

## RAPPORT FINAL DU PROJET Bed 4 bees

### Des lits pour les abeilles en ville de Genève (2021-25)



#### Auteurs

Charlène Heiniger – Adjointe scientifique HES

Luce Renevey – Assistante HES

Fabienne Morch – Laborantine

Patrice Prunier – Professeur HES

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève  
Groupe Écologie Végétale Appliquée  
Route de Presinge 150  
CH-1254 Jussy



## TABLE DES MATIERES

1	Résumé .....	4
2	Introduction.....	5
2.1	État de la recherche .....	5
2.2	Questions et objectifs.....	6
3	Méthode.....	7
3.1	Inventaire et écologie de nidification des espèces d’abeilles terricoles présentes en ville de Genève.....	7
3.2	Cartographie des micro-habitats des parcs urbains genevois .....	7
3.3	Prospections in situ.....	8
3.4	Conception, réalisation et suivi de structures de nidification expérimentales.....	10
3.5	Facteurs environnementaux .....	12
4	Résultats.....	13
4.1	Inventaire et écologie de nidification des espèces d’abeilles terricoles présentes en ville de Genève.....	13
4.2	Cartographie des micro-habitats des parcs urbains genevois .....	18
4.3	Prospections in situ.....	23
4.4	Suivis des structures de nidification expérimentales.....	27
4.5	Facteurs environnementaux .....	29
5	Recommandations .....	32
5.1	Structures de nidification artificielles.....	32
5.2	Entretien courant des parcs.....	33
6	Conclusion.....	34
7	Bibliographie.....	35
8	Annexes.....	39
8.1	Fiche technique - structure de nidification pour les hyménoptères terricoles.....	40
8.2	Protocole de suivi des structures à hyménoptères .....	48
8.3	Thèse de bachelor de Timothé de Meris (2024) - Suivi de la colonisation d’infrastructures écologiques dédiées à la nidification des abeilles et autres Hyménoptères terricoles dans trois parcs de la ville de Genève .....	53
8.4	Thèse de bachelor de Simon Berchy (2025) - Abeilles terricoles dans les parcs de Genève : suivi de la colonisation d’infrastructures écologiques et analyse de facteurs abiotiques de nidification.....	111

## 1 RÉSUMÉ

La diminution de la diversité et de l'abondance des abeilles sauvages dans les zones urbaines est susceptible d'avoir des effets délétères sur le fonctionnement des écosystèmes urbains. La quantité croissante de données sur les conditions conduisant à une diversité élevée de ces organismes, à l'échelle locale et régionale, met en évidence l'effet bénéfique de la disponibilité des ressources alimentaires, de la diversité des micro-habitats et de la connectivité entre les espaces verts (trame verte urbaine).

Les parcs urbains sont particulièrement stratégiques, car ils peuvent abriter de grandes quantités de plantes à fleurs et bénéficient souvent d'une gestion différenciée favorisant la diversité des abeilles sauvages. Les espèces nichant dans les cavités semblent être favorisées par l'environnement urbain et sont souvent proportionnellement plus abondantes dans les villes. Cependant, la plupart des espèces d'abeilles sauvages nichent dans le sol. Les sites de nidification pour les abeilles terricoles apparaissent donc comme un facteur limitant dans ce contexte.

Très peu d'études portent sur les conditions optimales de nidification de ces espèces terricoles. Et encore moins testent expérimentalement l'attractivité de structures artificielles dédiées aux abeilles qui nichent dans le sol. Avec ce projet, nous proposons de combler cette lacune, en étudiant les micro-habitats qui servent de ressources de nidification pour les abeilles terricoles à Genève, et en fournissant davantage grâce à la construction de structures artificielles.

Nous proposons de combiner une approche prospective et expérimentale afin de fournir rapidement des solutions simples augmentant la disponibilité des micro-habitats ressources pour la nidification des abeilles terricoles dans les parcs urbains. Pour ce faire, nous avons identifié les sites de nidification existants dans six parcs genevois (Barton, Beaulieu, Eaux-Vives, La Grange, Mon Repos (inclus Moynier) et Perle du Lac), en utilisant les données disponibles dans la littérature, ainsi que des données recueillies *in situ*. Sur la base de ces résultats, nous avons proposé deux types de structures de nidification artificielles, appelées « buttes à hyménoptères », présentant différentes propriétés. Elles ont été mises en place dans trois parcs (Beaulieu, Barton et Eaux-Vives), et leur attractivité a été évaluée.

Près de 900 nids ont été relevés *in-situ* dans les six parcs urbains genevois par observation directe, le plus souvent sur des surfaces bien exposées au soleil. Des nids de quatre genres différents d'abeilles sauvages ont été observés (*Lasioglossum*, *Halictus*, *Andrena* et *Anthophora*).

Les deux types de buttes à hyménoptères artificielles se sont montrés attractifs pour les abeilles sauvages. En effet, plus de 400 nids ont été observés en 2024 et 2025 sur l'ensemble des buttes des trois parcs. La majorité des nids observés appartient à des espèces de la famille des Halictidés (*Lasioglossum* et *Halictus*). Des nids de quatre genres différents d'abeilles sauvages ont été observés sur les buttes (*Lasioglossum*, *Halictus*, *Andrena* et *Megachile*).

