contient une structure argileuse en forme de rayon, composée de 15 à 20 cellules (Bellmann, 2019). La femelle de *Lasioglossum pauxillum*, quant à elle, commence un nid avec une galerie comprenant quelques cellules. Après l'émergence des premières ouvrières, le nid est agrandi grâce à l'ajout de galeries latérales. La terre excavée est empilée autour de l'entrée, ce qui forme une cheminée d'environ 5cm de hauteur (Figure 8B; Bellmann, 2019; Michez *et al.*, 2019).

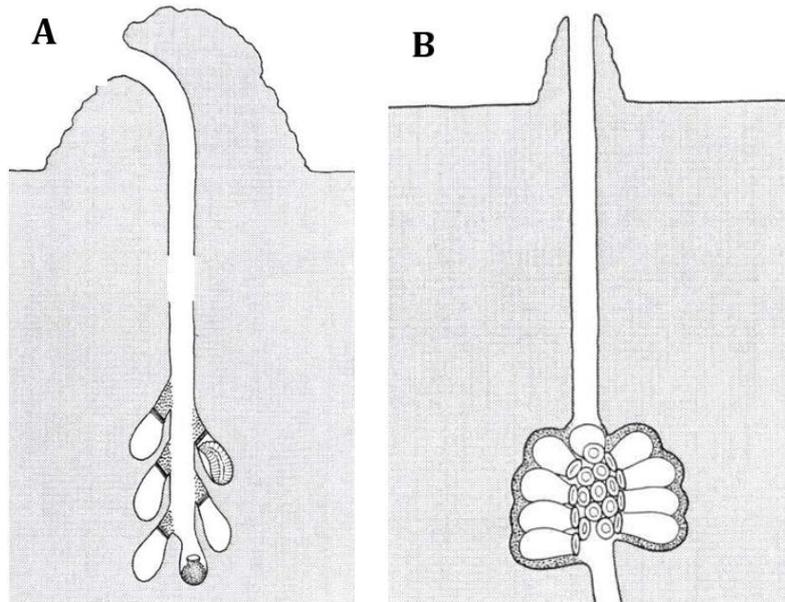


FIGURE 8 : COUPE D'UN NID (A) D'*ANDRENA VAGA*, (B) DE *LASIOGLOSSUM SPP.* (BELLMANN, 2019)

Dasypoda hirtipes construit des galeries particulièrement profondes, pouvant atteindre un mètre, qui se ramifient en plusieurs branches terminées par des loges sphériques. Une caractéristique notable de cette espèce est la disposition des boulettes de pollen sur trois piliers, ce qui permet d'éviter la moisissure. Des agrégations denses, regroupant plusieurs centaines à milliers de nids, peuvent être observées. (Bellmann, 2019; Michez *et al.*, 2019).

La nidification de *Trachusa byssina* se distingue par l'utilisation de feuilles découpées et enroulées pour tapisser les parois des cellules. Les galeries sont obliques, d'environ 10cm de long, et un monticule ovale de sable est disposé à l'entrée. Les cellules sont alignées les unes derrière les autres le long de la galerie principale, avec des ramifications latérales apparaissant à partir de la troisième ou quatrième cellule. Cette organisation rappelle celle d'une main, avec des entrées espacées d'environ 2cm (Bellmann, 2019). Enfin, *Anthophora plumipens* creuse des galeries généralement peu ramifiées, longues de 10cm au maximum. Les cellules, ovoïdes, sont alignées les unes à la suite des autres au fond d'une même galerie, souvent de manière contiguë (Bellmann, 2019).

2.4. Contexte de nidification

Les abeilles terricoles exploitent une grande diversité d'habitats pour établir leurs nids, qu'il s'agisse d'environnements naturels, semi-naturels ou artificiels (Antoine & Forrest, 2021). Il est important de noter que ces habitats de nidification peuvent être partiels, c'est-à-dire distincts des habitats où les abeilles se nourrissent (Westrich, 1996). Parmi les milieux naturels, les dunes intérieures ou côtières jouent un rôle important pour certaines espèces. Ces environnements sableux offrent des sols meubles, bien drainés et peu végétalisés, propices à l'excavation des nids et au développement des larves (Exeler *et al.*, 2009). En Belgique, plusieurs zones de dunes sableuses, notamment le long de la côte, sont reconnues comme des habitats essentiels pour les pollinisateurs (Maes *et al.*, 2024). Par exemple, *Megachile leachella* et *Lasioglossum prasinum*, deux espèces typiquement associée aux dunes sableuses, y trouvent des conditions favorables pour leur nidification (Drossart *et al.*, 2019). Les berges de rivières, où l'érosion naturelle crée des talus exposés et des dépôts de sable, offrent également des microhabitats favorables pour la nidification (Exeler *et al.*, 2009; Heneberg *et al.*, 2013). Enfin les chablis en forêt, créés par la chute d'arbres lors de tempêtes, exposent des surfaces de sol nu et laissent entrer plus de lumière, offrant des conditions propices pour certaines abeilles terricoles (Bouget & Duelli, 2004; Gazzea *et al.*, 2025).

Plusieurs habitats artificiels créés par l'activité humaine, comme les voies ferrées, les terrils et les carrières, peuvent aussi servir de sites de nidification (Moroń *et al.*, 2014; Twerd *et al.*, 2021). Ces environnements offrent des sols meubles, peu végétalisés et bien drainés (Twerd *et al.*, 2021). Les terrils, vestiges d'activités minières, offrent en plus des microclimats chauds en raison de leur exposition direct au soleil, ce qui peut attirer différentes espèces (Falk, 2006). Les carrières en raison de leurs caractéristiques et de leur potentiel pour la conservation des abeilles, seront abordées en détail dans la section suivante.

3. Les carrières

3.1. Généralités

Les carrières sont des sites d'extraction à ciel ouvert de matériaux rocheux destinés à diverses utilisations, notamment dans la construction (Figure 9). Bien qu'il s'agisse d'environnements façonnés par l'activité humaine, elles présentent des caractéristiques propices au maintien de la biodiversité (Twerd *et al.*, 2019). Ces milieux abritent diverses caractéristiques écologiques telles que des substrats rocheux ou sableux, des surfaces nues, des sols à faible couverture végétale, des reliefs marqués et des zones humides, éléments essentiels pour de nombreuses espèces, notamment les abeilles terricoles (Bétard, 2013; Heneberg *et al.*, 2013; Twerd *et al.*, 2019). Ces habitats, souvent perturbés, favorisent l'établissement de communautés végétales pionnières caractérisées par des espèces capables de coloniser des sols pauvres en nutriments et fortement exposés au soleil (Akhalkatsi *et al.*, 2018)



FIGURE 9 : HEIDELBERG MATERIALS, CARRIÈRE DE QUENAST. PHOTO ISSUE DU SITE
WWW.HEIDELBERGMATERIALS-BENELUX.COM

Dans les carrières calcaires, la végétation est généralement adaptée aux sols basiques et pauvres en nutriments (Akhalkatsi *et al.*, 2018). Ces espèces pionnières, en plus de stabiliser le substrat, fournissent des ressources florales pour les pollinisateurs (Akhalkatsi *et al.*, 2018). Dans les carrières sableuses, la végétation est oligotrophe et thermophile, adaptée à des conditions arides et aux sols pauvres en nutriments. Elle forme des communautés clairsemées avec une faible couverture de litière et une grande disponibilité de sol nu, des conditions particulièrement favorables à certaines abeilles terricoles (Beil *et al.*, 2014). Par ailleurs, les carrières restaurées, qu'elles le soient spontanément ou activement, peuvent abriter une diversité d'espèces comparable à celle des écosystèmes naturels (Fiordaliso *et al.*, 2022).

3.2. Opportunités pour la conservation

Ces caractéristiques font des carrières des milieux riches en micro-habitats propices à la conservation de nombreux groupes biologiques, notamment les vertébrés et les invertébrés (Bétard, 2013).

Chez les vertébrés, les parois rocheuses créées par l'extraction offrent des sites de nidification pour des oiseaux comme le grand-duc d'Europe (*Bubo bubo*), le faucon pèlerin (*Falco peregrinus*) et l'hirondelle de rivage (*Riparia riparia*), trois espèces prioritaires selon la Directive Oiseaux (Seleck *et al.*, 2022). Ces falaises abruptes, avec leurs surfaces exposées, fournissent des sites de reproduction sécurisés, souvent éloignés des perturbations humaines (Seleck *et al.*, 2022). Par ailleurs, la création régulière et involontaire de mares temporaires favorise la présence d'amphibiens tels que le crapaud calamite (*Bufo calamita*), le crapaud accoucheur (*Alytes obstetricans*) et le triton crêté (*Triturus cristatus*). Ces espèces profitent d'eaux oligotrophes exemptes de prédateurs, offrant des conditions idéales pour leur reproduction et le développement de leurs larves (Seleck *et al.*, 2022). Les substrats meubles et les éboulis en bordure de carrières constituent quant à eux des habitats adaptés à des reptiles comme la coronelle lisse (*Coronelle austriaca*) et le lézard des murailles (*Podarcis muralis*), tandis que le serpent à collier (*Natrix natrix*), espèce protégée régionalement, est observé autour des étangs et lacs permanents (Seleck *et al.*, 2022).

Chez les invertébrés, ces milieux abritent une diversité importante d'arthropodes, avec des conditions favorables pour les hyménoptères sociaux et solitaires. Les carrières calcaires et sableuses accueillent des communautés diversifiées d'hyménoptères, incluant notamment des guêpes et des abeilles (Falk, 2006; Heneberg *et al.*, 2013). La gestion active des carrières, visant à maintenir des habitats variés avec une présence suffisante de sols nus, contribue à favoriser une plus grande richesse spécifique de ces groupes (Falk, 2006; Heneberg *et al.*, 2013; Kettermann *et al.*, 2022). Enfin, le type de remblayage utilisé dans la restauration des carrières influence la biodiversité végétale et, par conséquent, la faune associée (Gentili *et al.*, 2020). La succession spontanée dans les carrières calcaires s'avère être une méthode efficace pour la restauration des populations d'arthropodes et de plantes menacés (Tropek *et al.*, 2010).

3.3. LIFE in Quarries

Le programme LIFE (L'Instrument Financier pour l'Environnement) est un fonds européen créé en 1992 pour contribuer à la mise en œuvre de politiques environnementales et de conservation de la nature dans l'Union européenne. Il couvre jusqu'à 75% des coûts de projets pilotes et démonstratifs, le reste étant financé par des partenaires nationaux publics ou privés (*Qu'est-ce qu'un projet « LIFE » ? - Life Connexions, s. d.*).

Dans cette optique, le projet LIFE in Quarries a exploré diverses stratégies visant à optimiser le rôle des carrières en tant que refuges pour la biodiversité (LiQ-admin, s. d.; Seleck *et al.*, 2022). Le projet, mené de 2015 à 2021 par plusieurs partenaires tels que FEDIEX, le Département Nature et Forêt de la Région wallonne, l'Université de Liège, Natagora et le Parc Naturel des Plaines de l'Escaut, avait pour objectif de définir des mesures qui soient à la fois pratiques et acceptables pour les exploitants privés, tout en étant conformes à la législation, scientifiquement fondées et bénéfiques pour la biodiversité (LiQ-admin, s. d.; Seleck *et al.*, 2022). Ce projet se distingue par l'intégration précoce de mesures de gestion de la biodiversité, mises en œuvre dès la phase d'exploitation active des carrières, et non uniquement lors de la phase de réhabilitation post-exploitation (LiQ-admin, s. d.). Parmi les actions mises en place, la création de micro-habitats, la gestion adaptative des espaces en exploitation et restaurés ainsi que le maintien de structures favorables à la nidification ont été des axes majeurs (Seleck *et al.*, 2022). Ce travail s'inscrit dans une volonté plus large de transformer les carrières en véritables zones de conservation, tout en maintenant une activité extractive (LiQ-admin, s. d.; Seleck *et al.*, 2022).

Objectifs et questions biologiques

Les facteurs environnementaux qui contraignent le choix des sites de nidifications par les abeilles terricoles restent encore partiellement compris, notamment en ce qui concerne les propriétés du sol. Ce travail vise à identifier ces facteurs déterminants et à évaluer leur influence sur la présence, la diversité et l'abondance des communautés d'abeilles. Ces connaissances permettront également de formuler des recommandations pour la conservation et la gestion des habitats favorables à la nidification. Trois questions biologiques orientent cette étude (Figure 10):

1. La nidification des abeilles terricoles est-elle contrainte par les propriétés physiques du sol ? Le cas échéant, quels paramètres constituent les meilleurs prédicteurs de la probabilité de nidification ?

La sélection du site de nidification dépend largement de caractéristiques spécifiques du sol. Plusieurs études ont montré que la granulométrie joue un rôle clé (J. Cane, 1991; Tsiolis *et al.*, 2022). La compaction peut constituer une barrière en limitant la capacité des abeilles à creuser leurs galeries (Heneberg *et al.*, 2013). L'humidité et la température influencent la survie des larves ainsi que la stabilité des nids (Batra & Norden, 1996; J. Cane & Love, 2021). D'autres paramètres, comme la couverture végétale, la pente et l'orientation, modulent respectivement l'exposition aux rayonnements solaires, le drainage et l'angle d'incidence des rayons lumineux, ou encore l'ensoleillement et donc la température du sol (J. Cane, 1991; Potts *et al.*, 2005; Potts & Willmer, 2003; Tsiolis *et al.*, 2022). Il est donc attendu que ces paramètres soient des prédicteurs majeurs de la présence de nids.

2. Ces propriétés affectent-elles l'abondance, la diversité et la composition des communautés d'abeilles terricoles ?

Les propriétés du sol contribuent à définir la qualité et la disponibilité des sites de nidification, ce qui impacte directement la structure des communautés d'abeilles. Les sols favorables à la nidification ont généralement une plus grande richesse spécifique et une abondance accrue (Sardiñas & Kremen, 2014). On peut donc formuler l'hypothèse que les communautés d'abeilles terricoles sont modulées par les caractéristiques du sol.

3. Comment fournir des sites propices à la nidification des abeilles terricoles ?

En termes de conservation, il est important d'identifier des pratiques permettant de maintenir ou restaurer des habitats adaptés à la nidification. La gestion active des milieux, incluant la préservation de zones avec sols nus et peu compactés, peut favoriser la présence des abeilles terricoles (Falk, 2006; Kettermann *et al.*, 2022). La restauration spontanée ou dirigée, en

privilégiant la création de microhabitats avec une texture et une exposition favorables, pourrait constituer une stratégie efficace (Heneberg *et al.*, 2013).



FIGURE 10 : SCHÉMA DES PARAMÈTRES ENVIRONNEMENTAUX SUSCEPTIBLES D'INFLUENCER LA SÉLECTION DES SITES DE NIDIFICATION CHEZ LES ABEILLES TERRICOLES.

Matériel et méthodes

1. Région

Les sites échantillonnés sont localisés dans neuf carrières situées en Région wallonne, dans les provinces du Hainaut et du Brabant Wallon. Les zones d'échantillonnage ont été sélectionnées dans des carrières ayant participé au projet LIFE in Quarries, désireuses de recenser leur biodiversité et d'évaluer les opportunités de nidification pour les abeilles sauvages. Ces milieux présentent une grande variabilité topographique, avec des reliefs plats, en pente ou en falaise, ainsi qu'une grande diversité granulométrique, allant du sable à l'argile, en passant par le gravier. Les carrières retenues pour l'étude sont : la carrière de granulats calcaires de Gaurain, la carrière calcaire du Milieu et la carrière calcaire d'Antoing dans la commune de Tournai ; la carrière de porphyre concassé de Lessines et la carrière de porphyre de l'Ermitage dans la commune de Lessines ; la carrière de granulats de porphyre de Bierghes et la carrière de granulats de porphyre de Quenast dans la commune de Rebecq ; ainsi que la carrière de granulats calcaires du Clypot et la carrière de pierre bleue du Hainaut dans la commune de Soignies (Figure 11).

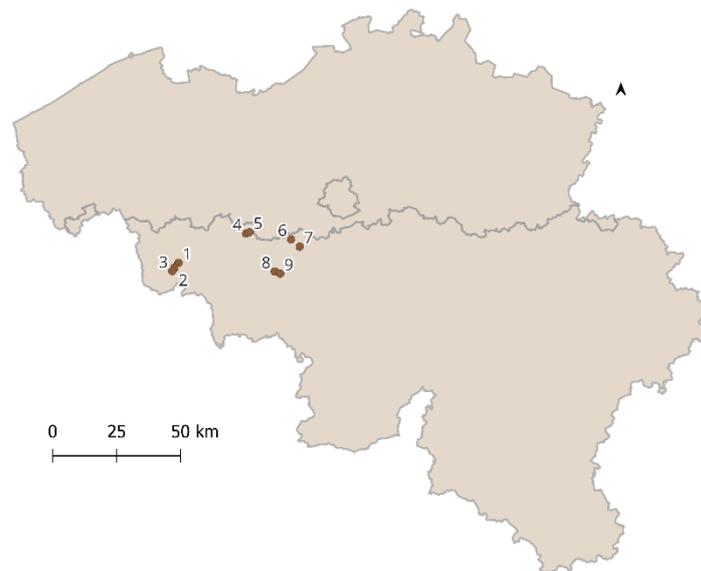


FIGURE 11 : LOCALISATION DES CARRIÈRES ÉCHANTILLONNÉES : (1) CARRIÈRE DE GAURAIN ; (2) CARRIÈRE DU MILIEU ; (3) CARRIÈRE D'ANTOING ; (4) CARRIÈRE DE LESSINES ; (5) CARRIÈRE DE L'ÉRMITAGE ; (6) CARRIÈRE DE BIERGHES ; (7) CARRIÈRE DE QUENAST ; (8) CARRIÈRE DU CLYPOT ; (9) CARRIÈRE DU HAINAUT.

Dans chaque carrière, cinq sites d'environ 12 m² ont été délimités, à l'exception de la carrière du Hainaut, où seulement quatre sites ont été délimités, ce qui porte le nombre initial de sites étudiés à 44. Ce nombre a ensuite été réduit à 38 à cause de pertes de matériel (voir section Mesures relevées). Les sites d'étude ont été sélectionnés pour présenter des caractéristiques physiques

relativement homogènes, notamment la pente, l'orientation, la couverture végétale et la granulométrie. Cette contrainte a conduit à restreindre l'échantillonnage à des petites superficies, comprises entre 10 et 15m². Dans la mesure du possible, un gradient complet des valeurs a été recherché pour l'ensemble des paramètres physiques étudiés (Figure 12).