## 2 INTRODUCTION

### 2.1 État de la recherche

L'écologie urbaine a reçu une attention croissante au cours des deux dernières décennies (Barot et al. 2019). Dans ce cadre, de nombreuses études portent sur les conditions favorisant la biodiversité et sur les stratégies permettant de la valoriser (Dylewski et al. 2019, Majewska and Altizer 2020, Süle et al. 2025). Si des infrastructures "vertes" suffisantes et diversifiées - telles que des parcs, des jardins, des toitures végétalisées, etc. - sont disponibles, les villes peuvent fournir des habitats appropriés pour une remarquable diversité d'organismes (Angold et al. 2006, Baldock et al. 2015, Somme et al. 2016, Kratschmer et al. 2018, Lanner et al. 2019).

Parmi ces organismes, les espèces d'abeilles sauvages (Hymenoptera : Apoidea) ont été particulièrement bien étudiées, car elles apportent une contribution importante aux services écosystémiques, telles que la pollinisation des angiospermes cultivées et non cultivées (Garibaldi et al. 2013). En effet, une grande partie de la littérature sur la biodiversité urbaine prend les abeilles sauvages comme groupe de référence et met en évidence l'effet de la disponibilité des ressources sur la composition des communautés (Mach and Potter 2018). La disponibilité des ressources, le pourcentage de surface imperméable dans la matrice environnante, ainsi que la diversité et la connectivité des habitats ont été le plus souvent proposés comme les principaux facteurs qui influencent la diversité des abeilles sauvages dans les zones urbaines (Hernandez et al. 2009, Hennig and Ghazoul 2012, Geslin et al. 2016, Johansson et al. 2018, Pereira et al. 2021).

Toutefois, pour se développer et se reproduire pleinement, les abeilles ont également besoin de nidifier (Danforth et al. 2019). Les "hôtels à insectes" ont récemment connu un intérêt croissant, car ils sont faciles à construire et à disposer sur un balcon. Ils permettent des observations simples et constituent donc un outil de communication utile, mais il a été démontré que ces dispositifs ne favorisent que modérément la diversité des abeilles dans les villes (Maclvor and Packer 2015, Fortel et al. 2016). En effet, les abeilles qui nichent dans des cavités peuvent déjà trouver de nombreuses options pour nicher dans des structures artificielles (bâtiments, fissures dans les murs, etc.), qu'elles utilisent de manière opportuniste (Matteson et al. 2008).

Si les abeilles cavicoles ont gagné en visibilité grâce aux hôtels à insectes, la plupart des espèces d'abeilles nichent dans le sol (Danforth et al. 2019). On estime que sur 615 espèces d'abeilles sauvages présentes en Suisse (Müller and Praz 2024), plus de la moitié nidifient dans le sol (Amiet et al. 2001, Amiet et al. 2004, Amiet et al. 2007, Amiet et al. 2010, Amiet et al. 2014, Amiet et al. 2017), principalement dans les familles Halictidae, Andrenidae et Melittidae (Danforth et al. 2019).

Plusieurs auteurs ont montré que les espèces nichant dans des cavités sont proportionnellement plus abondantes dans les villes que dans les milieux naturels (Bates et al. 2011, Choate et al. 2018). Ils suggèrent également que la disponibilité des sites de nidification dans les zones urbaines peut être un facteur limitant pour les espèces d'abeilles nichant dans le sol (McIntyre and Hostetler 2001, Geslin et al. 2016, Ayers and Rehan 2025).

En outre, les études qui testent l'intérêt de fournir différents types de sites de nidification dans les zones urbaines pour ces espèces sont encore rares (voir Fortel et al. 2016). Quelques études récentes ont testé des structures de nidification créées artificiellement en milieu agricole (Neumüller et al. 2022, Fountain et al. 2023), mais aucune initiative de ce type n'a encore vu le jour en ville, à notre connaissance depuis les travaux de Fortel et de ses collègues en 2016. Ainsi, malgré la remarquable diversité d'abeilles terricoles et leur potentiel bénéfique en termes de services écosystémiques, nos connaissances sur la disponibilité des sites de nidification et sur les facteurs écologiques associés à la sélection de ces sites par les abeilles restent étonnamment pauvres (Harmon-Threatt 2020).

## 2.2 Questions et objectifs

À notre connaissance, les études de Fortel et al. (2016) à Lyon sont les seules recherches expérimentales qui testent des structures pour les abeilles terricoles dans un contexte urbain en Europe. Pourtant, de nombreux gestionnaires d'espaces verts cherchent à créer des conditions favorables à la biodiversité dans les villes. Actuellement, aucune structure de nidification artificielle pour les abeilles qui nichent dans le sol, aussi appelées abeilles terricoles, n'a été proposée ou largement appliquée en Suisse.

Nous savons que les abeilles sauvages peuvent choisir une variété de sites de nidification, en fonction de la texture du sol, de l'exposition, de la pente ou du couvert végétal dans des conditions naturelles (Cane 1991, Sardinias and Kremen 2014, Maher et al. 2019). Notre projet vise donc à tester si le fait d'apporter des micro-habitats ressources pour la nidification des abeilles terricoles peut être un outil permettant d'accroître la diversité et l'abondance de ce groupe dans les zones urbaines. Nous visons spécifiquement à répondre aux questions suivantes concernant ces espèces d'abeilles :

- Quel type de substrat est associé à plus de diversité et/ou d'abondance ?
- Comment le couvert végétal affecte-t-il la diversité et l'abondance ?
- Comment les perturbations externes, telles que le fauchage ou le piétinement, limitent la diversité et l'abondance ?

Finalement, en étudiant les propriétés de ces sites de nidification, notre étude a permis de développer des structures de nidification efficaces, dédiées aux espaces verts urbains, et faciles à mettre en œuvre. Une communication auprès du grand public, afin de le sensibiliser à l'extraordinaire diversité d'abeilles sauvages présente en ville, a également été mise en place via des panneaux explicatifs.