A



B



C



D



E



F



G**H**

FIGURE 12 : PHOTOS DE DIFFÉRENTS SITES ÉCHANTILLONNÉS. (A) LiQ.4.4 (LESSINES) ; (B) LiQ.8.4 (CLYPOT) ; (C) LiQ.3.6 (ANTOING) ; (D) LiQ.5.7 (ERMITAGE) ; (E) LiQ.4.5 (LESSINES) ; (F) LiQ.7.5 (QUENAST) ; (G) LiQ.6.5 (BIERGHES) ; (H) LiQ.6.8 (BIERGHES).

Contrairement à la littérature existante, qui repose uniquement sur des données collectées dans des parcelles occupées (Orr & Koch, 2023; Potts & Willmer, 2003; Wuellner, 2001), les sites ont été sélectionnés indépendamment de la présence avérée de nids. En vérifiant a posteriori leur occupation, il devient alors possible de modéliser la probabilité de nidification en fonction des caractéristiques des parcelles. De plus, la distance entre les parcelles au sein de chaque carrière n'a pas été maximisée, l'objectif étant de mettre en évidence la variabilité des paramètres à petite échelle. Cette approche permet d'identifier les conditions propices à la nidification, ce qui est essentiel pour orienter la gestion des sites en vue de la conservation des abeilles terricoles.

2. Mesures relevées

Sur chaque site sélectionné, plusieurs mesures ont été effectuées : (! ajouter figure avec matériel)

L'orientation (en degré) a été mesurée à l'aide d'une boussole, en suivant la direction de la pente dominante, afin de déterminer l'exposition du site, susceptible d'affecter la température et l'ensoleillement du sol (Potts & Willmer, 2003). La pente (en degré) a été mesurée à l'aide d'un clinomètre, posé sur une latte rigide afin d'éviter les biais liés aux irrégularités du sol. Cette mesure permet de caractériser l'inclinaison du terrain, qui influence l'écoulement de l'eau, la stabilité et les conditions microclimatiques du sol (Figure 13A; J. Cane, 1991; Tsiolis *et al.*, 2022).

Le recouvrement végétal (en pourcent) a été estimé à partir d'une photo d'un quadrat de 1m². L'image a d'abord été traitée manuellement dans le logiciel GIMP, les zones végétalisées ont été isolées sur un calque dédié et le pourcentage de pixels correspondant a été calculé à l'intérieur de chaque quadrat. Ce paramètre peut influencer la température, l'humidité du sol et l'accessibilité des nids (Potts *et al.*, 2005).

Un échantillon de sol de 500g a été prélevé au centre du quadrat à l'aide d'un plantoir jusqu'à une profondeur de 15 à 20cm. Il a été envoyé au Centre provincial de l'agriculture et de la ruralité de La Hulpe, accrédité BELAC. Les échantillons ont été prétraités selon une méthode dérivée de la norme NF ISO 11464, et la granulométrie a été analysée selon une méthode inspirée de la norme NF X 31-107 (PTPS1). Les résultats sont exprimés en pourcentage de matière minérale sèche décarbonatée, répartis en trois fractions granulométriques : l'argile (<2µm), le limon (2-50µm) et le sable (50µm-2mm). Cette caractérisation permet d'évaluer la texture du sol, un facteur déterminant pour la capacité d'excavation, la perméabilité, la stabilité et la rétention d'eau (J. Cane, 1991; Tschanz *et al.*, 2024; Tsiolis *et al.*, 2022).

La température du sol a été enregistrée à l'aide de Thermochnons (iButtons), des enregistreurs autonomes capables de stocker des mesures à intervalles réguliers (Figure 13B). Ces dispositifs ont été programmés pour relever la température toutes les quatre heures (à 01h30, 05h30, 09h30, 13h30, 17h30 et 21h30) pendant un mois. Les capteurs étaient placés sous des entretoises, protégés du rayonnement solaire direct et de la pluie, sans être en contact direct avec le sol ni exposés à l'eau de ruissellement (Figure 13C). Une perte de Thermochnons sur le terrain a conduit à la récupération de données pour seulement 38 sites, ce qui réduit le jeu de données exploitables. Cette variable est essentielle pour estimer le microclimat thermique, qui joue un rôle clé dans le développement larvaire et le choix des sites de nidification par les abeilles terricoles (Batra & Norden, 1996; Goulson *et al.*, 2015). Lors de chaque visite de terrain, des données météorologiques complémentaires (température, couverture nuageuse, vent) ont été relevées à l'aide de l'application mobile « UAV forecast » ou du site internet « Ventusky ».



FIGURE 13 : (A) CLINOMÈTRE ; (B) THERMOCHRON ; (C) THERMOCHRON SOUS UNE ENTRETOISE.

Deux mesures ont été réalisées sur le terrain mais n’ont finalement pas été intégrées dans les analyses statistiques en raison de problèmes méthodologiques ou logistiques.

Le nombre de cailloux, dont la taille était comprise entre 2 et 50 cm, a été quantifié visuellement dans un quadrat de 1m². Cette variable visait à évaluer l’influence des pierres sur la stabilité, la rétention d’eau ou la température en surface (Heneberg *et al.*, 2013; Twerd *et al.*, 2019). Cependant, les incertitudes liées à la méthode d’estimation (pierres enfouies, présence de gravier indénombrable, *etc.*) ont limité la fiabilité de ces données.

Par ailleurs, la conductivité hydraulique (K) du sol, exprimée en cm/s ou mm/h, a été mesurée à l’aide d’un infiltromètre (Mini Disk Infiltrometer, METER). Elle décrit la vitesse à laquelle l’eau s’infiltré à travers un sol sous un gradient de pression donné, en fonction de la granulométrie, de la porosité et de la structure du sol (Zhang, 1997). L’appareil est composé d’un réservoir d’eau gradué relié à un disque poreux, placé directement sur le sol. Le dispositif fonctionne selon le principe de la chambre de Mariotte, un système permettant de maintenir une pression d’eau constante pendant l’infiltration. La pression d’aspiration (*suction rate*) a été fixée à 2 cm, ce qui est recommandé pour la majorité des sols. Cette pression est réglable en ajustant la hauteur de la colonne d’eau dans le réservoir, influençant la vitesse d’infiltration (METER Group, 2021). L’infiltration de l’eau a été suivie en relevant à intervalles réguliers la baisse du niveau d’eau. Bien que cette mesure ait été effectuée sur le terrain, elle n’a pas pu être répétée. Le protocole nécessitant une période sèche sans précipitations récentes, les conditions météorologiques défavorables, combinées à un manque de temps sur le terrain, n’ont pas permis d’obtenir un jeu de données complet et fiable.

3. Protocole de collecte des spécimens

La collecte des spécimens a été réalisée une fois par mois pour tenir compte des variations saisonnières, de mai à septembre 2024 inclus, dans chaque carrière. Un intervalle d'environ un mois entre chaque session a été respecté dans la mesure du possible, en tenant compte des contraintes logistiques et des conditions sur le terrain (Westphal *et al.*, 2008). Lors de chaque session, une fiche de terrain a été complétée, contenant plusieurs informations essentielles, telles que les conditions météorologiques, ainsi que la date et les heures précises de début et de fin de collecte (Westphal *et al.*, 2008). Cette fiche permet de garantir la traçabilité des conditions dans lesquelles les collectes ont été effectuées.

Avant chaque session, des pots ont été préparés en y plaçant un mouchoir imbibé d'acétate d'éthyle, ainsi que d'autres mouchoirs destinés à éviter toute fuite des spécimens et à les maintenir intacts. L'acétate d'éthyle a ainsi permis l'euthanasie des spécimens par asphyxie. Chaque pot a été attribué à un site spécifique et son numéro inscrit sur la fiche de terrain pour assurer la correspondance entre les échantillons et leur site d'origine.

La collecte a été réalisée pendant 40 minutes chronométrées. Ce temps de collecte a été défini en tenant compte de la durée moyenne d'un aller-retour pour la recherche de ressources, estimée entre 6 et 28 minutes selon les espèces (Gathmann & Tschardt, 2002). Une telle période permet donc de couvrir au minimum un aller-retour pour toutes les abeilles présentes sur le site, voire plusieurs pour la majorité d'entre elles. Afin de garantir un temps effectif de 40 minutes, le chronomètre était mis en pause après chaque capture, afin de transférer l'individu dans le pot, puis redémarré une fois la manipulation terminée. Seules les abeilles entrant ou sortant d'un nid ont été capturées à l'aide d'un filet, afin de capturer les individus nidifiant sur le site ou émergeant d'un nid. Bien qu'elles aient été capturées, les espèces parasites de couvains ont été exclues du jeu de données, car elles ne construisent pas de nids ni ne sélectionnent leur site de nidification, cette tâche étant assurée par les espèces hôtes. Le soir même, les spécimens collectés ont été épinglés et préparés afin de faciliter leur identification. Un identifiant unique a été attribué à chaque spécimen permettant son encodage dans un tableur Excel avant d'être transmis aux taxonomistes pour identification. Une étiquette avec les informations générales (lieu, date, collecteur, identifiant unique, *etc.*) ainsi qu'une étiquette d'identification ont été réalisées à l'aide du logiciel « Entomolabel » garantissant une traçabilité définitive des échantillons.

4. Statistiques

4.1. Préparation des données et choix des modèles

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R version 4.4.0 (*R: The R Project for Statistical Computing*, s. d.).

Les proportions des différentes classes granulométriques (argile, limon et sable), sont des données de composition, dont la somme est contrainte à 100% (Aitchison, 1982). Une augmentation d'une proportion implique nécessairement une diminution des autres. Ces variables présentent donc une très forte multicolinéarité. Dans ces conditions, il est difficile de déterminer l'effet isolé de chaque composante (Aitchison, 1982). Pour contourner cette limitation, une transformation isométrique log-ratio (ILR) a été appliquée à l'aide de la fonction `pivotCoord()` du package `robCompositions` (Filzmoser *et al.*, 2018). Cette transformation permet de projeter les données dans un espace euclidien sans contrainte de somme, en créant des balances qui expriment la dominance relative d'une composante par rapport à la moyenne géométrique des autres (Egozcue *et al.*, 2003). Après la transformation, seule une variable de la composition d'origine (variable pivot) devient interprétable. Les autres variables transformées sont malgré tout incluses dans le modèle car elles contiennent, prises ensemble, toute l'information contenue dans les autres parties de la composition (Egozcue *et al.*, 2003). Le modèle peut donc être spécifié pour différentes variables pivot en fonction de la partie de la composition que l'on souhaite analyser. Une valeur positive indique que la composante pivot est relativement plus abondante que les autres, une valeur nulle correspond à une répartition équivalente, tandis qu'une valeur négative traduit une sous-représentation de cette composante (Fiordaliso *et al.*, 2025).

Les modèles utilisés sont des modèles linéaires généralisés mixtes (GLMM), ajustés avec la fonction `glmmTMB()` du package `glmmTMB` (Brooks *et al.*, 2017). La validation des modèles a été effectuée à l'aide de la fonction `simulateResiduals()` du package `DHARMA` (Hartig, 2022), qui génère des résidus simulés pour tester l'ajustement des modèles. La procédure inclut : (i) un graphique quantile-quantile des résidus simulés ainsi qu'un test de Kolmogorov-Smirnov pour vérifier si la distribution spécifiée dans le modèle était conforme aux données, (ii) un test de dispersion pour détecter les écarts potentiels entre la variance observée et celle attendue, (iii) un test de détection des valeurs anormales pour identifier les observations extrêmes qui pourraient influencer de manière disproportionnée les résultats et (iv) un graphique des résidus simulés en fonction des valeurs prédites, permettant de détecter des signes d'hétéroscédasticité ou la présence de structures non capturées par le modèle. Ces tests sont essentiels pour garantir la robustesse et la fiabilité des modèles avant leur interprétation.

4.2. Prédiction de la température

De nombreuses variables environnementales susceptibles d'affecter la probabilité de nidification exercent à la fois des effets directs et des effets indirects via leur influence sur la température. Cette dernière étant considérée comme l'un des facteurs les plus importants pour la nidification, il est nécessaire de la modéliser afin de comprendre comment les autres variables l'affectent, et ainsi d'évaluer leurs effets indirects. La température a été modélisée à l'aide d'une GLMM avec une distribution gaussienne, appropriée pour une variable continue pouvant prendre des valeurs positives comme négatives. Parmi les variables explicatives, l'orientation a été traitée comme une variable angulaire à effet périodique. Pour ce faire, elle a été décomposée en composantes harmoniques à l'aide des fonctions sinus et cosinus.

La pente a également été intégrée, son effet seul reflétant l'effet de l'angle d'incidence des rayons solaires. L'interaction entre la pente et l'orientation a été ajoutée pour tenir compte de l'influence combinée de ces deux variables sur le microclimat, notamment pour modéliser les contrastes entre les versants ensoleillés (adret) et ombragés (ubac), qui influencent directement la température du sol.

La couverture végétale et la texture du sol transformée par ILR ont aussi été incluses, en incluant les neuf carrières en effet aléatoire pour tenir compte des variations de température liées à l'emplacement géographique de chaque carrière.

Un premier modèle a été réalisé à partir de la température moyenne journalière, calculée à partir des mesurées effectuées toutes les quatre heures. Il permet d'identifier les sites qui accumulent le plus de chaleur sur l'ensemble de la journée. Un second modèle, basé uniquement sur la température mesurée à 13h30, a été testé pour prédire la température lors du zénith solaire (entre 13h30 et 14h en été en Belgique), afin d'identifier les sites qui se réchauffent le plus rapidement entre le lever du soleil et le zénith.

La formule mathématique utilisée pour ces deux modèles est la suivante :

$$\text{Température moyenne} , \text{Température moyenne au zénith} \sim \sin(2\pi \cdot \text{Orientation}/360) + \cos(2\pi \cdot \text{Orientation}/360) + \text{Couverture} + \text{Pente} + \text{Pente} \cdot \sin(2\pi \cdot \text{Orientation}/360) + \text{Pente} \cdot \cos(2\pi \cdot \text{Orientation}/360) + \text{ILR}(\text{Texture}) + (1/\text{Toponyme})$$

ILR(Texture) correspond à la transformation ILR des trois variables de granulométrie. Le test a été effectué à trois reprises, en utilisant successivement le sable, le limon et l'argile comme variable pivot pour pouvoir interpréter les effets respectifs de leur dominance dans la composition.

4.3. Prédiction de la présence, de l'abondance et de la diversité

Trois types de variable réponse ont été analysées : la présence, l'abondance et la diversité. Le modèle de présence met l'emphase sur les contraintes fortes, susceptibles d'empêcher la nidification, tandis que les modèles d'abondance et de diversité ciblent les paramètres qui optimisent l'abondance et la diversité. Ensemble, ces trois variables permettent une meilleure compréhension de la manière dont les abeilles occupent les espaces : certaines zones sont inutilisables, d'autres plus ou moins attrayantes, et certaines attirent des communautés d'espèces plus ou moins diversifiées.

Les modèles de présence ont été ajustés avec une distribution binomiale, appropriée pour une variable réponse binaire, tandis que les modèles d'abondance et de diversité ont été ajustés avec une distribution de poisson généralisée, adaptée à une variable réponse qui est un dénombrement avec des données entières et positives tout en prenant en compte les cas de sous ou surdispersion (Famoye, 2005).

Un premier modèle a été testé avec l'orientation comme variable explicative. L'objectif est de déterminer l'orientation qui optimise chaque variable réponse. En raison de la forte colinéarité entre l'orientation et la température, ces deux variables ne peuvent pas être incluses simultanément dans un même modèle. L'orientation joue ici le rôle de proxy de la température. La formule utilisée pour ce premier modèle est :

$$\text{Présence, Abondance, Diversité} \sim \sin(2\pi \text{Orientation}/360) + \cos(2\pi \text{Orientation}/360) + \text{Couverture} + \text{Pente} + \text{ILR}(\text{Texture}) + (1/\text{Toponyme})$$

Pour déterminer l'orientation la plus favorable à la nidification, à la présence ou à l'abondance, l'angle optimal est calculé à partir de la formule suivante obtenue en annulant la dérivée partielle du modèle pour l'orientation :

$$\theta = \left(\arctan\left(\frac{a}{b}\right) + \pi \right) \times \frac{360}{2\pi}$$

où a et b sont les coefficients de régression associés respectivement à $\sin(2\pi \text{Orientation}/360)$ et $\cos(2\pi \text{Orientation}/360)$.

Pour estimer l'incertitude associé à cet angle, une méthode de propagation des erreurs a été utilisée. Les coefficients des modèles suivant une loi normale multivariée, 10000 tirages aléatoires ont été réalisés à partir des valeurs moyennes estimées et de leur matrice de variance-covariance. La moyenne des angles obtenus correspond à l'estimation du sommet, et les quantiles à 2.5% et 97.5% définissent un intervalle de confiance à 95% (Blukacz *et al.*, 2005).

Ces modèles ne permettant pas de distinguer les effets directs de la pente, de la texture et de la couverture végétale de leurs effets indirects via leur influence sur la température, une seconde série de modèles a été construite en remplaçant l'orientation par la température moyenne. Ces modèles permettent d'estimer l'effet direct des variables explicatives, indépendamment de leur effet sur la température. La formule utilisée pour ce deuxième modèle est :

*Présence / Abondance / Diversité ~ Température moyenne + Couverture + Pente + ILR(Texture)
+ (1/Toponyme)*

Résultats

1. Prédiction de la température

Selon le premier modèle de GLMM, basé sur les températures enregistrées toutes les quatre heures, la température du sol est significativement influencée par le cosinus de l'orientation ($p=0.029$), la pente ($p<0.001$), la composante de texture associée au sable ($p=0.018$) ainsi que par l'interaction entre la pente et le cosinus de l'orientation ($p=0.141$). Un effet marginalement significatif est observé pour le recouvrement végétal ($p=0.741$). La relation entre la température moyenne et l'orientation est représentée en Figure 14.