Nos principaux objectifs sont de :

1. **Identifier les substrats les plus prometteurs (étape 1)** (ou une combinaison de substrats), ainsi que la disposition optimale en matière de pente et d'exposition, qui convient le mieux à un grand nombre d'espèces.
2. **Concevoir et tester différents aménagements (étape 2)**, en mettant en place des infrastructures écologiques pour la promotion des espèces d'abeilles sauvages terricoles et vérifier leur efficacité.

Plus précisément, nos objectifs opérationnels sont les suivants :

- 1) Inventorier les espèces terricoles présentes dans les parcs genevois, sur la base des données collectées dans le cadre des précédents projets d'HEPIA et passer en revue de leur écologie de nidification, autant que possible, selon la disponibilité des données accessibles dans la littérature grise, pour enfin concevoir une base de données et typologie des espèces.
- 2) Cartographier les micro-habitats (nature du sol) dans les parcs sélectionnés selon une typologie dédiée.
- 3) Prospector *in situ* un maximum de micro-habitats favorables à la nidification des abeilles sauvages terricoles, via des observations directes, piégeage passif et caractérisation des sols utilisés.
- 4) Concevoir, réaliser et suivre la colonisation des structures de nidification en collaboration avec le Service des espaces verts de la ville de Genève (SEVE).
- 5) Analyser les facteurs environnementaux
- 6) Concevoir et réaliser des panneaux didactiques accompagnant les structures et coordination avec le service communication du SEVE.
- 7) Entretien des aménagements.

### 3 MÉTHODE

#### 3.1 Inventaire et écologie de nidification des espèces d'abeilles terricoles présentes en ville de Genève

Sur la base des deux projets HEPIA, AUSE et BeeFlora (RocheFort 2019, Heiniger et al. 2023), nous avons dressé la liste des espèces présentes dans cinq parcs urbains de la ville de Genève pour les années 2017 et 2019 (La Grange, Beaulieu, La Perle du Lac, Franchises et Trembley). Pour toutes ces espèces, nous avons utilisé les synopsis d'Amiet (Amiet et al. 2001, Amiet et al. 2004, Amiet et al. 2007, Amiet et al. 2010, Amiet et al. 2014, Amiet et al. 2017) afin de distinguer les espèces plus ou moins liées au sol et à ses annexes (bois mort, pierres) de celles strictement cavicoles. Pour ces espèces, des recherches plus approfondies ont été effectuées dans la littérature grise, c'est-à-dire, principalement des ouvrages qui n'ont pas été publiés dans des revues scientifiques. Outre les 6 volumes des synopsis d'Amiet, 9 ouvrages et un site internet ont été consultés (Müller et al. 1997, Michener 2007, Martin 2008, Amiet 2012, Zurbruchen 2012, Vereecken 2017, Danforth et al. 2019, Michez 2019, Westrich 2019, Ollerton 2020). Sur ces dix références, seuls cinq en plus des synopsis d'Amiet, ont fourni des informations précises sur l'écologie de nidification des espèces étudiées (4 en allemand et 1 en français ; Müller et al. 1997, Martin 2008, Amiet 2012, Michez 2019, Westrich 2019). Pour chaque espèce, toutes les informations disponibles sur leur écologie de nidification ont été relevées et une base de données écologiques a été élaborée. De plus, pour chaque espèce, la texture préférée, la profondeur des galeries et le diamètre de l'entrée ont été relevés, ainsi que l'inclinaison du sol et la densité de végétation, lorsque les informations étaient disponibles dans les ouvrages consultés.

#### 3.2 Cartographie des micro-habitats des parcs urbains genevois

Pour cette analyse, six parcs de la ville de Genève ont été sélectionnés, à savoir La Grange, Beaulieu, Mon Repos (inclus Moynier), La Perle du Lac, Barton et le parc des Eaux-Vives. La cartographie des micro-habitats a été réalisée en prenant en compte les données de terrain relevées à l'automne 2021 (La Grange, Beaulieu, Mon Repos et Moynier) puis à l'été 2024 (Les Eaux-Vives, La Perle du Lac et Barton) (de Meris 2024), sur la base de la carte des milieux du SIPV au 1 : 5'000 (SITG).

Les critères de description de la nature du sol découlent directement des recherches bibliographiques sur l'écologie de nidification des espèces terricoles présentes en ville de Genève. Les critères suivants ont été retenus pour la description et les relevés sur le terrain :

- Ensoleillement
- Recouvrement de la végétation de la strate herbacée
- Présence et nombre d'arbres isolés
- Formation végétale (cordon boisé, groupes d'arbres ou de buissons, buisson, milieu herbacé, haie, etc.)
- Tassement/piétinement du sol
- Niveau de gestion
- Pente
- Nature du sol et présence d'annexe du sol (litière, bois mort, pierre, gravier, pavés, copeaux de bois, paille, bryophyte, touffe d'herbe, plate-bande, trou de rongeurs, microtopographie).

Pour l'ensoleillement, le tassement/piétinement ainsi que le niveau de gestion, une évaluation semi-quantitative a été réalisée avec 5 niveaux (faible, moyen à faible, moyen, moyen à fort, fort). Le recouvrement de la végétation et la pente ont été évalués en pourcentage et moyennés pour l'ensemble d'un même polygone. La plupart des polygones respectent les délimitations dessinées sur la carte des

milieux au 1 : 5'000, toutefois, certains polygones ont été redessinés, soit parce qu'ils nécessitaient un redécoupage, soit parce qu'ils nécessitaient une fusion avec le ou les polygones adjacents.

### 3.3 Prospections in situ

Deux méthodes ont été utilisées pour repérer les nids d'un maximum d'espèces d'abeilles sauvages terrioles :

- 1) L'observation directe
- 2) Le piégeage passif

1) Pour l'observation directe, nous nous sommes basés sur la comparaison des données issues de la littérature avec la cartographie des micro-habitats des parcs de l'étude. Les micro-habitats favorables selon la littérature, c'est-à-dire montrant un faible recouvrement de la végétation et un ensoleillement important, ont été prospectés par des observations directes. Les nids des abeilles sauvages et autres Hyménoptères terrioles peuvent aisément être repérés à vue, soit parce qu'ils forment des tumuli, soit simplement par la présence d'un trou bien défini (Fig. 1).

À chaque fois que de tels éléments ont été repérés, nous avons vérifié que ces nids étaient bien occupés grâce à la pose d'un bocal à confiture directement sur le nid (Fig. 2).

Les abeilles ainsi piégées ont été photographiées, après avoir été préalablement passées au froid à l'aide de blocs réfrigérants. Ceci permet de réduire l'activité des spécimens et ainsi d'obtenir des clichés permettant l'identification à minima au niveau du genre. Cette méthode non destructive permet d'éviter la collecte des abeilles repérées. Deux sessions d'observations directes ont été effectuées à Beaulieu, La Grange et Mon Repos (inclus Moynier), entre mai et juillet 2022.



Figure 1 : Exemples de morphologies de nids d'abeilles sauvages. À gauche, un nid entouré d'un tumulus, à droite un nid sans tumulus, mais dont les bords sont bien définis.



Figure 2 : Capture des abeilles sauvages à la sortie du nid à l'aide d'un bocal à confiture.

Des prospections supplémentaires ont été effectuées dans les parcs de Beaulieu, La Grange, Mon Repos (inclus Moynier), La Perle du Lac, Barton et Les Eaux-Vives en 2024 et 2025 par M. de Meris et M. Bertschy, dans le cadre de leur travail de Bachelor en Gestion de la Nature (Tab. 1), (de Meris 2024, Bertschy 2025).

2) Le piégeage passif a été effectué à l'aide de pièges à émergence modifiés pour le projet. Les pièges ont été montés sur un cadre en bois muni de pieds dont la hauteur est ajustable selon la microtopographie du terrain, ce qui permet l'échantillonnage sur des surfaces accidentées. Une toile de moustiquaire a été ajoutée à chaque pan du cadre en bois, ce qui permet d'échantillonner davantage de surface avec un seul piège (Fig. 3).

Ces pièges à émergence modifiés ont été utilisés afin de repérer les nids des abeilles dans des microhabitats où l'observation directe n'était pas possible ou très peu efficace, soit à cause d'un recouvrement de la végétation trop important, soit, car le sol y était recouvert par d'autres éléments, comme des copeaux de bois, des graviers ou de la litière. Deux sessions d'échantillonnage ont été effectuées pour chaque parc entre mai et début août 2022 (Tab. 1), sauf à Mon Repos où un seul échantillonnage a été possible.

Tableau 1 : Dates d'échantillonnage (piégeage passif) et d'observations directes dans les six parcs de l'étude entre 2022 et 2025. Le nom des observateurs est indiqué selon leurs initiales : TdM : Timothé de Meris ; SB : Simon Bertschy et CH : Charlène Heiniger

Site	Date	Méthode	Observateur
Barton	24.06.2024	Observation directe	TdM
	12.06.2024		TdM
	28.05.2025		SB
	29.05.2025		SB
Beaulieu	10.05.2022	Observation directe	CH
	29.06.2022	Piégeage	CH
	29.06.2022		CH
	10.08.2022		CH
	19.06.2024	Observation directe	TdM
	27.05.2025		SB
	17.05.2025		SB
17.05.2025	SB		
Eaux-Vives	11.06.2024	Observation directe	TdM
	19.06.2024		TdM
	25.06.2024		TdM
	19.05.2025		SB
	25.05.2025		SB
Mon Repos	18.05.2022	Observation directe	CH
	01.07.2022	Piégeage	CH
	29.06.2022		CH
	24.06.2024	Observation directe	TdM
	31.05.2025		SB
	29.05.2025		SB
18.05.2025	SB		
La Grange	25.05.2022	Observation directe	CH
	08.07.2022	Piégeage	CH
	01.06.2022		CH
	08.07.2022	Observation directe	CH
	25.06.2024		TdM
	25.05.2025		SB
31.05.2025	SB		
Perle du lac	16.05.2025	Observation directe	SB
	24.06.2024		TdM
	28.05.2025		SB



Figure 3 : Piège à émergence modifié pour le projet.

### 3.4 Conception, réalisation et suivi de structures de nidification expérimentales

Deux types d'infrastructure écologique dédiées à la nidification des Hyménoptères terricoles ont été testés dans le cadre de cette étude :

- 1) La « butte lyonnaise modifiée », issue des retours d'expériences de l'association Arthropologia.
- 2) La « butte HEPIA », issue des recherches bibliographiques sur l'écologie de nidification des abeilles sauvages présentes à Genève et des prospections *in situ* (premières phases du projet).

Les données provenant de l'expérience de nos collègues de l'association Arthropologia à Lyon nous sont parvenues en 2022 (Vyghen and Mouret 2021). Ces résultats sont très encourageants et montrent que leurs « buttes à Hyménoptères » (Fig. 4) sont en effet colonisées par les abeilles sauvages. Les différentes textures des sols utilisés pour former ces buttes ne semblent pas avoir un impact très important sur la colonisation des espèces. Toutefois, la butte dite « limoneuse » montre la meilleure attractivité.