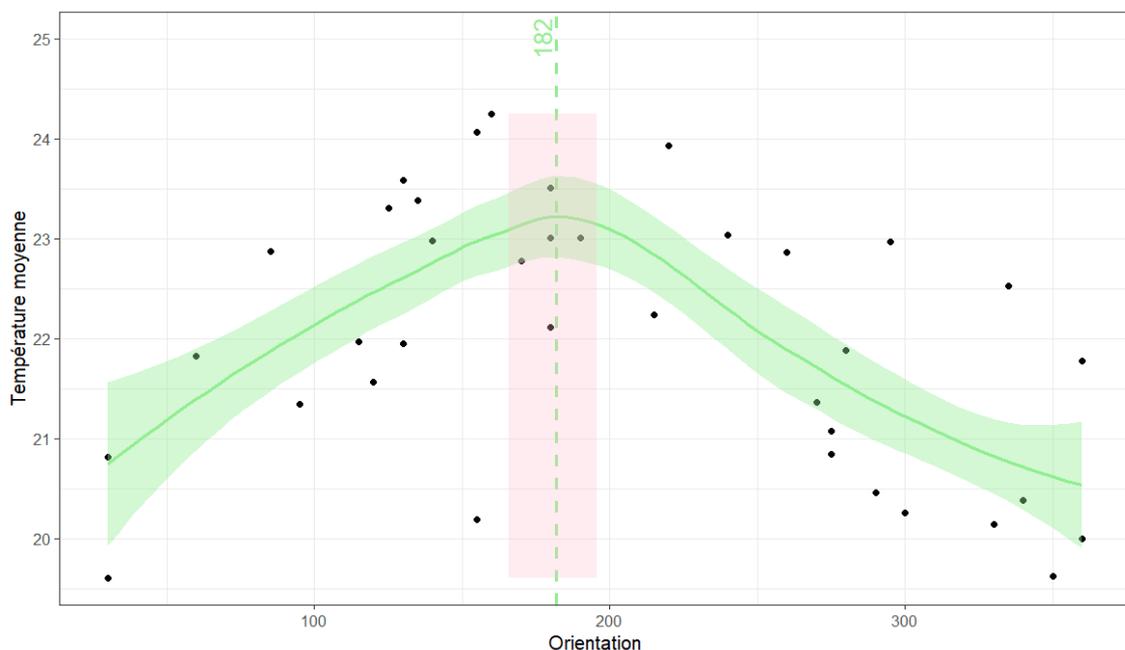


FIGURE 14 : LE GRAPHIQUE ILLUSTRE LA TEMPÉRATURE PRÉDITE EN FONCTION DE L'ORIENTATION, AVEC UN ANGLE OPTIMAL ESTIMÉ À 182° ET UN INTERVALLE DE CONFIANCE DE 95% COMPRIS ENTRE 166° ET 195°.

La teneur en sable du sol possède un effet significatif et positif sur la température, alors que la couverture végétale a un effet négatif. Un sol nu et un sol complètement couvert possèdent un écart de température moyen de 0.73°C. Cet effet est plus léger que pour les autres variables.

La pente a également un effet négatif significatif, celui-ci est surtout marqué pour les pentes de 90° orientées au nord, où cela entraîne une perte de 4.14°C alors que cet effet est marginal pour les pentes de 90° orientées au sud, où la perte est de 0.35°C

Le second modèle GLMM, basé sur les températures au zénith, montre que la température est significativement influencée par la composante cosinus de l'orientation ($p=0.031$), le recouvrement végétal ($p=0.042$), la pente ($p=0.022$) ainsi que l'interaction entre pente et le sinus de l'orientation ($p=0.005$). La composante liée au sable présente un effet marginalement significatif ($p=0.056$). La relation entre la température moyenne et l'orientation est représentée en Figure 15.

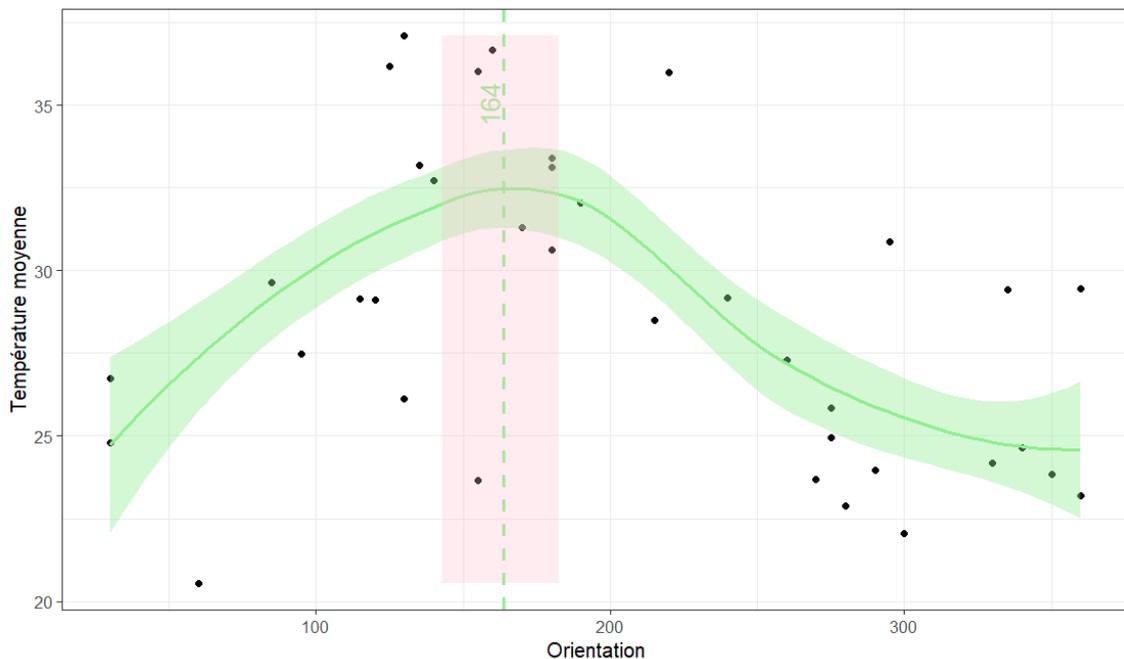


FIGURE 15 : LE GRAPHIQUE ILLUSTRE LA TEMPÉRATURE PRÉDITE EN FONCTION DE L'ORIENTATION, AVEC UN ANGLE OPTIMAL ESTIMÉ À 164° ET UN INTERVALLE DE CONFIANCE DE 95% COMPRIS ENTRE 143° ET 183°.

La teneur en sable du sol possède un effet significatif et positif sur la température, alors que la couverture végétale a un effet négatif. Un sol nu et un sol complètement couvert possèdent un écart de température moyen de 3,1°C.

La pente a également un effet négatif significatif, celui-ci est surtout marqué pour les pentes de 90° orientées au nord, où cela entraîne une perte de 9.26°C alors que cet effet est marginal pour les pentes orientées au sud, où la perte est de 1.74°C

2. Données descriptives

Sur les 38 sites échantillonnés, 17 présentaient des abeilles, tandis qu'aucune présence n'a été détectée sur les 21 autres (Figure 16)

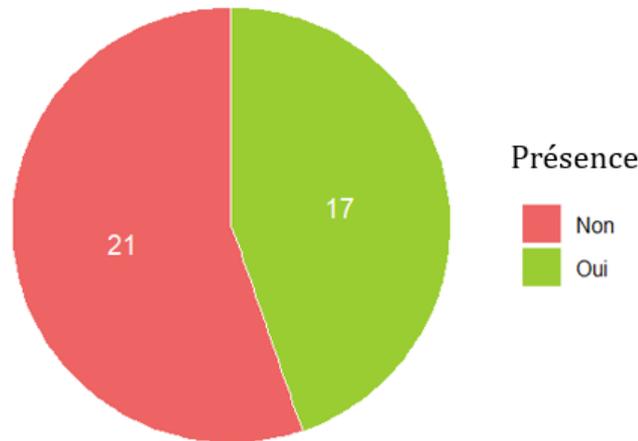


FIGURE 16 : GRAPHIQUE EN CAMEMBERT ILLUSTRANT LE NOMBRE DE SITES AVEC PRÉSENCE OU ABSENCE D'ABEILLES.

Au total, 159 individus ont été collectés sur les sites avec présence, avec des variations marquées. Les sites les plus riches se trouvent sur la carrière de Gaurain (LiQ.1.6), la carrière du Milieu (LiQ.2.4) et la carrière de Bierghes (LiQ.6.5) avec respectivement 19, 13 et 18 individus collectés. À l'inverse, certains sites tels que LiQ.1.5 sur la carrière de Gaurain, LiQ.2.5 sur la carrière du Milieu et LiQ.8.8 sur la carrière du Clypot, n'ont fourni qu'un seul spécimen (Figure 17)

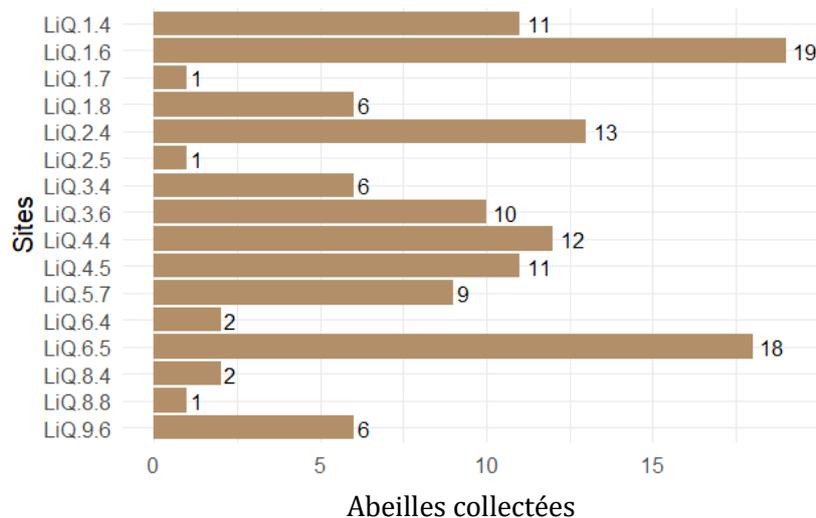


FIGURE 17 : GRAPHIQUE ILLUSTRANT LE NOMBRE D'ABEILLES COLLECTÉES PAR SITE.

Les abeilles collectées se répartissent en quatre familles, largement dominées par les Halictidae avec 118 spécimens, suivies des Andrenidae avec six spécimens, des Megachilidae avec deux spécimens et des Colletidae avec également deux spécimens (Figure 18).

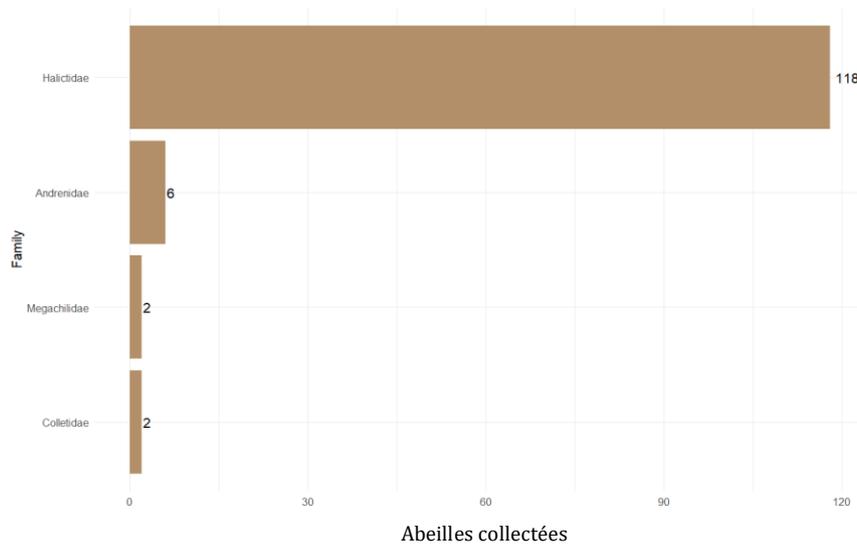


FIGURE 18 : GRAPHIQUE ILLUSTRANT LE NOMBRE D'ABEILLES COLLECTÉES PAR FAMILLE.

Au total, huit genres ont été identifiés. Les plus représentés sont les *Lasioglossum* avec 73 individus et les *Halictus* avec 44 spécimens, tandis que les autres genres ne comptent qu'un ou six spécimens (Figure 19A). En termes de diversité spécifique, les *Lasioglossum* se distinguent avec dix espèces différentes identifiées, contre quatre pour les *Andrena* et seulement une espèce pour chacun des autres genres (Figure 19B).

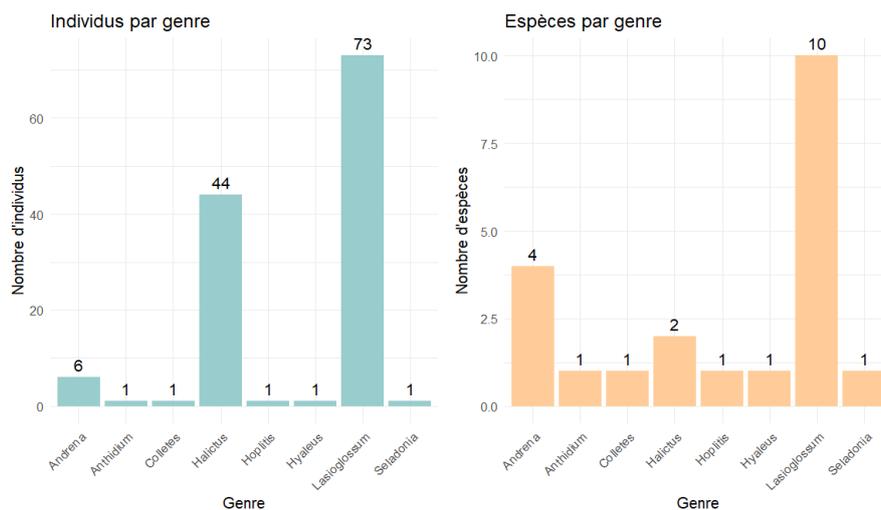


FIGURE 19 : (A) GRAPHIQUE ILLUSTRANT LE NOMBRE D'INDIVIDUS COLLECTÉS PAR GENRE ; (B) NOMBRE D'ESPÈCES DIFFÉRENTES COLLECTÉES PAR GENRE.

L'ensemble des paramètres mesurés sur chaque site (orientation, pente, recouvrement végétal, texture du sol, etc.) est résumé dans un tableau de synthèse présenté en annexe (Annexe 1).

3. Prédiction de la présence

Le premier modèle, incluant l'orientation, met en évidence un effet significatif de la composante cosinus de l'orientation ($p=0.043$). Les autres variables ne présentent pas d'effets significatifs. L'angle optimal est estimé à 162° soit au sud-sud-est avec un intervalle de confiance allant de l'est au sud-ouest en passant par le sud (Figure 20).

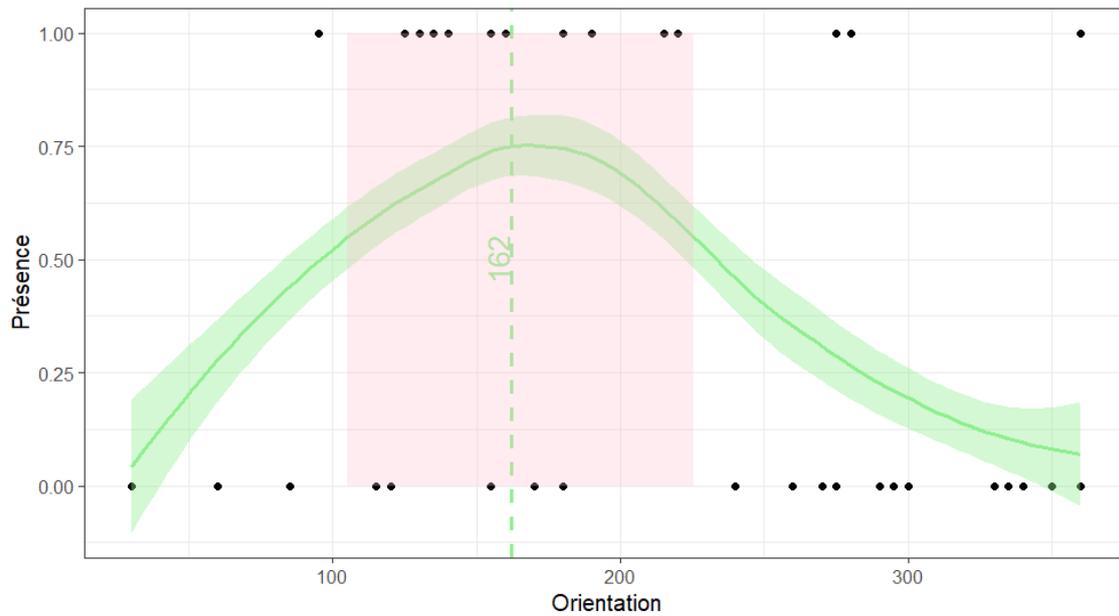


FIGURE 20 : LE GRAPHIQUE ILLUSTRE LA PRÉSENCE PRÉDITE EN FONCTION DE L'ORIENTATION, AVEC UN ANGLE OPTIMAL ESTIMÉ À 162° , AVEC UN INTERVALLE DE CONFIANCE DE 95% COMPRIS ENTRE 105° ET 225° .

Le second modèle, incluant la température moyenne, montre un effet significatif de cette dernière ($p=0.038$) sur la probabilité de présence d'abeilles. Plus précisément, une augmentation de 1°C de la température moyenne multiplie les cotes (*odds*) de présence d'abeilles par environ 2,2. La pente présente également une tendance positive, bien que marginalement significative ($=0.066$). En considérant une augmentation de 10° de la pente, les cotes de présence d'abeilles sont multipliées par 1,5. Les autres variables incluses dans le modèle n'ont pas montré d'effet significatif.

4. Prédiction de l'abondance

Le premier modèle, basé sur l'orientation, met en évidence un effet significatif de la composante cosinus de l'orientation ($p=0.026$) ainsi qu'un effet de la pente ($p=0.042$). Les autres variables ne présentent pas d'effet significatif. L'angle optimal est estimé à 159° avec un intervalle de confiance compris entre l'est et le sud (Figure 21).

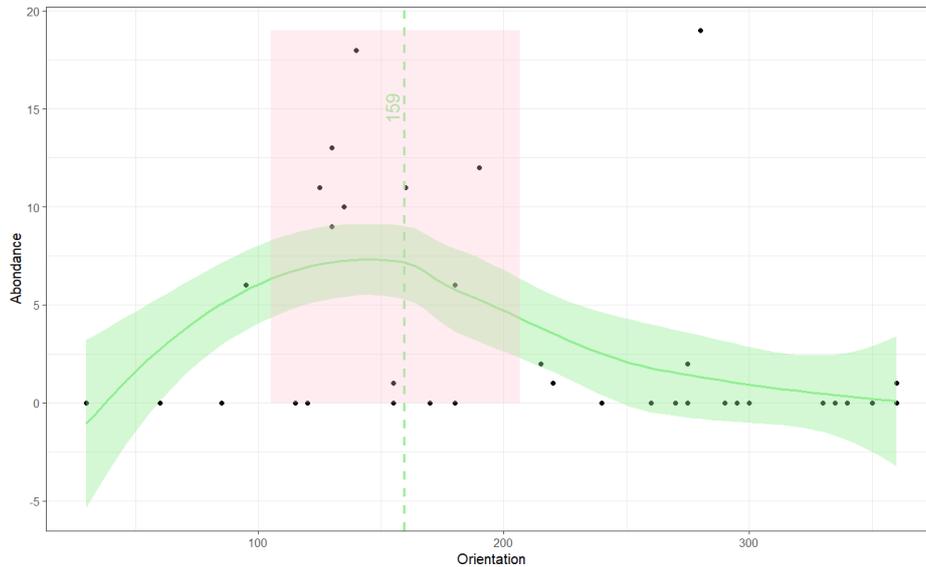


FIGURE 21 : LE GRAPHIQUE ILLUSTRE L'ABONDANCE PRÉDITE EN FONCTION DE L'ORIENTATION AVEC UN ANGLE OPTIMAL ESTIMÉ À 159° .

Le second modèle avec la température moyenne révèle un effet positif significatif de cette dernière ($p<0.001$) ainsi qu'un effet positif significatif de la pente ($p=0.002$). Une augmentation de 1°C de la température moyenne multiplie par environ 1,9 le nombre d'abeilles, tandis qu'une augmentation de 10° de la pente multiplie ce nombre par 1,4. La relation entre la pente et l'abondance prédite est illustrée à la Figure 22.

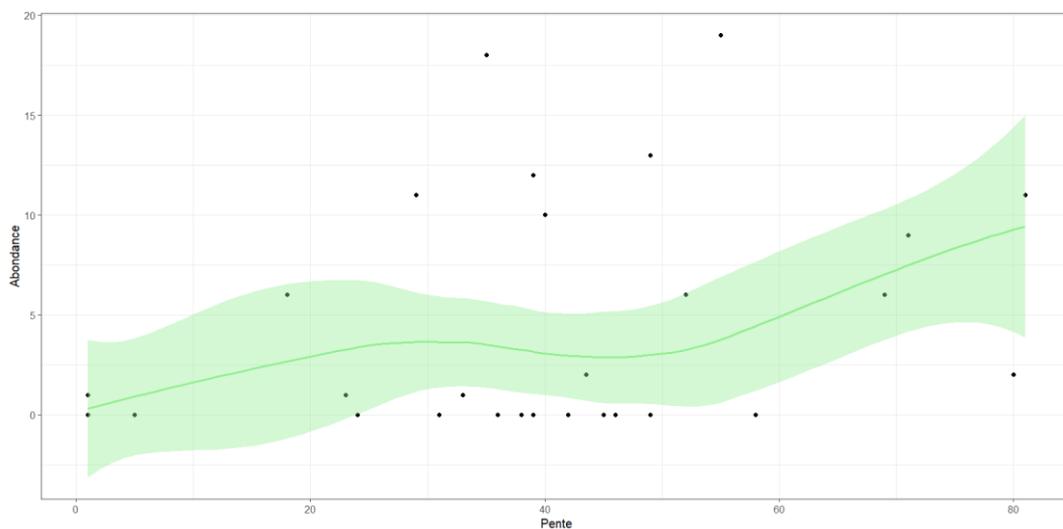


FIGURE 22 : GRAPHIQUE ILLUSTRANT L'EFFET DE LA PENTE SUR L'ABONDANCE PRÉDITE.

5. Prédiction de la diversité

Le premier modèle indique un effet marginalement significatif du cosinus de l'orientation ($p=0.0611$) et un effet significatif de la pente ($p=0.0342$). L'angle optimal est estimé à 167° avec un intervalle de confiance compris entre l'est et le sud (Figure 23).

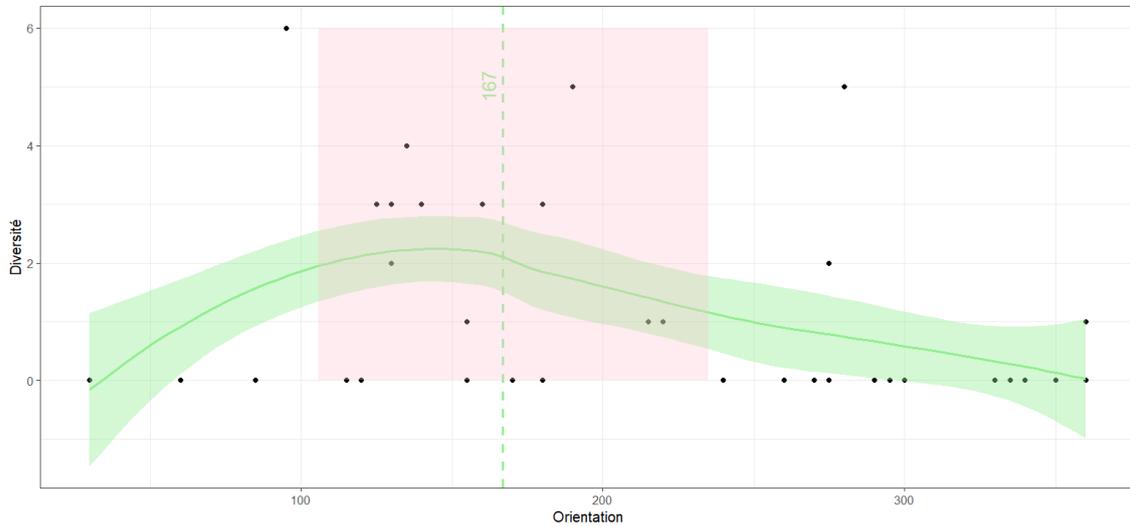


FIGURE 23 : GRAPHIQUE ILLUSTRANT LA DIVERSITÉ PRÉDITE EN FONCTION DE L'ORIENTATION AVEC UN ANGLE OPTIMAL ESTIMÉ À 167° .

Le second modèle met en évidence un effet positif significatif de la température moyenne ($p=0.024$) ainsi qu'un effet positif significatif de la pente ($p=0.016$). Une augmentation de 1°C de la température moyenne multiplie la diversité par 1,5, tandis qu'une augmentation de 10° de la pente la multiplie par environ 1,3. La relation positive entre la pente et la diversité est illustré à la Figure 24.

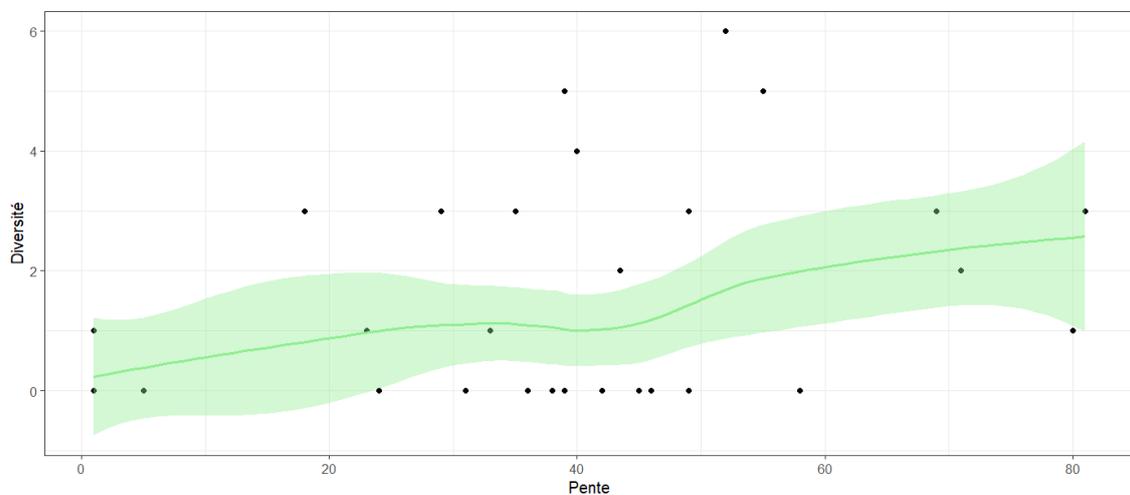


FIGURE 24 : GRAPHIQUE ILLUSTRANT L'EFFET DE LA PENTE SUR LA DIVERSITÉ PRÉDITE.

Discussion

1. Température du sol et prédiction du microclimat local

Dans cette étude, la température s'est révélée être l'un des facteurs les plus déterminants pour expliquer la présence, l'abondance et la diversité des abeilles terricoles. Les modèles ont montré un effet positif significatif de la température moyenne sur la présence, soulignant l'importance du microclimat dans le choix des sites de nidification (Potts & Willmer, 2003). La variation de la température a pu être modélisée en fonction de plusieurs paramètres physiques mesurés tel que l'orientation, la pente, la texture du sol et la couverture végétale.

Les abeilles constituent un taxon thermophile, adaptées aux milieux ouverts et bien ensoleillés (Michener, 2007; Potts *et al.*, 2005). Cette affinité pour la chaleur s'explique, chez de nombreuses espèces telles que les *Lasioglossum*, par leur physiologie ectotherme, leur activité est fortement dépendante de la température du sol et de l'air (Heinrich, 1993; Willmer, 1982). De plus, la température influence la vitesse de développement larvaire, la survie du couvain et le nombre de générations annuelles (Batra & Norden, 1996; Goulson *et al.*, 2015; Potts & Willmer, 2003).

La sensibilité thermique des abeilles s'exprime à plusieurs échelles : à l'échelle continentale, la distribution des espèces est largement influencée par la température moyenne annuelle, et les changements climatiques modifient déjà les aires de répartition de nombreuses espèces (Duchenne *et al.*, 2020; Kazenel *et al.*, 2024). À l'échelle locale, même de faibles variations de température, induites par des différences d'exposition de pente, de couverture végétale ou de la texture du sol, peuvent rendre un site plus ou moins propices à la nidification (Antoine & Forrest, 2021; J. Cane, 1991; Potts & Willmer, 2003).

Les analyses montrent que l'orientation optimale pour la température moyenne est au sud (180°), tandis que celle pour la température moyenne au zénith est légèrement décalée vers l'est (160°). Cette température au zénith, correspond au moment de la journée où l'intensité du rayonnement solaire et la température atteignent souvent leurs valeurs maximales. Le déplacement de l'optimum est cohérent avec le fait que les sites orientés vers l'est reçoivent plus tôt le rayonnement solaire matinal, ce qui favorise un réchauffement rapide du sol en début de journée.

La modélisation a montré que la température dépend fortement de l'interaction entre l'orientation et la pente, deux facteurs qui influencent l'ensoleillement local (Antoine & Forrest, 2021; Potts & Willmer, 2003). Les versants orientés vers le sud à sud-est bénéficient d'un ensoleillement maximal, qui favorise un réchauffement plus important du sol (J. Cane, 1991; McCune & Keon, 2002). Cependant la pente modère cet effet, des pentes plus abruptes tendent à diminuer la température, notamment sur les versants exposés au nord (Geiger *et al.*, 2003; Lipton, 1992). Ce

phénomène peut s'expliquer par la mécanique de l'irradiation solaire, selon laquelle, pour une latitude donnée, la pente qui maximise l'ensoleillement correspond approximativement à la latitude locale, soit environ 50° en Belgique (McCune & Keon, 2002). Or, en été, la latitude solaire effective peut être décalée jusqu'à 23° par l'effet de la déclinaison solaire, ce qui abaisse l'optimum de la pente à environ 30° (Geiger *et al.*, 2003). Ainsi, les terrains très pentus ont un effet négatif car l'optimum de température correspond à des pentes modérées. Les résultats montrent que, pour une pente de 90° orientée vers le nord, la perte est de 4°C pour la température moyenne et de 9°C pour la température moyenne au zénith. À l'inverse, lorsque ces pentes sont exposées au sud, l'effet négatif est moindre, voire négligeable. L'effet du vent pourrait accentuer cette asymétrie thermique, notamment sur les versants nord qui sont souvent plus exposés aux vents dominants, ce qui entraîne une perte accrue de chaleur par convection (Zardi & Whiteman, 2013). Bien que les abeilles préfèrent généralement l'optimum thermique des pentes inclinées au sud, il est important de noter que les pentes orientées au nord peuvent également jouer un rôle dans le cycle de vie de certaines espèces d'abeilles. Ainsi, selon (Liczner & Colla, 2019), les reines de bourdons choisissent des zones en pente, orientées vers le nord et ombragées comme hibernaculum, car celles-ci en étant moins exposées à un ensoleillement printanier temporaire, empêchent une émergence précoce qui pourrait s'avérer fatale pour les jeunes reines.

Enfin la texture du sol, en particulier la proportion de sable, influence également la température. Les sols sableux, caractérisés par une faible capacité thermique, se réchauffent plus rapidement en journée sous l'effet du rayonnement solaire, mais ils perdent rapidement cette chaleur en l'absence de rayonnement (Geiger *et al.*, 2003). Par ailleurs, la bonne perméabilité des sols sableux favorise un drainage efficace, ce qui limite la rétention d'eau qui peut entraîner des fluctuations thermiques (Oke, 2006). La texture sableuse contribue donc à un réchauffement en surface, ce qui peut expliquer son effet positif sur la température contrairement à l'argile ou au limon qui n'ont pas d'effets dans les résultats obtenus.

2. Composition taxonomique

Sur les 38 sites étudiés, moins de la moitié présentaient des nids d'abeilles sauvages. Cette distribution hétérogène reflète une forte sélectivité dans le choix des sites de nidifications, qui s'explique par une combinaison de facteurs environnementaux tels que le microclimat, la texture du sol mais aussi la couverture végétale (J. Cane, 1991; Potts *et al.*, 2005; Sardiñas & Kremen, 2014).

La communauté échantillonnée est largement dominée par les Halictidae, principalement des spécimens appartenant aux genres *Halictus* et *Lasioglossum*. Cette dominance peut s'expliquer, en partie, par le calendrier d'échantillonnage, qui n'a débuté qu'au mois de mai. En effet, les Halictidae présentent une phénologie plus tardive que celle des Andrenidae, avec des pics observés en été (Bartomeus *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2009). À l'inverse, les Andrenidae sont majoritairement actives en début de saison, notamment entre mars et avril (Michener, 2007; Michez *et al.*, 2019). D'un point de vue écologique, la dominance des Halictidae peut aussi refléter leur capacité à coloniser rapidement des habitats perturbés (Potts *et al.*, 2005; Potts & Willmer, 2003). Certaines espèces du genre *Lasioglossum* sont connues pour être généralistes et opportunistes, s'installant dans une diversité de substrats (Roulston & Goodell, 2011).

De plus, d'autres groupes taxonomiques sont nettement sous-représentés. Par exemple, les *Colletes*, dont l'absence peut s'expliquer par plusieurs facteurs écologiques. *Colletes cunicularius* est active tôt dans la saison, généralement dès le mois de mars, et niche préférentiellement dans des substrats sableux (Bellmann, 2019; Michez *et al.*, 2019). *Colletes hederæ*, dont la phénologie est plus tardive, forme des agrégations denses mais très localisées dans des sols peu végétalisés (Antoine & Forrest, 2021; Michez *et al.*, 2019). Par ailleurs, *Colletes daviesanus* niche principalement dans des parois verticales dures (Bellmann, 2019; Michener, 2007; Michez *et al.*, 2019).

Un constat similaire peut être fait pour les *Anthophora*, notamment pour *Anthophora plumipes* qui privilégie des parois verticales d'argile ou de sable (Bellmann, 2019; Hellström *et al.*, 2025; Michez *et al.*, 2019). Quant aux Megachilidae, elles sont majoritairement cavicoles et ne nidifient que rarement dans le sol (Bellmann, 2019; Michez *et al.*, 2019). Enfin, *Dasygaster hirtipes* est une espèce qui nidifie dans des sols très sablonneux et bien exposés (Abdouni *et al.*, 2021; Bellmann, 2019; Michez *et al.*, 2019).

Ces observations suggèrent que, dans le contexte d'une communauté estivale, la plupart des espèces n'étant pas des Halictidae possède des nids très localisés dans des microhabitats spécifiques, limitant leur détection aléatoire. En revanche, les Halictidae semblent adopter des stratégies de nidification moins spécialisées, s'installant dans une diversité plus large de milieux.

Ces différences soulignent la nécessité de protocoles ciblés, adaptés aux contraintes écologiques et phénologiques de chaque groupe afin d'obtenir une évaluation plus complète de la diversité des abeilles terricoles.

3. Probabilité de la présence des abeilles terricoles

Les modèles de prédiction de la présence montrent que la température du sol est l'un des prédicteurs les plus significatifs. Ce résultat corrobore les données de la littérature selon lesquelles la nidification est fortement influencée par les paramètres microclimatiques du sol (Antoine & Forrest, 2021; Goulson *et al.*, 2015; Potts & Willmer, 2003). Plus précisément, une augmentation de 1°C de la température moyenne multiplie par 2,2 les cotes de présence d'abeilles, ce qui suggère qu'un sol plus chaud favorise l'établissement des nids. Cette influence peut s'expliquer par un développement larvaire plus rapide et une meilleure stabilité thermique à l'intérieur des nids (Antoine & Forrest, 2021; Orr & Koch, 2023; Potts & Willmer, 2003).