Figure 4 : Illustration des buttes à hyménoptères réalisées à Lyon dans le cadre du projet REHAB de l'association Arthropologia (Vyghen and Mouret 2021).

Grâce à cette expérience lyonnaise, nous savons que de simples buttes en terre fonctionnent pour accueillir la nidification d'au moins 17 genres d'abeilles sauvages. Nous proposons donc d'utiliser la butte lyonnaise modifiée comme témoin pour la comparaison de l'attractivité de notre proposition de structure. De plus, nous suivons les recommandations issues de leur retour d'expérience de « [...] tester des dispositifs (buttes, talus...) réalisés à partir du substrat du site même » et cela pour les deux types de structures (butte HEPIA et butte lyonnaise).

Afin de garantir au maximum l'attractivité de la nouvelle structure (butte HEPIA), nous nous sommes appuyés sur les données issues de la littérature (première phase du projet en 2021) d'une part, et des observations de terrain (réalisées en 2022, Prospection *in situ*) d'autre part.

Sur la base de ces recherches, une structure qui présente les caractéristiques suivantes a été proposée :

- Une zone de replat
- Une zone de pente
- Des parois verticales
- Une zone exempte de végétation
- Une zone faiblement végétalisée avec des espèces nectarifères communes, telle qu'*Achillea millefolium*
- Une zone pour les espèces saxicoles facultatives (mur en pierres sèches)

La structure qui correspond le mieux à ces caractéristiques et que nous avons proposée pour la troisième phase du projet (butte HEPIA), ressemble à une butte de terre adossée à un mur en pierres sèches qui se termine par un replat, suivi d'une creuse (Fig. 5). Dans un premier temps, nous avons proposé de laisser se végétaliser modérément une moitié de cette butte et de maintenir le sol nu via un désherbage manuel sur l'autre moitié. Au vu des résultats de l'année 2024, nous avons décidé de désherber entièrement la butte pour les suivis en 2025.

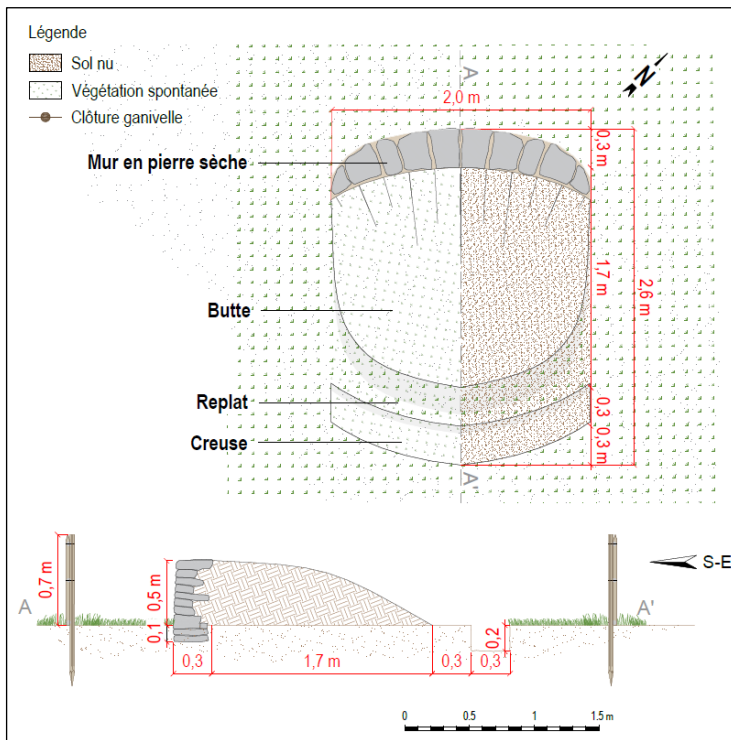


Figure 5 : Schéma de la proposition de structure expérimentale pour la nidification des abeilles sauvages terricoles (butte HEPIA).

La butte HEPIA et la butte lyonnaise modifiée ont été réalisées en utilisant, autant que possible, des matériaux présents sur place ou importés, mais qui sont issus des activités de la ville de Genève. Par exemple, les rondins de bois qui circonscrivent la butte lyonnaise sont tous issus de coupe d'arbres sur le territoire de la ville de Genève.

Le dispositif expérimental complet (butte HEPIA et butte lyonnaise, Fig. 6) a été réalisé à l'automne 2023, en collaboration avec les équipes du SEVE, dans trois parcs de la ville de Genève : Beaulieu les 31 octobre et 1<sup>er</sup> novembre 2023 ; Barton les 7 et 8 novembre 2023 et Plonjon les 14 et 15 novembre 2023. Les détails des étapes de réalisation des buttes sont disponibles en annexe 8.1 ainsi que dans le rapport d'activité 2023 du projet « Bed 4 Bees : des lits pour les abeilles dans les parcs genevois ».