L'orientation du site apparaît comme une contrainte forte sur la présence d'abeilles. La probabilité favorable de nidification est, en tenant compte de l'intervalle de confiance, pour toute exposition comprise entre l'est et le sud, avec un optimum à 162°. Cet optimum est cohérent avec une stratégie d'optimisation de la température, car il ne correspond pas à celui qui maximise la température journalière mais bien celui qui maximise la température au zénith. Cette dernière permet un réchauffement rapide en matinée, essentiel pour que les abeilles atteignent rapidement le seuil thermique nécessaire au vol et donc leur accès aux ressources florales (Gathmann & Tschardt, 2002; Greenleaf *et al.*, 2007; Willmer & Stone, 2004). Un butinage précoce en matinée est d'autant plus important que la compétition pour le nectar est forte en début de journée, car c'est le moment où le nectar est le plus abondant avant de se raréfier au cours de la journée (Steffan-Dewenter & Tschardt, 2000)

La pente exerce une influence directe sur la probabilité de présence des abeilles. Une augmentation de 10° de la pente multiplie par 1,5 les cotes de présence, ce qui suggère une préférence nette pour des terrains en pente. Ce résultat est cohérent avec la littérature, qui souligne que la pente influence certaines propriétés abiotiques du sol : elle favorise le drainage, réduit la stagnation de l'eau et limite la compaction. L'inclinaison accentue également l'exposition au vent et à la pluie, ce qui renforce le ruissellement et contribue à maintenir un substrat meuble et sec en surface, propice à la nidification (J. Cane, 1991; Harmon-Threatt, 2020; Tsiolis *et al.*, 2022).

Les autres variables testées, telles que la texture du sol ou la couverture végétale, n'ont pas montré d'effet significatif sur la probabilité de présence des abeilles. Ce résultat est en contradiction avec de nombreuses études qui montrent que ces facteurs peuvent constituer des contraintes écologiques majeures pour certaines espèces terricoles. Par exemple, plusieurs espèces psammophiles comme *Dasygoda hirtipes*, *Panurgus calcaratus*, *Andrena vaga* ou *Colletes cunicularius* présentent une nette affinité pour les substrats meubles et sableux, bien drainés et faiblement compactés (Bellmann, 2019; J. Cane, 1991; Michez *et al.*, 2019).

De même, la densité de la couverture végétale peut restreindre l'accès aux sols nus nécessaires à la nidification, en modifiant l'humidité, la température et le rayonnement solaire (Tsiolis *et al.*, 2022). Certaines espèces comme *Anthophora plumipes* ou *Eucera longicornis* sont connues pour nicher préférentiellement dans des zones dégagées, parfois inclinées, avec peu de végétation et une bonne exposition aux rayonnements solaires (Bellmann, 2019; Michez *et al.*, 2019).

Plusieurs biais pourraient expliquer l'absence d'effet significatif observé dans cette étude. D'une part, les sites étudiés ne couvrent pas toutes les conditions environnementales : les sols très argileux ou les milieux densément végétalisés sont peu représentés, ce qui empêche de détecter certaines préférences écologiques. D'autre part, la période d'échantillonnage débutée au mois de mai et donc centrée sur la saison estivale, a probablement favorisé les Halictidae, une famille plus abondante à cette période et majoritaire dans les échantillonnages (Michener, 2007; Michez *et al.*, 2019). Ce déséquilibre saisonnier peut masquer les contraintes spécifiques d'espèces printanières tels que celles de la famille des Andrenidae (Michener, 2007; Michez *et al.*, 2019). Ainsi, les résultats doivent être interprétés avec prudence, comme représentatifs de la faune estivale. Cependant, cette faune estivale mérite une attention particulière, car elle comprend plusieurs espèces en déclin et menacées d'extinction (Drossart *et al.*, 2019).

4. Abondance et diversité : effet combiné de la température et de la pente

Les modèles montrent que l'abondance et la diversité des abeilles sont influencées de manière significative par la température et la pente du site. Ces deux variables agissent de façon conjointe sur les conditions microclimatiques en créant des habitats favorables à la nidification (Antoine & Forrest, 2021; Potts *et al.*, 2005).

La température agit principalement en influençant l'activité des adultes et le développement larvaire (J. Cane, 1991). Une augmentation de 1°C de la température moyenne multiplie par 2 les cotes d'abondance et par 1,5 les cotes de diversité, ce qui confirme que des conditions thermiques

favorables permettent non seulement d'avoir un plus grand nombre d'individus, mais aussi une communauté d'espèces plus diversifiée (Roulston & Goodell, 2011).

La pente apparaît également comme un facteur positif important, indépendamment de son effet négatif sur la température. Une pente modérée, bien exposée, favorise un drainage efficace, élimine la stagnation de l'eau et limite le développement de pathogènes ou de moisissures (J. Cane, 1991; Tsiolis *et al.*, 2022). De plus, les pentes inclinées sont souvent moins colonisées par une végétation dense, ce qui laisse plus de surfaces de sol nu pour la nidification (Sardiñas & Kremen, 2014; Wuellner, 2001). Les résultats montrent qu'une augmentation de 10° de la pente multiplie par 1,4 la cote d'abondance et par 1,3 la cote de diversité, ce qui suggère que la topographie locale joue un rôle clé dans la structuration des communautés. Certaines espèces telles que *Colletes daviesanus*, *Anthophora retusa* ou *Anthophora plumipes*, nichent exclusivement dans des parois verticales, confirmant l'importance des reliefs dans le choix des sites de nidification (Bellmann, 2019; Michez *et al.*, 2019).

L'orientation, significative, confirme son importance dans les microclimats favorables à la nidification. L'angle optimal estimé entre l'est et le sud-est correspond à une exposition solaire qui maximise l'ensoleillement matinal, optimisant la température du sol et l'activité des abeilles (Willmer & Stone, 2004). C'est donc la combinaison de ces facteurs qui crée des microhabitats favorables pour la richesse et l'abondance d'abeilles sont maximales.

Conclusion et perspectives

Ce travail a permis d'identifier les principaux facteurs influençant la probabilité de nidification des abeilles terricoles dans les carrières. L'approche utilisée, fondée sur des modèles de prédiction thermique, de présence, d'abondance et de diversité, a permis de mieux comprendre les conditions microclimatiques favorables la nidification, souvent méconnues et pourtant essentielles.

Les résultats confirment qu'un sol plus chaud, une exposition comprise entre l'est et le sud, une pente modérée ainsi qu'une texture sableuse augmentent significativement la probabilité de nidification. L'analyse de la température montre que les abeilles pourraient privilégier des sites permettant un réchauffement rapide en matinée, ce qui favorise l'activité adulte et l'accès précoce aux ressources florales. Par ailleurs, l'abondance et la diversité augmentent dans les milieux présentant une variabilité en termes d'exposition et de pente, ce qui suggère l'importance de la mosaïque microtopographique dans le maintien d'une communauté diversifiée.

Ces résultats ouvrent des perspectives concrètes pour la conservation. Les carrières, souvent perçues comme des milieux dégradés, peuvent constituer des refuges de haute valeur écologique pour les abeilles terricoles lorsqu'elles sont gérées de manière adaptée. Le maintien de surfaces ouvertes non végétalisées, l'orientation sud-est de certains talus, l'utilisation locale de substrats sableux ou sableux-limoneux, ou encore la création de petites buttes ou zones en pente douce sont autant de mesures simples à mettre en œuvre.

Plusieurs travaux scientifiques confirment l'intérêt de tels aménagements. Par exemple, le maintien de zones de sol nu dans les pelouses calcaires augmente la diversité d'abeilles terricoles (Gardein *et al.*, 2022), tandis que certaines sablières offrent des habitats refuges à condition de conserver des substrats meubles faiblement végétalisés (Heneberg *et al.*, 2013). Dans des carrières actives, une gestion intégrant des pentes exposées, des substrats adaptés et une hétérogénéité topographique favorise la richesse spécifique (Kettermann *et al.*, 2022). Ces initiatives montrent qu'une gestion raisonnée avec des actions ciblées et compatibles avec l'exploitation, peut renforcer la valeur écologique de ces milieux et ainsi contribuer à la conservation des abeilles terricoles.

Toutefois, plusieurs limites de l'étude méritent d'être prises en compte. Les mesures de température ont été réalisées sur une période relativement courte, ce qui ne permet pas de capter l'ensemble de la variabilité thermique saisonnière. La texture du sol a été évaluée de manière générale, sans prise en compte directe de la compaction ou de la conductivité hydraulique, pourtant reconnues comme déterminantes pour certaines espèces. De plus, l'échantillonnage a été concentré sur une période restreinte de la saison, ce qui pourrait sous-estimer la diversité réelle.

Ces limites ouvrent la voie à des perspectives de recherche où il serait intéressant :

- D'intégrer des mesures de compaction et de conductivité hydraulique du sol.
- D'élargir les gradients étudiés, notamment pour les textures argileuses et les couvertures végétales denses.
- D'augmenter la fréquence d'enregistrement des mesures thermiques.
- De couvrir le printemps dans la période d'échantillonnage et optimiser le protocole pour couvrir une plus large gamme d'espèces.
- D'évaluer la pertinence des modèles dans d'autres milieux comme les terrils, les friches, *etc.*

Bibliographie

- Abdouni, I. E., Lhomme, P., Hamroud, L., Wood, T. J., Christmann, S., Rasmont, P., & Michez, D. (2021). Comparative ecology of two specialist bees : *Dasypoda visnaga* Rossi, 1790 and *Dasypoda maura* Pérez, 1895 (Hymenoptera, Melittidae). *Journal of Hymenoptera Research*, *81*, 109-126. <https://doi.org/10.3897/jhr.81.60528>
- Ackerman, J. D. (2000). Abiotic pollen and pollination : Ecological, functional, and evolutionary perspectives. *Plant Systematics and Evolution*, *222*(1), 167-185. <https://doi.org/10.1007/BF00984101>
- Aitchison, J. (1982). The Statistical Analysis of Compositional Data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, *44*(2), 139-160. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1982.tb01195.x>
- Akhalkatsi, M., Arabuli, G., & Togonidze, N. (2018). Plant species composition and diversity on the calcareous soils in around of the limestone quarry in Georgia, Caucasus region. *MOJ Food Processing & Technology*, *Volume 6*(Issue 3). <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2018.06.00172>
- Antoine, C. M., & Forrest, J. R. K. (2021). Nesting habitat of ground-nesting bees : A review. *Ecological Entomology*, *46*(2), 143-159. <https://doi.org/10.1111/een.12986>
- Bartomeus, I., Park, M. G., Gibbs, J., Danforth, B. N., Lakso, A. N., & Winfree, R. (2013). Biodiversity ensures plant–pollinator phenological synchrony against climate change. *Ecology Letters*, *16*(11), 1331-1338. <https://doi.org/10.1111/ele.12170>
- Batra, S., & Norden, B. (1996). Fatty Food for Their Brood : How Anthophora Bees Make and Provision Their Cells (Hymenoptera: Apoidea). *Memoirs of the Entomological Society of Washington*, 36-44.
- Beil, M., Kratochwil, A., Storm, C., & Schwabe, A. (2014). Community structure and diversity of vegetation and flower-visiting wild bees (Hymenoptera : Apoidea) in sandy dry grassland: Are there congruent characteristics? *Phytocoenologia*, *44*. <https://doi.org/10.1127/0340-269X/2014/0044-0587>
- Bellmann, H. (2019). *Abeilles, bourdons, guêpes et fourmis d'Europe* (Delachaux&Niestlé).
- Bétard, F. (2013). Patch-Scale Relationships Between Geodiversity and Biodiversity in Hard Rock Quarries : Case Study from a Disused Quartzite Quarry in NW France. *Geoheritage*, *5*(2), 59-71. <https://doi.org/10.1007/s12371-013-0078-4>

- Blukacz, E. A., Sprules, W. G., & Brunner, J. (2005). Use of the Bootstrap for Error Propagation in Estimating Zooplankton Production. *Ecology*, 86(8), 2223-2231. <https://doi.org/10.1890/04-0772>
- Bouget, C., & Duelli, P. (2004). The effects of windthrow on forest insect communities : A literature review. *Biological Conservation*, 118(3), 281-299. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.09.009>
- Brady, S. G., Schultz, T. R., Fisher, B. L., & Ward, P. S. (2006). Evaluating alternative hypotheses for the early evolution and diversification of ants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(48), 18172-18177. <https://doi.org/10.1073/pnas.0605858103>
- Brittain, C., Williams, N., Kremen, C., & Klein, A.-M. (2013). Synergistic effects of non-Apis bees and honey bees for pollination services. *Proceedings. Biological Sciences*, 280(1754), 20122767. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2767>
- Brooks, M., Kristensen, K., van Benthem, K., Magnusson, A., Berg, C., Nielsen, A., Skaug, H., Mächler, M., & Bolker, B. (2017). glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling. *The R Journal*, 9, 378-400. <https://doi.org/10.32614/RJ-2017-066>
- Burkle, L. A., Marlin, J. C., & Knight, T. M. (2013). Plant-Pollinator Interactions over 120 Years : Loss of Species, Co-Occurrence, and Function. *Science*, 339(6127), 1611-1615. <https://doi.org/10.1126/science.1232728>
- Cane, J. (1991). Soils of ground-nesting bees (Hymenoptera : Apoidea): Texture, moisture, cell depth and climate. *J.Kansas Entomol.Soc.*, 64, 406-413.
- Cane, J. (2021). A brief review of monolecty in bees and benefits of a broadened definition. *Apidologie*, 52(1), 17-22. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00785-y>
- Cane, J., Eickwort, G. C., Wesley, F. R., & Spielholz, J. (1983). Foraging, Grooming and Mate-seeking Behaviors of *Macropis nuda* (Hymenoptera, Melittidae) and Use of *Lysimachia ciliata* (Primulaceae) Oils in Larval Provisions and Cell Linings. *The American Midland Naturalist*, 110(2), 257-264. <https://doi.org/10.2307/2425267>
- Cane, J. H. (1981). Dufour's gland secretion in the cell linings of bees (Hymenoptera : Apoidea). *Journal of Chemical Ecology*, 7(2), 403-410. <https://doi.org/10.1007/BF00995762>
- Cane, J., & Love, B. (2021). Hygroscopic larval provisions of bees absorb soil water vapor and release liquefied nutrients. *Apidologie*, 52. <https://doi.org/10.1007/s13592-021-00883-5>

Cane, J., & Sipes, S. (2007). Characterizing floral specialization by bees : Analytical methods and a revised lexicon for oligolecty. In *Plant-Pollinator Interactions : From Specialization to Generalization* (p. 99-122).

Carvalho, L. G., Biesmeijer, J. C., Franzén, M., Aguirre-Gutiérrez, J., Garibaldi, L. A., Helm, A., Michez, D., Pöyry, J., Reemer, M., Schweiger, O., Leon van den, B., WallisDeVries, M. F., & Kunin, W. E. (2020). Soil eutrophication shaped the composition of pollinator assemblages during the past century. *Ecography*, *43*(2), 209-221. <https://doi.org/10.1111/ecog.04656>

Carvell, C., Roy, D. B., Smart, S. M., Pywell, R. F., Preston, C. D., & Goulson, D. (2006). Declines in forage availability for bumblebees at a national scale. *Biological Conservation*, *132*(4), 481-489. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.05.008>

Clarke, D., & Robert, D. (2018). Predictive modelling of honey bee foraging activity using local weather conditions. *Apidologie*, *49*(3), 386-396. <https://doi.org/10.1007/s13592-018-0565-3>

Cox, P. A., Grubb, P. J., Chaloner, W. G., Harper, J. L., & Lawton, J. H. (1997). Abiotic pollination : An evolutionary escape for animal-pollinated angiosperms. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, *333*(1267), 217-224. <https://doi.org/10.1098/rstb.1991.0070>

Danforth, B. N., Minckley, R. L., & Neff, J. L. (2019). *The Solitary Bees : Biology, Evolution, Conservation*. Princeton University Press.

Deckers, B., Kerselaers, E., Gulinck, H., Muys, B., & Hermy, M. (2005). Long-term spatio-temporal dynamics of a hedgerow network landscape in Flanders, Belgium. *Environmental Conservation*, *32*(1), 20-29. <https://doi.org/10.1017/S0376892905001840>

Drossart, M., Rasmont, P., Vanormelingen, P., Dufrene, M., Folschweiller, M., Pauly, A., Vereecken, N., Vray, S., Zambra, E., D'Haeseleer, J., & Michez, D. (2019). *Belgian Red List of Bees*.

Duchenne, F., Thébault, E., Michez, D., Gérard, M., Devaux, C., Rasmont, P., Vereecken, N. J., & Fontaine, C. (2020). Long-term effects of global change on occupancy and flight period of wild bees in Belgium. *Global Change Biology*, *26*(12), 6753-6766. <https://doi.org/10.1111/gcb.15379>

Egozcue, J. J., Pawlowsky-Glahn, V., Mateu-Figueras, G., & Barceló-Vidal, C. (2003). Isometric Logratio Transformations for Compositional Data Analysis. *Mathematical Geology*, *35*(3), 279-300. <https://doi.org/10.1023/A:1023818214614>

Ekroos, J., Kleijn, D., Batáry, P., Albrecht, M., Báldi, A., Blüthgen, N., Knop, E., Kovács-Hostyánszki, A., & Smith, H. G. (2020). High land-use intensity in grasslands constrains wild bee species

richness in Europe. *Biological Conservation*, 241, 108255.

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108255>

Exeler, N., Kratochwil, A., & Hochkirch, A. (2009). Restoration of riverine inland sand dune complexes : Implications for the conservation of wild bees. *Journal of Applied Ecology*, 46(5), 1097-1105. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01701.x>

Falk, S. (2006). The modern bee and wasp assemblages (Hymenoptera : Aculeata) of Warwickshire's calcareous quarries and spoilheaps, and the conservation issues facing them. *British Journal of Entomology & Natural History*, 19, 7-33.

Famoye, F. (2005). Count data modeling : Choice between generalized Poisson model and negative binomial model. *Journal of Applied Statistical Science*.

Fellendorf, M., Mohra, C., & Paxton, R. J. (2004). Devasting effects of river flooding to the ground-nesting bee, *Andrena vaga* (Hymenoptera : Andrenidae), and its associated fauna. *Journal of Insect Conservation*, 8(4), 311-312. <https://doi.org/10.1007/s10841-004-0514-5>

Filzmoser, P., Hron, K., & Templ, M. (2018). *Applied Compositional Data Analysis : With Worked Examples in R*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-96422-5>

Fiordaliso, W., Reverte, S., Ghisbain, G., Wood, T., Ruelle, E., Lefèbvre, A., Reese, A., Looockx, M., Michez, D., & Tougeron, K. (2025). Reconciling community-level responses of wild bees to highly anthropized landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 259, 105347.

<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2025.105347>

Fiordaliso, W., Reverte Saiz, S., Wood, T. J., Barbier, Y., Rasmont, P., Lefèbvre, A., Looockx, M., Reese, A., Ruelle, E., & Michez, D. (2022). Inventaire et conservation des abeilles sauvages (Hymenoptera : Anthophila) du sillon industriel hainuyer (Belgique). *Belgian Journal of Entomology*, 132. <https://orbi.umons.ac.be/handle/20.500.12907/44783>

Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J., & Vaissière, B. E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68(3), 810-821.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014>

Gardein, H., Fabian, Y., Westphal, C., Tschardtke, T., & Hass, A. (2022). Ground-nesting bees prefer bare ground areas on calcareous grasslands. *Global Ecology and Conservation*, 39, e02289.

<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02289>

Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., Kremen, C., Carvalheiro, L. G., Harder, L. D., Afik, O., Bartomeus, I., Benjamin, F., Boreux, V., Cariveau, D., Chacoff, N. P., Dudenhöffer, J. H., Freitas, B. M., Ghazoul, J., Greenleaf, S., ... Klein, A. M.

- (2013). Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science*, 339(6127), 1608-1611. <https://doi.org/10.1126/science.1230200>
- Gathmann, A., & Tscharrntke, T. (2002). Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology*, 71(5), 757-764. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.2002.00641.x>
- Gazzea, E., Montero-Silva, F., Oggioni, J., Cappellari, A., Cerretti, P., Mei, M., Paniccia, D., Battisti, A., & Marini, L. (2025). Recent forest storm events benefit pollinators regardless of windthrow characteristics. *Forest Ecology and Management*, 580, 122496. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2025.122496>
- Geiger, R., Aron, R. H., & Todhunter, P. (2003). *The Climate Near the Ground*. Rowman & Littlefield.
- Gentili, R., Casati, E., Ferrario, A., Monti, A., Montagnani, C., Caronni, S., & Citterio, S. (2020). Vegetation cover and biodiversity levels are driven by backfilling material in quarry restoration. *CATENA*, 195, 104839. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104839>
- Geslin, B., Le Féon, V., Folschweiller, M., Flacher, F., Carmignac, D., Motard, E., Perret, S., & Dajoz, I. (2016). The proportion of impervious surfaces at the landscape scale structures wild bee assemblages in a densely populated region. *Ecology and Evolution*, 6(18), 6599-6615. <https://doi.org/10.1002/ece3.2374>
- Ghisbain, G., Rosa, P., Bogusch, P., Flaminio, S., Divelec, R. L., Dorchin, A., Kasperek, M., Kuhlmann, M., Litman, J., Mignot, M., Müller, A., Praz, C., Radchenko, V. G., Rasmont, P., Risch, S., Roberts, S. P. M., Smit, J., Wood, T. J., Michez, D., & Reverté, S. (2023). The new annotated checklist of the wild bees of Europe (Hymenoptera : Anthophila). *Zootaxa*, 5327(1), Article 1. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5327.1.1>
- González-Varo, J. P., Biesmeijer, J. C., Bommarco, R., Potts, S. G., Schweiger, O., Smith, H. G., Steffan-Dewenter, I., Szentgyörgyi, H., Woyciechowski, M., & Vilà, M. (2013). Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(9), 524-530. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.05.008>
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957. <https://doi.org/10.1126/science.1255957>
- Greenleaf, S. S., Williams, N. M., Winfree, R., & Kremen, C. (2007). Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, 153(3), 589-596. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0752-9>

- Harder, L. D. (1983). Flower handling efficiency of bumble bees : Morphological aspects of probing time. *Oecologia*, 57(1), 274-280. <https://doi.org/10.1007/BF00379591>
- Harmon-Threatt, A. (2020). Influence of Nesting Characteristics on Health of Wild Bee Communities. *Annual Review of Entomology*, 65, 39-56. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-024955>
- Hartig, F. (2022). *DHARMA : Residual diagnostics for hierarchical (multi-level/mixed) regression models* (Version 0.4.6) [Logiciel]. <https://cran.r-project.org/package=DHARMA>
- Hefetz, A., Fales, H. M., & Batra, S. W. T. (1979). Natural Polyesters : Dufour's Gland Macrocylic Lactones Form Brood Cell Laminesters in Colletes Bees. *Science*, 204(4391), 415-417. <https://doi.org/10.1126/science.204.4391.415>
- Heinrich, B. (1993). *The Hot-Blooded Insects*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-10340-1>
- Hellström, S., Seidelmann, K., Colombo, R., Serra, G., Lora, G., Gaboardi, G. C., & Paxton, R. J. (2025). The ground-nesting bee *Anthophora plumipes* as a model species for assessing effects of soil-mediated pesticide exposure. *Apidologie*, 56(1), 20. <https://doi.org/10.1007/s13592-024-01145-w>
- Heneberg, P., Bogusch, P., & Řehounek, J. (2013). Sandpits provide critical refuge for bees and wasps (Hymenoptera : Apocrita). *Journal of Insect Conservation*, 17(3), 473-490. <https://doi.org/10.1007/s10841-012-9529-5>
- Henry, M., Béguin, M., Requier, F., (...), Odoux, J.-F., Aupinel, P., Aptel, J., Tchamitchian, S., & Decourtye, A. (2012). A Common Pesticide Decreases Foraging Success and Survival in Honey Bees. *Science*, 336(6079), 348-350. <https://doi.org/10.1126/science.1215039>
- Holmes, M. J., Tan, K., Wang, Z., Oldroyd, B. P., & Beekman, M. (2014). Why acquiesce? Worker reproductive parasitism in the Eastern honeybee (*Apis cerana*). *Journal of Evolutionary Biology*, 27(5), 939-949. <https://doi.org/10.1111/jeb.12366>
- Institut Royal Météorologique de Belgique. (2020). *Rapport climatique 2020*.
- Jacquemin, F., Violle, C., Rasmont, P., & Dufrene, M. (2017). Mapping the dependency of crops on pollinators in Belgium. *One Ecosystem*, 2. <https://doi.org/10.3897/oneeco.2.e13738>
- Karbassioon, A., & Stanley, D. A. (2023). Exploring relationships between time of day and pollinator activity in the context of pesticide use. *Basic and Applied Ecology*, 72, 74-81. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2023.06.001>

- Karbassioon, A., Yearlsey, J., Dirilgen, T., Hodge, S., Stout, J. C., & Stanley, D. A. (2023). Responses in honeybee and bumblebee activity to changes in weather conditions. *Oecologia*, *201*(3), 689-701. <https://doi.org/10.1007/s00442-023-05332-x>
- Kazenel, M. R., Wright, K. W., Griswold, T., Whitney, K. D., & Rudgers, J. A. (2024). Heat and desiccation tolerances predict bee abundance under climate change. *Nature*, *628*(8007), 342-348. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07241-2>
- Kettermann, M., Poniatowski, D., & Fartmann, T. (2022). Active management fosters species richness of wild bees in limestone quarries. *Ecological Engineering*, *182*, 106733. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106733>
- Kim, J., Williams, N., & Kremen, C. (2009). Effects of Cultivation and Proximity to Natural Habitat on Ground-nesting Native Bees in California Sunflower Fields. *Journal of the Kansas Entomological Society*, *79*, 309-320. <https://doi.org/10.2317/0507.11.1>
- Klatt, B. K., Holzschuh, A., Westphal, C., Clough, Y., Smit, I., Pawelzik, E., & Tscharntke, T. (2014). Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *281*(1775), 20132440. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2440>
- Klein, A.-M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2006). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *274*(1608), 303-313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Larsson, M., & Franzén, M. (2007). Critical resource levels of pollen for the declining bee *Andrena hattorfiana* (Hymenoptera, Andrenidae). *Biological Conservation*, *134*(3), 405-414. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.08.030>
- Lennartsson, T. (2002). Extinction Thresholds and Disrupted Plant–Pollinator Interactions in Fragmented Plant Populations. *Ecology*, *83*(11), 3060-3072. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[3060:ETADPP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[3060:ETADPP]2.0.CO;2)
- Liczner, A. R., & Colla, S. R. (2019). A systematic review of the nesting and overwintering habitat of bumble bees globally. *Journal of Insect Conservation*, *23*(5), 787-801. <https://doi.org/10.1007/s10841-019-00173-7>
- Lipton, A. E. (1992). Effects of Slope and Aspect Variations on Satellite Surface Temperature Retrievals and Mesoscale Analysis in Mountainous Terrain. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, *31*(3), 255-264. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1992\)031<0255:EOSAAB>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1992)031<0255:EOSAAB>2.0.CO;2)

LiQ-admin. (s. d.). Accueil. *Life in Quarries*. Consulté 4 mars 2025, à l'adresse <https://www.lifeinquarries.eu/>

López-Urbe, M. M., Morreale, S. J., Santiago, C. K., & Danforth, B. N. (2015). Nest Suitability, Fine-Scale Population Structure and Male-Mediated Dispersal of a Solitary Ground Nesting Bee in an Urban Landscape. *PLOS ONE*, *10*(5), e0125719. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125719>

Lybrand, R. A., Fedenko, J., Tfaily, M., & Rao, S. (2020). Soil properties and biochemical composition of ground-dwelling bee nests in agricultural settings. *Soil Science Society of America Journal*, *84*(4), 1139-1152. <https://doi.org/10.1002/saj2.20085>

Maes, D., Adriaens, T., Van de Meutter, F., Maebe, K., De Saeger, S., De Knijf, G., Hillaert, J., Spanhove, T., Vanormelingen, P., & Wils, C. (2024). *Important pollinator areas in Flanders (northern Belgium)* (Vol. 18). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. <https://doi.org/10.21436/inbor.102909095>

Maggi, T., Pardo, L., & Chreil, R. (2024). *Pollinator Diversity : Essential for Ecosystem Health and Food Security*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18982.95040>

Martinet, B., Dellicour, S., Ghisbain, G., Przybyla, K., Zambra, E., Lecocq, T., Boustani, M., Baghirov, R., Michez, D., & Rasmont, P. (2021). Global effects of extreme temperatures on wild bumblebees. *Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology*, *35*(5), 1507-1518. <https://doi.org/10.1111/cobi.13685>

McCune, B., & Keon, D. (2002). Equations for potential annual direct incident radiation and heat load. *Journal of Vegetation Science*, *13*(4), 603-606. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02087.x>

Melone, G. G., Stuligross, C., & Williams, N. M. (2024). Heatwaves increase larval mortality and delay development of a solitary bee. *Ecological Entomology*, *49*(3), 433-444. <https://doi.org/10.1111/een.13317>

METER Group. (2021). *Manuel Mini Disk Infiltrrometer*.

Michener, C. D. (1969). Comparative Social Behavior of Bees. *Annual Review of Entomology*, *14*(Volume 14, 1969), 299-342. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.14.010169.001503>

Michener, C. D. (2007). *The Bees of the World*. Johns Hopkins University Press. <https://doi.org/10.56021/9780801885730>

- Michez, D., Patiny, S., & Danforth, B. N. (2009). Phylogeny of the bee family Melittidae (Hymenoptera : Anthophila) based on combined molecular and morphological data. *Systematic Entomology*, 34(3), 574-597. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2009.00479.x>
- Michez, D., Rasmont, P., Terzo, M., & Vereecken, N. (2019). *Abeilles d'Europe*. NAP.
- Moroń, D., Skórka, P., Lenda, M., Rożej-Pabijan, E., Wantuch, M., Kajzer-Bonk, J., Celary, W., Mielczarek, Ł. E., & Tryjanowski, P. (2014). Railway Embankments as New Habitat for Pollinators in an Agricultural Landscape. *PLOS ONE*, 9(7), e101297. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101297>
- Müller, A., & Kuhlmann, M. (2008). Pollen hosts of western palaeartic bees of the genus *Colletes* (Hymenoptera : Colletidae): the Asteraceae paradox. *Biological Journal of the Linnean Society*, 95(4), 719-733. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2008.01113.x>
- Nieto, Stuart P.M. Roberts, James Kemp, & Pierre Rasmont. (2014). *European red list of bees*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/77003>
- Oke, T. R. (2006). *Boundary layer climates* (2nd ed). Routledge.
- Ollerton, J. (2017). Pollinator Diversity : Distribution, Ecological Function, and Conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48(Volume 48, 2017), 353-376. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022919>
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3), 321-326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>
- Orr, M. C., & Koch, H. (2023). Observations on nesting preferences and success in two species of Anthophora (Hymenoptera : Apidae). *Integrative Systematics: Stuttgart Contributions to Natural History*, 6(1), 95-98. <https://doi.org/10.18476/2023.161679>
- Pitts-Singer, T. L., Buckner, J. S., Freeman, T. P., & Guédot, C. (2012). Structural Examination of the Dufour's Gland of the Solitary Bees *Osmia lignaria* and *Megachile rotundata* (Hymenoptera : Megachilidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 105(1), 103-110. <https://doi.org/10.1603/AN11046>
- Population density | Statbel*. (s. d.). Consulté 4 avril 2025, à l'adresse <https://statbel.fgov.be/en/themes/population/structure-population/population-density>
- Portman, Z. M., & Tepedino, V. J. (2017). Convergent evolution of pollen transport mode in two distantly related bee genera (Hymenoptera : Andrenidae and Melittidae). *Apidologie*, 48(4), 461-472. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0489-8>

- Porto, R., Almeida, R., Cruz-Neto, O., Tabarelli, M., Viana, B., Peres, C., & Lopes, A. (2020). Pollination ecosystem services : A comprehensive review of economic values, research funding and policy actions. *Food Security*, 12. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01043-w>
- Potts, S., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines : Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Potts, S., 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. <https://doi.org/10.1111/j.0307-6946.2005.00662.x>
- Potts, S., & Willmer, P. (2003). Abiotic and biotic factors influencing nest-site selection by *Halictus rubicundus*, a ground-nesting halictine bee. *Ecological Entomology*, 22, 319-328. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.1997.00071.x>
- Qu'est-ce qu'un projet « LIFE » ? - Life Connexions*. (s. d.). Consulté 10 juin 2025, à l'adresse <https://www.life-connexions.eu/ce-projet/quest-ce-quun-projet-life>
- R: The R Project for Statistical Computing*. (s. d.). Consulté 10 mai 2025, à l'adresse <https://www.r-project.org/>
- Rader, R., Bartomeus, I., Garibaldi, L. A., Garratt, M. P. D., Howlett, B. G., Winfree, R., Cunningham, S. A., Mayfield, M. M., Arthur, A. D., Andersson, G. K. S., Bommarco, R., Brittain, C., Carvalheiro, L. G., Chacoff, N. P., Entling, M. H., Foully, B., Freitas, B. M., Gemmill-Herren, B., Ghazoul, J., ... Woyciechowski, M. (2016). Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(1), 146-151. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517092112>
- Rasmont, P., Franzén, M., Lecocq, T., Harpke, A., Roberts, S., Biesmeijer, J. C., Castro, L., Cederberg, B., Dvorak, L., Fitzpatrick, Ú., Gonseth, Y., Haubruge, E., Mahé, G., Manino, A., Michez, D., Neumayer, J., Ødegaard, F., Paukkunen, J., Pawlikowski, T., ... Schweiger, O. (2015). Climatic Risk and Distribution Atlas of European Bumblebees. *BioRisk*, 10, 1-236. <https://doi.org/10.3897/biorisk.10.4749>
- Raven, P., Johnson, G.-B., & Mason, K. (2020). *Biologie* (De Boeck).
- Rollin, O., Bretagnolle, V., Decourtye, A., Aptel, J., Michel, N., Vaissière, B., & Henry, M. (2013). Differences Of floral resource use between honey bees and wild bees in an intensive farming system. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 179, 78-86. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.07.007>

- Rollin, O., Vray, S., Dendoncker, N., Michez, D., Dufrêne, M., & Rasmont, P. (2020). Drastic shifts in the Belgian bumblebee community over the last century. *Biodiversity and Conservation*, 29(8), 2553-2573. <https://doi.org/10.1007/s10531-020-01988-6>
- Roulston, T. H., & Goodell, K. (2011). The role of resources and risks in regulating wild bee populations. *Annual Review of Entomology*, 56, 293-312. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120709-144802>
- Sardiñas, H. S., & Kremen, C. (2014). Evaluating nesting microhabitat for ground-nesting bees using emergence traps. *Basic and Applied Ecology*, 15(2), 161-168. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2014.02.004>
- Seleck, M., De Neve, V., Taymans, J., Gauquie, B., Mahy, G., & Calozet, M. (2022). *LIFE in Quarries (LIFE14 NAT/BE/000364)—Final Report*. <https://orbi.uliege.be/handle/2268/293119>
- Steffan-Dewenter, I., & Tschardt, T. (2000). Resource overlap and possible competition between honey bees and wild bees in central Europe. *Oecologia*, 122, 288-296. <https://doi.org/10.1007/s004420050034>
- Tomozii, B. (2002). *Nest architecture and external morphological description of pupa of the sweat bee Halictus quadricinctus F. (Hymenoptera : Apoidea: Halictidae)*. 48, 277-284.
- Tropek, R., Kadlec, T., Karesova, P., Spitzer, L., Kocarek, P., Malenovsky, I., Banar, P., Tuf, I. H., Hejda, M., & Konvicka, M. (2010). Spontaneous succession in limestone quarries as an effective restoration tool for endangered arthropods and plants. *Journal of Applied Ecology*, 47(1), 139-147. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01746.x>
- Tschanz, P., Vogel, S., Walter, A., Keller, T., & Albrecht, M. (2023). Nesting of ground-nesting bees in arable fields is not associated with tillage system per se, but with distance to field edge, crop cover, soil and landscape context. *Journal of Applied Ecology*, 60(1), 158-169. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14317>
- Tschanz, P., Walter, A., Keller, T., & Albrecht, M. (2024). A review of soil tillage impacts on ground-nesting wild bees – mechanisms, implications, and future research perspectives. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 375, 109224. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109224>
- Tsiolis, K., Potts, S., Garratt, M., Tilston, E., Burman, J., Rintoul-Hynes, N., & Fountain, M. (2022). The importance of soil and vegetation characteristics for establishing ground-nesting bee aggregations. *Journal of Pollination Ecology*, 32, 186-200. [https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2022\)682](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2022)682)