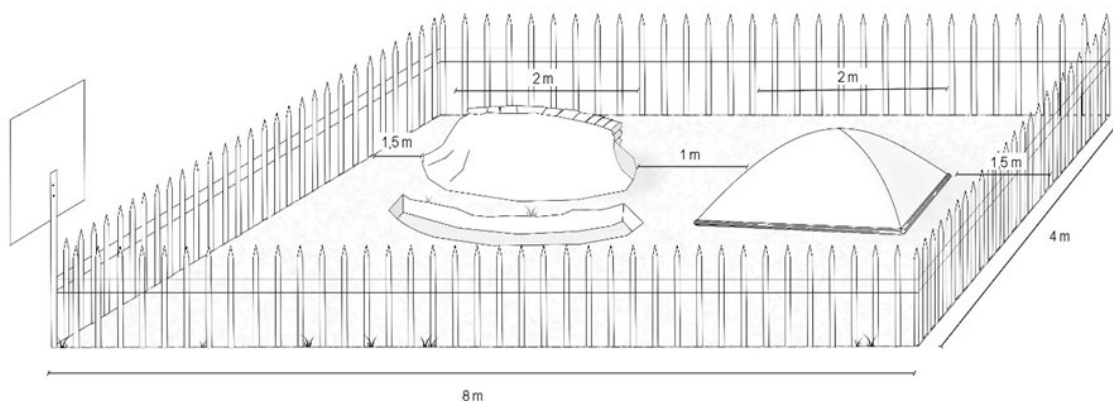


Figure 6 : Schéma de principe du dispositif complet (butte HEPIA à gauche et butte lyonnaise à droite).

Les suivis de la colonisation des buttes par les abeilles terricoles ont été réalisés sur deux années consécutives (mai à août 2024 et d'avril à août 2025). Au total, nous avons effectué 16 sessions de suivis (respectivement 9 et 7 en 2024 et 2025). Pour chaque session de suivi et chaque structure (butte lyonnaise et butte HEPIA), nous avons mis en œuvre le même protocole de récolte de données. Les buttes ont été observées 40 minutes, durant lesquelles toutes les abeilles actives à nidifier ont été comptabilisées et leur nid marqué. Les abeilles ont été capturées à la sortie du nid (après qu'elles y soient rentrées) et placées dans une glacière durant quelques minutes afin de réduire leur activité au maximum et permettre ainsi leur identification au niveau du genre, à l'aide d'une loupe de botaniste. Le protocole détaillé des suivis est disponible en annexe 8.2.

### 3.5 Facteurs environnementaux

Afin d'obtenir davantage d'informations sur les conditions optimales de nidification des abeilles terricoles, nous avons collecté du sol (entre 0 et 15 cm) à proximité de 17 nids d'abeilles sauvages repérés par prospection visuelle *in-situ* (points n° 1 à 7, 10 et 12 à 16 en 2022 et points n° 32, 51, 55, 56 et 72 en 2025, Fig 12). Du sol a également été prélevé à proximité de deux pièges à émergence qui ont révélé des abeilles terricoles (pièges n° 17 et 19, Fig 13).

De même, nous avons prélevé du sol directement sur les deux types de buttes et dans les trois parcs de l'étude afin de vérifier les propriétés des sols sur nos aménagements.

Le carbone organique (perte au feu), la densité apparente et la granulométrie ont été mesurés par le Laboratoire cantonal d'analyse des sols.

Un suivi thermique des deux types de butte a également été réalisé du 16 mai au 4 décembre 2025 dans les trois parcs de l'étude. Pour ce faire, des capteurs de température ont été placés à la surface de chaque butte et dans le sol de chaque butte, à 15 cm de profondeur. Les températures ont été enregistrées toutes les 30 minutes.

## 4 RÉSULTATS

### 4.1 Inventaire et écologie de nidification des espèces d'abeilles terricoles présentes en ville de Genève

Les projets AUSE (Rochefort 2019) et Bee flora (Heiniger et al. 2023) nous ont permis de compiler la liste des espèces présentes dans cinq parcs de la ville de Genève (La Perle, La Grange, Beaulieu, Franchises et Trembley). Toutes espèces confondues, nous avons relevé 145 espèces d'abeilles sauvages.

Selon la littérature consultée, sur les 145 espèces inventoriées dans les parcs genevois, 105 espèces réparties au sein de 16 genres, sont plus ou moins fortement liées au sol et à ses annexes pour leur nidification (Amiet et al. 2001, Amiet et al. 2004, Amiet et al. 2007, Amiet et al. 2010, Amiet et al. 2014, Amiet et al. 2017). Nous avons comptabilisé 80 espèces d'abeilles sauvages qui creusent leurs propres galeries dans le sol et 69 espèces qui utilisent des cavités préexistantes dans le sol ou ses annexes (Tab. 2; Fig. 7). Parmi les 80 espèces qui creusent leurs propres galeries, certaines d'entre elles peuvent également utiliser des structures préexistantes. À l'inverse, beaucoup d'espèces qui utilisent des cavités préexistantes dans le sol utilisent également d'autres types de cavités, telles que des fissures dans la roche, des interstices de murs en pierres sèches ou d'anciennes galeries creusées dans du bois mort par des larves de Coléoptères xylophages. Par exemple, toutes les espèces d'*Andrena* et de *Lasioglossum* creusent le plus souvent elles-mêmes leurs galeries. À l'inverse, une proportion plus faible d'espèces de bourdon (6 sur 9) et de *Megachile* (5 sur 8) creusent leurs propres galeries. Toutes les espèces de ces deux genres peuvent utiliser différents types de cavités préexistantes, telles que d'anciens nids de micromammifères pour les bourdons ou dans le bois mort pour le genre *Megachile*. Le cas du genre *Bombus* est particulier, puisque c'est le seul dans lequel on trouve plusieurs références indiquant que, chez ces espèces, les nids se trouvent souvent très proches de la surface, sous des touffes d'herbe ou sous une couche de bryophyte. Beaucoup d'espèces réutilisent d'anciens nids de micromammifères ou même des nichoirs à oiseaux ou encore des cavités dans des troncs d'arbres.

Au total, ce sont 9 catégories de substrat de nidification qui ont été retenues pour cette analyse. En effet, si la grande majorité des espèces terricoles creusent elles-mêmes leurs galeries, un nombre important d'espèces utilise également le sol comme substrat de nidification, sans creuser elles-mêmes leurs galeries, mais plutôt en réutilisant des cavités qui existent déjà dans le sol ou ses annexes :

- 1) **Galerie excavée par l'abeille** : lorsque l'espèce creuse elle-même ses propres galeries.
- 2) **Cavité préexistante dans le sol** : lorsque l'espèce utilise des fissures préexistantes dans le sol.
- 3) **Nids abandonnés d'hyménoptères** : lorsque l'espèce utilise d'anciens nids d'autres espèces d'hyménoptères terricoles.
- 4) **Nids abandonnés de micromammifères** : exclusivement chez le genre *Bombus*, lorsque l'espèce utilise d'anciens nids de rongeurs (ou parfois de taupes) dans le sol.
- 5) **Cavité préexistante dans du bois mort** : lorsque l'espèce utilise des cavités préexistantes dans le bois mort ou en voie de décomposition, le plus souvent creusée par des larves de Coléoptère xylophage.
- 6) **Cavité préexistante dans des bâtiments ou des murs** : certaines espèces qui utilisent le sol pour leur nidification peuvent aussi trouver refuge dans des cavités de structures anthropiques au-dessus du sol.
- 7) **Tige de plante creuse** : certaines espèces qui utilisent le sol pour leur nidification peuvent également trouver refuge dans des cavités des plantes.
- 8) **Cavité préexistante dans la roche ou sous des pierres** : certaines espèces qui utilisent le sol pour leur nidification peuvent également trouver refuge dans des cavités minérales.
- 9) **Sous des touffes d'herbes**

	Andrena	Anthidium	Anthophora	Bombus	Chelostoma	Colletes	Eucera	Halicictus	Heriades	Hylaeus	Lasiglossum	Macropis	Melitta	Megachile	Osmia	Panurgus	Nombre tot d'espèces
Nombre total d'espèce par genre	30	1	2	9	3	1	1	6	2	9	27	1	1	8	3	1	105
Creusé par l'abeille	30	0	1	6	0	1	1	6	0	0	27	1	1	5	0	0	80
Cavité pré-existante dans le Sol	2	1	1	3	0	1	0	0	0	4	1	0	0	7	2	0	22
Nid d'hyménoptère/Mamifère	0	1	0	9	0	0	0	1	0	3	0	0	0	3	2	0	19
Cavité pré-existante Bât/Mur	0	1	1	5	2	1	0	0	0	3	5	0	0	5	3	0	27
Gravier ou Ebouli	9	0	1	1	0	0	0	4	2	2	10	1	1	4	1	1	35
Tige de Plante	0	0	1	0	2	0	0	0	2	8	0	0	0	5	3	0	21
Cavité pré-existante dans le Bois	0	1	1	3	3	0	0	0	2	7	2	0	0	6	3	0	28
Sous des Pierres/Cavité dans la roche	0	1	1	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	5	3	0	14
Sous des touffes d'herbe	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	8
NA texture	10	0	1	9	3	0	0	2	2	4	10	0	0	2	1	0	44
Limons/loess	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	4	0	0	2	2	0	11
Sable/Limon/loess	17	1	1	0	0	0	1	2	0	3	9	0	1	4	0	1	40
Sable	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4
Sable/Limon/Argile	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4
Limons/Argile	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Argile	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
NA Vég	11	1	2	8	3	0	0	2	2	9	8	0	0	6	0	0	52
sans	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
sans-peu	6	0	0	0	0	1	0	2	0	0	8	0	0	1	3	1	22
peu	11	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	23
peu-dense	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3
dense	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
Nombre total de catégorie par genre	3	5	7	8	3	3	1	5	2	7	5	2	3	9	7	2	

Tableau 2 : Catégories de nidification et nombre d'espèces pour chaque catégorie, triées par genre pour les 16 genres présents dans les parcs urbains de la ville de Genève.

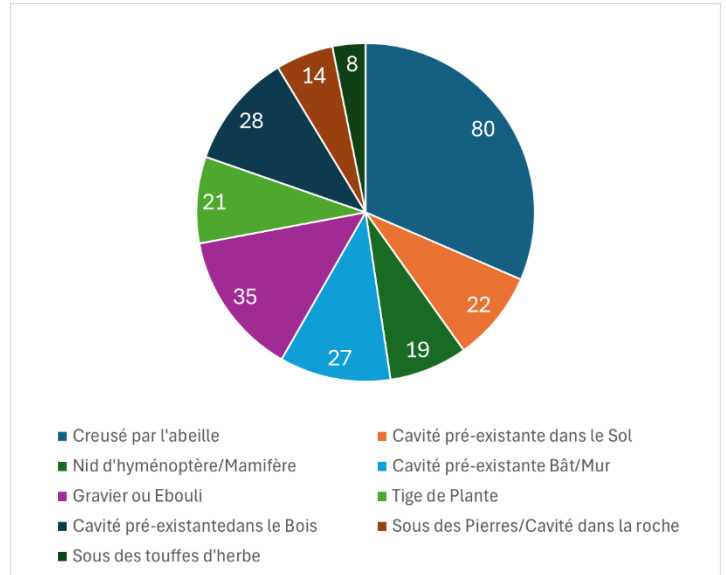


Figure 7 : Proportion des différentes catégories de nidification pour les 105 espèces qui utilisent le sol ou ses annexes pour nidifier. Certaines espèces se retrouvent dans plusieurs catégories cf Tab. 2.