- Twerd, L., Banaszak-Cibicka, W., & Sandurska, E. (2019). What features of sand quarries affect their attractiveness for bees? *Acta Oecologica*, 96, 56-64.
<https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.03.005>
- Twerd, L., Sobieraj-Betlińska, A., & Szefer, P. (2021). Roads, railways, and power lines : Are they crucial for bees in urban woodlands? *Urban Forestry & Urban Greening*, 61, 127120.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127120>
- Van der Sluijs, J. P., Simon-Delso, N., Goulson, D., Maxim, L., Bonmatin, J.-M., & Belzunces, L. P. (2013). Neonicotinoids, bee disorders and the sustainability of pollinator services. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(3), 293-305.
<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.05.007>
- Vanderplanck, M., Gilles, H., Nonclercq, D., Duez, P., & Gerbaux, P. (2020). Asteraceae Paradox : Chemical and Mechanical Protection of Taraxacum Pollen. *Insects*, 11(5), Article 5.
<https://doi.org/10.3390/insects11050304>
- Vicens, N., & Bosch, J. (2000). Pollinating Efficacy of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera : Megachilidae, Apidae) on 'Red Delicious' Apple. *Environmental Entomology*, 29(2), 235-240. <https://doi.org/10.1093/ee/29.2.235>
- Wcislo, W. T., & Cane, J. H. (1996). Floral Resource Utilization by Solitary Bees (Hymenoptera : Apoidea) and Exploitation of Their Stored Foods by Natural Enemies. *Annual Review of Entomology*, 41(Volume 41, 1996), 257-286.
<https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.001353>
- Westphal, C., Bommarco, R., Carré, G., Lamborn, E., Morison, N., Petanidou, T., Potts, S. G., Roberts, S. P. M., Szentgyörgyi, H., Tscheulin, T., Vaissière, B. E., Woyciechowski, M., Biesmeijer, J. C., Kunin, W. E., Settele, J., & Steffan-Dewenter, I. (2008). Measuring Bee Diversity in Different European Habitats and Biogeographical Regions. *Ecological Monographs*, 78(4), 653-671.
<https://doi.org/10.1890/07-1292.1>
- Westrich, P. (1996). Habitat requirements of central European bees and the problems of partial habitats. In *Linnean Society symposium series* (Academic Press Limited, Vol. 18, p. 1-16).
- Willmer, P. G. (1982). Microclimate and the Environmental Physiology of Insects. In M. J. Berridge, J. E. Treherne, & V. B. Wigglesworth (Éds.), *Advances in Insect Physiology* (Vol. 16, p. 1-57). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2806\(08\)60151-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2806(08)60151-4)

Willmer, P. G., & Stone, G. N. (2004). Behavioral, Ecological, and Physiological Determinants of the Activity Patterns of Bees. In *Advances in the Study of Behavior* (Vol. 34, p. 347-466). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-3454\(04\)34009-X](https://doi.org/10.1016/S0065-3454(04)34009-X)

Winfree, R. (2010). The conservation and restoration of wild bees. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1195(1), 169-197. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05449.x>

Winfree, R., Reilly, J. R., Bartomeus, I., Cariveau, D. P., Williams, N. M., & Gibbs, J. (2018). Species turnover promotes the importance of bee diversity for crop pollination at regional scales. *Science*, 359(6377), 791-793. <https://doi.org/10.1126/science.aao2117>

Woodcock, B. A., Isaac, N. J. B., Bullock, J. M., Roy, D. B., Garthwaite, D. G., Crowe, A., & Pywell, R. F. (2016). Impacts of neonicotinoid use on long-term population changes in wild bees in England. *Nature Communications*, 7(1), 12459. <https://doi.org/10.1038/ncomms12459>

Wuellner, C. (2001). Nest site preference and success in a gregarious, ground-nesting bee *Dieunomia triangulifera*. *Ecological Entomology*, 24, 471-479. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.1999.00215.x>

Zardi, D., & Whiteman, C. D. (2013). Diurnal Mountain Wind Systems. In F. K. Chow, S. F. J. De Wekker, & B. J. Snyder (Éds.), *Mountain Weather Research and Forecasting : Recent Progress and Current Challenges* (p. 35-119). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4098-3_2

Zhang, R. (1997). Determination of Soil Sorptivity and Hydraulic Conductivity from the Disk Infiltrometer. *Soil Science Society of America Journal*, 61(4), 1024-1030. <https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100040005x>

Zurbuchen, A., Landert, L., Klaiber, J., Müller, A., Hein, S., & Dorn, S. (2010). Maximum Foraging Ranges in Solitary Bees : Only Few Individuals have the Capability to Cover Long Foraging Distances. *Biological Conservation - BIOL CONSERV*, 143, 669-676. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.12.003>

Annexes

Code_Station	Carbone	Humus	pH	Argile	Limon_fin	Limon_grossier	Limon_total	Sable_fin	Sable_grossier	Sable_total	Battance	CaCO3
LiQ.1.4	14,280	2,857	7,920	15,897	13,626	30,280	43,906	31,794	8,403	40,197	0,786	
LiQ.1.5	0,000	0,000	8,700	8,219	13,937	6,790	20,726	11,078	59,977	71,055	2,823	72,300
LiQ.1.6	1,460	0,293	7,660	12,125	13,640	10,609	24,250	27,357	36,269	63,625	1,756	30,300
LiQ.1.7	6,000	1,200	8,140	18,473	6,158	11,084	17,241	61,412	2,874	64,286	0,348	19,400
LiQ.1.8	9,970	1,995	8,070	14,677	10,537	19,193	29,731	52,085	3,507	55,592	0,658	
LiQ.2.4	1,240	0,248	8,270	18,284	15,999	27,807	43,806	32,272	5,638	37,909	1,906	7,600
LiQ.2.5	4,720	0,945	8,220	24,654	7,727	18,031	25,758	47,925	1,663	49,588	0,492	1,200
LiQ.2.6	3,220	0,645	8,240	41,774	14,811	17,089	31,900	25,520	0,805	26,325	0,478	3,400
LiQ.2.7	3,230	0,646	8,320	29,636	11,708	19,757	31,465	38,329	0,571	38,899	0,633	
LiQ.2.8	19,100	3,819	8,060	20,900	16,720	19,380	36,100	23,332	19,669	43,000	0,458	30,600
LiQ.3.4	2,310	0,462	7,080	25,946	8,771	14,618	23,388	49,408	1,257	50,665	0,773	
LiQ.3.5	3,460	0,692	7,140	43,697	13,331	14,442	27,774	27,418	1,111	28,529	0,581	
LiQ.3.6	12,690	2,537	3,020	42,807	46,247	6,115	52,362	3,012	1,819	4,831	1,085	
LiQ.3.7	5,840	1,168	7,740	23,297	14,131	32,463	46,593	28,200	1,910	30,110	1,154	3,900
LiQ.3.8	3,120	0,624	8,180	19,231	9,615	17,382	26,997	44,615	9,157	53,772	0,842	2,100
LiQ.4.4	0,650	0,131	8,500	13,528	22,922	19,916	42,838	20,126	23,508	43,634	3,025	2,100
LiQ.4.5	0,620	0,125	8,780	4,616	4,616	3,906	8,522	8,720	78,142	86,863	1,324	
LiQ.4.6	0,390	0,077	8,810	5,027	7,900	7,541	15,441	11,749	67,782	79,532	2,656	
LiQ.4.7	1,710	0,343	8,930	2,159	2,519	2,159	4,678	18,077	75,086	93,163	0,580	
LiQ.4.8	1,670	0,333	8,910	2,881	1,080	0,720	1,800	20,524	74,795	95,319	-0,034	
LiQ.5.4	3,020	0,604	7,300	30,652	16,821	20,185	37,007	28,678	3,663	32,342	1,040	1,700
LiQ.5.5	3,560	0,713	6,250	32,697	17,664	17,664	35,328	28,112	3,863	31,975	0,998	
LiQ.5.6	3,050	0,610	4,480	35,778	18,262	15,653	33,915	25,134	5,173	30,307	0,935	
LiQ.5.7	1,910	0,381	7,170	18,561	15,909	38,258	54,167	18,682	8,591	27,273	2,315	7,942
LiQ.5.8	4,360	0,872	8,060	22,318	18,403	10,963	29,366	14,816	33,500	48,316	0,942	
LiQ.6.4	1,050	0,211	7,860	20,783	24,184	47,612	71,796	7,255	0,166	7,421	2,972	

LiQ.6.5	0,770	0,153	7,550	22,642	15,094	47,925	63,019	13,736	0,604	14,340	2,313	
LiQ.6.6	3,400	0,680	7,540	14,120	24,153	30,841	54,994	10,003	20,883	30,886	2,730	
LiQ.6.7	2,610	0,521	3,100	23,492	15,914	27,660	43,574	32,222	0,712	32,934	1,554	
LiQ.6.8	9,140	1,829	7,860	15,928	17,066	14,411	31,478	11,514	41,080	52,594	0,892	2,400
LiQ.7.4	1,660	0,332	6,090	17,854	10,043	15,623	25,666	55,408	1,071	56,480	1,265	
LiQ.7.5	1,200	0,241	5,470	6,360	2,993	5,612	8,605	84,945	0,090	85,034	0,992	
LiQ.7.6	3,030	0,606	5,140	27,493	19,428	26,760	46,188	25,264	1,056	26,320	1,467	
LiQ.7.7	12,460	2,492	7,840	13,233	13,601	16,542	30,143	17,277	39,347	56,624	0,692	
LiQ.7.8	2,540	0,508	7,280	6,991	13,983	10,671	24,654	17,780	50,574	68,354	2,344	
LiQ.8.4	2,050	0,410	6,320	9,096	1,455	0,728	2,183	43,764	44,957	88,721	0,207	
LiQ.8.5	1,270	0,253	3,500	8,291	1,802	0,721	2,523	45,883	43,302	89,185	0,300	
LiQ.8.6	1,320	0,263	7,820	10,529	2,904	2,178	5,083	77,883	6,506	84,389	0,291	
LiQ.8.7	6,380	1,277	7,660	22,799	16,819	24,667	41,486	28,898	6,817	35,715	1,098	
LiQ.8.8	0,780	0,156	4,220	11,898	3,245	0,721	3,966	41,982	42,155	84,136	0,402	
LiQ.9.5	10,380	2,075	7,670	17,236	24,514	47,878	72,392	8,120	2,252	10,372	1,779	
LiQ.9.6	2,210	0,442	7,860	25,310	20,021	39,287	59,308	12,632	2,750	15,382	1,829	1,600
LiQ.9.7	1,210	0,242	3,230	10,815	2,163	3,605	5,768	70,252	13,165	83,417	0,449	
LiQ.9.8	0,630	0,126	7,780	15,183	24,772	41,953	66,725	10,836	7,256	18,092	4,017	22,900

ANNEXE 1 : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES.

Code_Station	Toponyme	Latitude	Longitude	Altitude	Pente	Orientation	Recouvrement	Pierres
LiQ.1.4	Carrière de Gaurain	50,60776	3,47285	40	29	125	57,8104	4
LiQ.1.5	Carrière de Gaurain	50,60666	3,48838	62	0	30	21,8983	103
LiQ.1.6	Carrière de Gaurain	50,60842	3,49029	39	55	280	39,1961	29
LiQ.1.7	Carrière de Gaurain	50,6088	3,49405	65	23	155	98,173	0
LiQ.1.8	Carrière de Gaurain	50,60833	3,4942	81	52	95	83,9423	0
LiQ.2.4	Carrière du Milieu	50,59257	3,45938	73	49	130	13,1687	86
LiQ.2.5	Carrière du Milieu	50,59254	3,45937	82	1	360	61,3438	8
LiQ.2.6	Carrière du Milieu	50,59464	3,45341	80	39	170	22,151	79
LiQ.2.7	Carrière du Milieu	50,59477	3,45302	85	38	270	1,5243	68
LiQ.2.8	Carrière du Milieu	50,58546	3,47378	57	1	60	92,5715	1
LiQ.3.4	Carrière d'Antoing	50,57578	3,45189	-58	18	180	0	92
LiQ.3.5	Carrière d'Antoing	50,57614	3,45239	-44	5	295	4,9377	81
LiQ.3.6	Carrière d'Antoing	50,57819	3,45002	29	40	135	0	16
LiQ.3.7	Carrière d'Antoing	50,57224	3,45302	39	42	120	88,8896	90
LiQ.3.8	Carrière d'Antoing	50,57227	3,45331	37	31	275	4,9051	74
LiQ.4.4	Carrière de Lessines	50,70865	3,84887	29	39	190	2,1183	104
LiQ.4.5	Carrière de Lessines	50,71278	3,84774	36	81	160	1,3889	0
LiQ.4.6	Carrière de Lessines	50,71273	3,84667	58	33	270	0	0
LiQ.4.7	Carrière de Lessines	50,70033	3,85594	34	31	155	0	1
LiQ.4.8	Carrière de Lessines	50,70037	3,85538	35	31	335	4,2537	0
LiQ.5.4	Carrière de l'Ermitage	50,70854	3,86386	43	42	30	28,2603	0
LiQ.5.5	Carrière de l'Ermitage	50,70886	3,86369	44	1	115	7,3625	26
LiQ.5.6	Carrière de l'Ermitage	50,70897	3,86359	41	38	260	8,1298	9
LiQ.5.7	Carrière de l'Ermitage	50,70928	3,86306	51	71	130	9,5241	0
LiQ.5.8	Carrière de l'Ermitage	50,70957	3,8634	32	36	360	25,2702	406
LiQ.6.4	Carrière de Bierghes	50,68643	4,09361	52	43,5	275	2,4114	0
LiQ.6.5	Carrière de Bierghes	50,68641	4,09337	59	35	140	3,138	0
LiQ.6.6	Carrière de Bierghes	50,68503	4,10468	82	1	30	2,8318	70
LiQ.6.7	Carrière de Bierghes	50,68576	4,10282	55	39	300	0	0
LiQ.6.8	Carrière de Bierghes	50,68368	4,10765	96	1	145	9,423	63

LiQ.7.4	Carrière de Quenast	50,65872	4,16109	102	24	340	4,4912	33
LiQ.7.5	Carrière de Quenast	50,65841	4,16159	117	4	265	11,8278	8
LiQ.7.6	Carrière de Quenast	50,65466	4,14813	107	46	10	34,6889	18
LiQ.7.7	Carrière de Quenast	50,6663	4,15045	71	45	240	23,1831	26
LiQ.7.8	Carrière de Quenast	50,66615	4,15008	78	39	340	24,9602	148
LiQ.8.4	Carrière du Clypot	50,58152	4,01042	118	80	215	0	4
LiQ.8.5	Carrière du Clypot	50,58147	4,01052	124	49	330	0	16
LiQ.8.6	Carrière du Clypot	50,58169	4,01001	113	1	85	1,5052	154
LiQ.8.7	Carrière du Clypot	50,57487	3,99708	82	46	350	42,6615	37
LiQ.8.8	Carrière du Clypot	50,57412	3,9994	90	33	220	21,1446	66
LiQ.9.5	Carrière du Hainaut	50,56371	4,041134	92	58	180	95,7033	0
LiQ.9.6	Carrière du Hainaut	50,57151	4,04405	88	69	180	0,1506	0
LiQ.9.7	Carrière du Hainaut	50,55895	4,03592	95	46	230	0	7
LiQ.9.8	Carrière du Hainaut	50,55913	4,03586	124	49	290	54,5845	71

ANNEXE 2 : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES PARAMÈTRES MESURÉS SUR LE TERRAIN

Identifiant	Pays	Toponyme	Code_Station	Date	Round	Collecteur	Groupe	Famille	Genre_Espece	Sexe	Identificateur
LiQ.1.4-0001	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.4	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.1.4-0002	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.4	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.1.4-0003	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.4	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.1.6-0001	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_marshamella</i>	F	F Carion
LiQ.1.6-0002	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_succincta</i>	F	F Carion
LiQ.1.6-0003	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_pauxillum</i>	M	S Flaminio
LiQ.1.6-0004	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_parvulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.1.6-0005	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_parvulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.1.6-0006	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_miniatus</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.1.6-0007	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_sheppardana</i>	F	F Carion
LiQ.1.6-0008	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_parvulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.1.6-0009	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_sheppardana</i>	F	F Carion
LiQ.1.6-0010	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_sheppardana</i>	F	F Carion
LiQ.1.6-0011	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_sheppardana</i>	F	F Carion
LiQ.1.6-0012	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_sheppardana</i>	F	F Carion
LiQ.1.6-0013	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	F Cosa	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_sheppardana</i>	F	F Carion
LiQ.1.6-0014	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	F Cosa	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_sheppardana</i>	F	F Carion
LiQ.1.6-0015	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	F Cosa	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_sheppardana</i>	F	F Carion
LiQ.1.6-0016	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	A Marin	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_succincta</i>	F	F Carion
LiQ.1.6-0017	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	A Marin	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_sheppardana</i>	F	F Carion
LiQ.1.6-0018	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	A Marin	Autre	Autre	<i>Autre</i>		
LiQ.1.6-0019	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	A Marin	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_parvulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.1.6-0020	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	A Marin	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_parvulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.1.6-0021	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	A Marin	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_parvulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.1.6-0022	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	A Marin	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_parvulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.1.6-0023	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	A Marin	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_nitidiusculum</i>	M	S Flaminio
LiQ.1.6-0024	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	13.05.2024	1	A Marin	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_monilicornis</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.1.7-0001	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.7	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_pauxillum</i>	M	S Flaminio
LiQ.1.7-0002	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.7	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_albilabris</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.1.7-0003	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.7	13.05.2024	1	A Marin	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_albilabris</i>	F	W Fiordaliso

LiQ.1.7-0004	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.7	13.05.2024	1	A Marin	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_albilabris</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.1.8-0001	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.8	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Andrenidae	<i>Andrena_nitida</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.1.8-0002	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.8	13.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_flavoguttata</i>	F	F Carion
LiQ.1.8-0003	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.8	13.05.2024	1	F Cosa	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_sheppardana</i>	F	F Carion
LiQ.1.8-0004	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.8	13.05.2024	1	F Cosa	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_albilabris</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.2.4-0001	Belgique	Carrière du Milieu	LiQ.2.4	29.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_quadricinctus</i>	F	T Brau
LiQ.2.5-0001	Belgique	Carrière du Milieu	LiQ.2.5	29.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Seladonia_tumulorum</i>	F	S Flaminio
LiQ.3.4-0001	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.4	07.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Colletidae	<i>Colletes_cunicularius</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.3.4-0002	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.4	07.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_monilicornis</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.4.4-0001	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	23.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.4.4-0002	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	23.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.4.4-0003	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	23.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.4.4-0004	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	23.05.2024	1	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.4.4-0005	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	23.05.2024	1	F Cosa	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_puncticeps</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.4.4-0006	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	23.05.2024	1	A Marin	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.4.4-0007	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	23.05.2024	1	A Marin	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.5.7-0001	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	31.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_miniatus</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.5.7-0002	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	31.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.6.5-0001	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	30.05.2024	1	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.6.8-0001	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.8	30.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.8.8-0001	Belgique	Carrière du Clypot	LiQ.8.8	24.05.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.9.7-0001	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.7	22.05.2024	1	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.9.4-0001	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.4	22.05.2024	1	D Evrard	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.9.4-0002	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.4	22.05.2024	1	D Evrard	Autre	Autre	<i>Autre</i>		
LiQ.9.4-0003	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.4	22.05.2024	1	D Evrard	Autre	Autre	<i>Autre</i>		
LiQ.9.4-0004	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.4	22.05.2024	1	D Evrard	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_pauxillum</i>	M	S Flaminio
LiQ.9.6-0001	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.6	03.06.2024	1	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_parvulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.9.6-0002	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.6	03.06.2024	1	F Cosa	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_parvulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.9.6-0003	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.6	03.06.2024	1	F Cosa	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_parvulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.9.6-0004	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.6	03.06.2024	1	A Marin	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_albilabris</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.3.4-0003	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.4	04.06.2024	2	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_laticeps</i>	F	S Flaminio

LiQ.3.4-0004	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.4	04.06.2024	2	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_laticeps</i>	F	S Flaminio
LiQ.3.4-0005	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.4	04.06.2024	2	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_malachurum</i>	F	S Flaminio
LiQ.3.6-0001	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.6	04.06.2024	2	V Fragapane	Anthophila	Andrenidae	<i>Andrena_bicolor</i>	M	W Fiordaliso
LiQ.4.4-0008	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	12.06.2024	2	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.4.4-0009	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	12.06.2024	2	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_miniatus</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.4.4-0010	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	12.06.2024	2	V Fragapane	Autre	Autre	<i>Autre</i>		
LiQ.4.4-0011	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	12.06.2024	2	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.4.4-0012	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	12.06.2024	2	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.4.4-0013	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	12.06.2024	2	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.4.4-0014	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	12.06.2024	2	F Cosa	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.4.4-0015	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	12.06.2024	2	F Cosa	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.4.4-0016	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	12.06.2024	2	F Cosa	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.4.4-0017	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	12.06.2024	2	F Cosa	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.4.4-0018	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	12.06.2024	2	F Cosa	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.4.5-0001	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.5	12.06.2024	2	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_laticeps</i>	F	S Flaminio
LiQ.4.5-0002	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.5	12.06.2024	2	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_laticeps</i>	F	S Flaminio
LiQ.4.5-0003	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.5	12.06.2024	2	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_laticeps</i>	F	S Flaminio
LiQ.4.5-0004	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.5	12.06.2024	2	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_laticeps</i>	F	S Flaminio
LiQ.4.5-0005	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.5	12.06.2024	2	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_laticeps</i>	F	S Flaminio
LiQ.4.5-0006	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.5	12.06.2024	2	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_laticeps</i>	F	S Flaminio
LiQ.4.5-0007	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.5	12.06.2024	2	A Marin	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_laticeps</i>	F	S Flaminio
LiQ.4.5-0008	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.5	12.06.2024	2	A Marin	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_laticeps</i>	F	S Flaminio
LiQ.4.5-0009	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.5	12.06.2024	2	A Marin	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_laticeps</i>	F	S Flaminio
LiQ.8.4-0001	Belgique	Carrière du Clypot	LiQ.8.4	24.06.2024	2	V Fragapane	Autre	Autre	<i>Autre</i>		
LiQ.8.4-0002	Belgique	Carrière du Clypot	LiQ.8.4	24.06.2024	2	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.8.4-0003	Belgique	Carrière du Clypot	LiQ.8.4	24.06.2024	2	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.8.4-0004	Belgique	Carrière du Clypot	LiQ.8.4	24.06.2024	2	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.8.4-0005	Belgique	Carrière du Clypot	LiQ.8.4	24.06.2024	2	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.8.4-0006	Belgique	Carrière du Clypot	LiQ.8.4	24.06.2024	2	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.8.4-0007	Belgique	Carrière du Clypot	LiQ.8.4	24.06.2024	2	V Fragapane	Autre	Autre	<i>Autre</i>		
LiQ.8.4-0008	Belgique	Carrière du Clypot	LiQ.8.4	24.06.2024	2	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		

LiQ.8.4-0009	Belgique	Carrière du Clypot	LiQ.8.4	24.06.2024	2	V	Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.2.4-0002	Belgique	Carrière du Milieu	LiQ.2.4	25.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Megachilidae	<i>Hoplitis_leucomelana</i>	M	C Tourbez
LiQ.2.4-0003	Belgique	Carrière du Milieu	LiQ.2.4	25.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Megachilidae	<i>Anthidium_punctatum</i>	F	C Tourbez
LiQ.2.4-0004	Belgique	Carrière du Milieu	LiQ.2.4	25.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_quadricinctus</i>	F	T Brau
LiQ.2.4-0005	Belgique	Carrière du Milieu	LiQ.2.4	25.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_quadricinctus</i>	F	T Brau
LiQ.2.4-0006	Belgique	Carrière du Milieu	LiQ.2.4	25.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_quadricinctus</i>	F	T Brau
LiQ.2.4-0007	Belgique	Carrière du Milieu	LiQ.2.4	25.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_quadricinctus</i>	F	T Brau
LiQ.2.4-0008	Belgique	Carrière du Milieu	LiQ.2.4	25.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_quadricinctus</i>	F	T Brau
LiQ.2.4-0009	Belgique	Carrière du Milieu	LiQ.2.4	25.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_quadricinctus</i>	F	T Brau
LiQ.2.4-0010	Belgique	Carrière du Milieu	LiQ.2.4	25.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_quadricinctus</i>	F	T Brau
LiQ.2.4-0011	Belgique	Carrière du Milieu	LiQ.2.4	25.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_quadricinctus</i>	F	T Brau
LiQ.2.4-0012	Belgique	Carrière du Milieu	LiQ.2.4	25.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_quadricinctus</i>	F	T Brau
LiQ.6.4-0001	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.4	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.6.4-0002	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.4	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_puncticeps</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.6.4-0003	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.4	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.6.5-0002	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_monilicornis</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.6.5-0003	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_malachurum</i>	F	S Flaminio
LiQ.6.5-0004	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.6.5-0005	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.6.5-0006	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.6.5-0007	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.6.5-0008	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.6.5-0009	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.6.5-0010	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.6.5-0011	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.6.5-0012	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.6.5-0013	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.6.5-0014	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.6.5-0015	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.6.5-0016	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.6.5-0017	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_quadricinctus</i>	F	T Brau

LiQ.6.5-0018	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.6.5-0019	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.6.5-0020	Belgique	Carrière de Bierghes	LiQ.6.5	26.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.5.4-0001	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.4	27.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_miniatus</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.5.7-0003	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	27.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.5.7-0004	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	27.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_miniatus</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.5.7-0005	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	27.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_puncticeps</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.5.7-0006	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	27.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.5.7-0007	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	27.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.5.7-0008	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	27.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_nitidiusculum</i>	M	S Flaminio
LiQ.5.7-0009	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	27.06.2024	2	V	Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.5.7-0010	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	27.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_puncticeps</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.5.7-0011	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	27.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_miniatus</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.5.7-0012	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	27.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_crassus</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.5.7-0013	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	27.06.2024	2	V	Fragapane	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_sheppardana</i>	F	F Carion
LiQ.5.7-0014	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	27.06.2024	2	V	Fragapane	Autre	Autre	<i>Autre</i>		
LiQ.9.6-0005	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.6	28.06.2024	2	V	Fragapane	Autre	Autre	<i>Autre</i>		
LiQ.9.6-0006	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.6	28.06.2024	2	V	Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.9.6-0007	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.6	28.06.2024	2	V	Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.9.6-0008	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.6	28.06.2024	2	V	Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.9.6-0009	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.6	28.06.2024	2	F	Cosa	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.9.6-0010	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.6	28.06.2024	2	F	Cosa	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.9.6-0011	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.6	28.06.2024	2	F	Cosa	Autre	Autre	<i>Autre</i>		
LiQ.3.4-0006	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.4	02.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_laticeps</i>	F	S Flaminio
LiQ.3.4-0007	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.4	02.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_monilicornis</i>	M	W Fiordaliso
LiQ.3.4-0008	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.4	02.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_monilicornis</i>	M	W Fiordaliso
LiQ.3.4-0009	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.4	02.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_monilicornis</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.3.4-0010	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.4	02.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_laticeps</i>	F	S Flaminio
LiQ.3.6-0002	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.6	02.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.3.6-0003	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.6	02.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_leucozonium</i>	F	S Flaminio
LiQ.4.4-0019	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau

LiQ.4.4-0020	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Andrenidae	<i>Andrena flavipes</i>	F	W	Fiordaliso
LiQ.4.4-0021	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes monilicornis</i>	F	W	Fiordaliso
LiQ.4.4-0022	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes crassus</i>	M	W	Fiordaliso
LiQ.4.4-0023	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum morio</i>	F	S	Flaminio
LiQ.4.4-0024	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum morio</i>	F	S	Flaminio
LiQ.4.4-0025	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum semilucens</i>	F	S	Flaminio
LiQ.4.4-0026	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	V	Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.4.4-0027	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	V	Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.4.4-0028	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	V	Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.4.4-0029	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	V	Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.4.4-0030	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	V	Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.4.4-0031	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	V	Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.4.4-0032	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	V	Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.4.4-0033	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	V	Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.4.4-0034	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	V	Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.4.4-0035	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	F	Cosa	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.4.4-0036	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	F	Cosa	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.4.4-0037	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	F	Cosa	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.4.4-0038	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	F	Cosa	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.4.4-0039	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	F	Cosa	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.4.4-0040	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	F	Cosa	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.4.4-0041	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	F	Cosa	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.4.4-0042	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	F	Cosa	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.4.4-0043	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	04.07.2024	3	F	Cosa	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.4.5-0010	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.5	04.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Colletidae	<i>Hyaleus hyalinatus</i>	M	R	Le Divelec
LiQ.4.5-0011	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.5	04.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes monilicornis</i>	M	W	Fiordaliso
LiQ.4.7-0001	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.7	04.07.2024	3	V	Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>			
LiQ.1.4-0004	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.4	08.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum pauxillum</i>	M	S	Flaminio
LiQ.1.4-0005	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.4	08.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Andrenidae	<i>Andrena flavipes</i>	M	W	Fiordaliso
LiQ.1.4-0006	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.4	08.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus scabiosae</i>	F	T	Brau
LiQ.1.4-0007	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.4	08.07.2024	3	V	Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus scabiosae</i>	F	T	Brau

LiQ.1.4-0008	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.4	08.07.2024	3	V Fragapane	Autre	Autre	<i>Autre</i>		
LiQ.1.4-0009	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.4	08.07.2024	3	V Fragapane	Autre	Autre	<i>Autre</i>		
LiQ.1.4-0010	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.4	08.07.2024	3	V Fragapane	Autre	Autre	<i>Autre</i>		
LiQ.1.4-0011	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.4	08.07.2024	3	F Cosa	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.1.4-0012	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.4	08.07.2024	3	F Cosa	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_pauxillum</i>	M	S Flaminio
LiQ.1.4-0013	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.4	08.07.2024	3	F Cosa	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_pauxillum</i>	M	S Flaminio
LiQ.1.4-0014	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.4	08.07.2024	3	F Cosa	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.1.4-0015	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.4	08.07.2024	3	F Cosa	Anthophila	Andrenidae	<i>Andrena_flavipes</i>	M	W Fiordaliso
LiQ.1.6-0025	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	08.07.2024	3	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_parvulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.1.6-0026	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	08.07.2024	3	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_parvulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.1.6-0027	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	08.07.2024	3	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_nitidiusculum</i>	M	S Flaminio
LiQ.1.6-0028	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	08.07.2024	3	V Fragapane	Autre	Wasp	–		
LiQ.1.6-0029	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	08.07.2024	3	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_parvulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.1.6-0030	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	08.07.2024	3	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_parvulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.1.6-0031	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	08.07.2024	3	F Cosa	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_parvulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.1.6-0032	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	08.07.2024	3	F Cosa	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_parvulum</i>	M	S Flaminio
LiQ.1.6-0033	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	08.07.2024	3	F Cosa	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_parvulum</i>	M	S Flaminio
LiQ.1.6-0034	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	08.07.2024	3	F Cosa	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.1.8-0005	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.8	08.07.2024	3	V Fragapane	Anthophila	Andrenidae	<i>Andrena_florea</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.1.8-0006	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.8	08.07.2024	3	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_parvulum</i>	M	S Flaminio
LiQ.1.8-0007	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.8	08.07.2024	3	F Cosa	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.8.4-0010	Belgique	Carrière du Clypot	LiQ.8.4	23.07.2024	3	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.8.4-0011	Belgique	Carrière du Clypot	LiQ.8.4	23.07.2024	3	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.9.6-0012	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.6	26.07.2024	3	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.5.7-0015	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	29.07.2024	3	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.5.7-0016	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	29.07.2024	3	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.5.7-0017	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	29.07.2024	3	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.5.7-0018	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	29.07.2024	3	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	M	S Flaminio
LiQ.5.7-0019	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	29.07.2024	3	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.5.7-0020	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	29.07.2024	3	V Fragapane	Autre	Autre	<i>Autre</i>		
LiQ.5.7-0021	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	29.07.2024	3	V Fragapane	Autre	Autre	<i>Autre</i>		

LiQ.2.4-0013	Belgique	Carrière du Milieu	LiQ.2.4	30.07.2024	3	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_quadricinctus</i>	F	T Brau
LiQ.4.4-0044	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	05.08.2024	4	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.4.4-0045	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	05.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_morio</i>	F	S Flaminio
LiQ.4.4-0046	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	05.08.2024	4	F Cosa	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_crassus</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.4.4-0047	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.4	05.08.2024	4	F Cosa	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.4.5-0012	Belgique	Carrière de Lessines	LiQ.4.5	05.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_morio</i>	F	S Flaminio
LiQ.1.4-0016	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.4	06.08.2024	4	V Fragapane	Autre	Autre	<i>Autre</i>		
LiQ.1.6-0035	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	06.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Halictus_scabiosae</i>	F	T Brau
LiQ.1.6-0036	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.6	06.08.2024	4	F Cosa	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_limbellum</i>	M	S Flaminio
LiQ.1.7-0005	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.7	06.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_zonata</i>	F	F Carion
LiQ.1.8-0008	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.8	06.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_monilicornis</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.1.8-0009	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.8	06.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Sphecodes_monilicornis</i>	F	W Fiordaliso
LiQ.1.8-0010	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.8	06.08.2024	4	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.1.8-0011	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.8	06.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_pauxillum</i>	M	S Flaminio
LiQ.1.8-0012	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.8	06.08.2024	4	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.1.8-0013	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.8	06.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_morio</i>	F	S Flaminio
LiQ.1.8-0014	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.8	06.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.1.8-0015	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.8	06.08.2024	4	V Fragapane	Autre	Autre	<i>Autre</i>		
LiQ.1.8-0016	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.8	06.08.2024	4	A Marin	Autre	Autre	<i>Autre</i>		
LiQ.1.8-0017	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.8	06.08.2024	4	A Marin	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.1.8-0018	Belgique	Carrière de Gaurain	LiQ.1.8	06.08.2024	4	A Marin	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.3.4-0011	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.4	07.08.2024	4	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.3.4-0012	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.4	07.08.2024	4	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.3.6-0004	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.6	07.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.3.6-0005	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.6	07.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	M	S Flaminio
LiQ.3.6-0006	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.6	07.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	M	S Flaminio
LiQ.3.6-0007	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.6	07.08.2024	4	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.3.6-0008	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.6	07.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_sp 1</i>		
LiQ.3.6-0009	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.6	07.08.2024	4	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.3.6-0010	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.6	07.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.3.6-0011	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.6	07.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	F	S Flaminio

LiQ.3.6-0012	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.6	07.08.2024	4	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.3.6-0013	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.6	07.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_leucozonium</i>	F	S Flaminio
LiQ.3.6-0014	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.6	07.08.2024	4	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.3.6-0015	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.6	07.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	F	S Flaminio
LiQ.3.6-0016	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.6	07.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_sheppardana</i>	F	F Carion
LiQ.3.6-0017	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.6	07.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Apidae	<i>Nomada_sheppardana</i>	F	F Carion
LiQ.3.6-0018	Belgique	Carrière d'Antoing	LiQ.3.6	07.08.2024	4	V Fragapane	Autre	Autre	<i>Autre</i>		
LiQ.9.6-0013	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.6	27.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_morio</i>	F	S Flaminio
LiQ.9.6-0014	Belgique	Carrière du Hainaut	LiQ.9.6	27.08.2024	4	F Cosa	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_morio</i>	F	S Flaminio
LiQ.5.7-0022	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	30.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	M	S Flaminio
LiQ.5.7-0023	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	30.08.2024	4	V Fragapane	Anthophila	Halictidae	<i>Lasioglossum_villosulum</i>	M	S Flaminio
LiQ.5.7-0024	Belgique	Carrière de l'Ermitage	LiQ.5.7	30.08.2024	4	V Fragapane	Autre	Wasp	<i>Wasp</i>		
LiQ.7.5-0001	Belgique	Carrière de Quenast	LiQ.7.5	04.09.2024	5	V Fragapane	Anthophila	Colletidae	<i>Colletes_hederae</i>	F	W Fiordaliso

ANNEXE 3 : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES ABEILLES COLLECTÉES