Chez six genres (*Anthidium*, *Anthophora*, *Bombus*, *Hylaeus*, *Megachile* et *Osmia*), au moins 5 types de substrats de nidification sont mentionnés dans la littérature ; le genre *Megachile* étant le genre dans lequel on trouve le plus de diversité de substrats utilisés pour la nidification. En effet, parmi les huit espèces de ce genre compris dans cette étude, les neuf catégories de nidification retenues sont représentées par au moins une espèce. Ces espèces peuvent donc être considérées comme généralistes pour leur nidification, en tout cas en ce qui concerne le type de microstructure utilisée.

Au sein des autres genres retenus pour cette étude (*Andrena*, *Chelostoma*, *Colletes*, *Eucera*, *Halictus*, *Heriades*, *Lasioglossum*, *Macropis*, *Melitta* et *Panurgus*), trois substrats de nidification au plus ont été relevés dans la littérature. Ils peuvent être séparés en trois catégories :

- 1) Les genres strictement terricoles : *Andrena*, *Eucera*, *Macropis*, *Melitta* et *Panurgus*, pour lesquels la littérature indique que les espèces creusent elles-mêmes leurs galeries ou utilisent des cavités préexistantes dans le sol. Aucune référence ne mentionne d'autres types de substrat de nidification. Les espèces au sein de ces genres sont donc étroitement liées à la qualité du sol pour leur reproduction.
- 2) Les genres liés aux annexes du sol : *Chelostoma* et *Heriades*. Pour ces deux genres, on ne peut pas strictement parler d'espèces terricoles. En effet, les cinq espèces de ces genres retenues pour cette étude l'ont été, car elles comprennent le bois mort dans leur écologie de nidification. Nous avons considéré ce substrat comme faisant partie du « système sol », puisque le bois mort est compris dans les annexes du sol (Gobat 2010). Ces espèces seraient plutôt à considérer comme des espèces cavicoles, qui bénéficient également des cavités présentes dans le bois mort.
- 3) *Colletes*, *Halictus* et *Lasioglossum* sont trois genres dans lesquels toutes les espèces sont capables de creuser leurs propres galeries (34 espèces). Cependant, contrairement aux genres strictement terricoles, chez ces genres, certaines espèces sont également capables d'utiliser des cavités préexistantes, telles que des anfractuosités dans des murs ou des bâtiments, dans le sol ou encore dans du bois mort. Cela dit, ce ne sont pas la majorité des espèces de ces trois genres, puisque chez *Halictus* et *Lasioglossum* par exemple, seulement respectivement 2 espèces sur 6 et 6 espèces sur 27 sont capables d'utiliser des cavités préexistantes pour leur nidification.

Au total, ce sont donc quatre grands types d'écologie de nidification que nous avons retenu pour cette analyse (1. généralistes, 2. terricoles strictes, 3. liées aux annexes du sol et 4. cavicoles facultatives). Nous avons jugé opportun de conserver les espèces liées aux annexes du sol, car elles bénéficient d'une gestion du sol adéquate et sont donc fortement liées au système édaphique.

Sur les 105 espèces retenues pour notre analyse, nous avons trouvé des informations sur la texture de sol préférée pour plus de la moitié (61 espèces). La grande majorité des espèces préfèrent les sols sablo-limoneux (Fig. 8), bien que tous les types de textures soient mentionnés au moins pour une espèce.



Figure 8 : Exemple de deux espèces qui préfèrent une texture du sol sablo-limoneuse. À gauche, *Halictus scabiosae* et à droite, *Panurgus calcaratus*. D'après Müller et al. (1997).

Trente-cinq espèces sont capables de construire leur nid sous du gravier, des éboulis ou des tas de pierres (Tab. 2).

De même, nous avons trouvé des informations sur le recouvrement de la végétation préféré pour près de la moitié des espèces (52 sur 105). Ici encore, le recouvrement préféré semble être le même pour la majorité des espèces, à savoir sans végétation à faible recouvrement (Fig. 9), puisque 45 espèces sur les 52 renseignées préfèrent un recouvrement faible ou nul.



Figure 9 : Exemple de site de nidification à faible recouvrement de végétation. À gauche, *Lasioglossum malachurum* et à droite, *Lasioglossum pauxillum*. D'après Westrich, 2019.

Cependant, certaines illustrations, notamment chez le genre *Lasioglossum*, montrent que les espèces de ce genre sont capables de supporter un recouvrement de la végétation relativement important (Fig. 10).



Figure 10 : Exemple de site de nidification à fort recouvrement de végétation. À gauche, *Andrena cineraria* et à droite, *Lasioglossum* sp. D'après Veerecken (2017).

Au contraire, nous avons trouvé très peu d'information concernant la profondeur de creuse ou le diamètre des galeries. Seules respectivement 23 et 14 espèces sont renseignées pour la profondeur et le diamètre de leurs galeries. La profondeur des galeries varie largement d'un genre à l'autre, et au sein d'un même genre. Par exemple, chez les bourdons, la profondeur peut varier de quelques centimètres (voire directement sous la surface du sol, Fig. 11), jusqu'à plus d'un mètre de profondeur.



Figure 11 : Exemple de nid de bourdon, trouvé directement sous la surface du sol. À gauche : *Bombus hypnorum*, d'après Westrich, 2019 et à droite : *Bombus pascorum*, d'après Veerecken (2017).

Chez le genre *Megachile*, en revanche, seules 2 espèces sont renseignées et les galeries creusées dans le sol ne dépassent pas 10 cm de profondeur.

Pour la moitié des espèces (53 sur 105), nous avons trouvé des informations sur l'inclinaison du sol préférée. La plupart des espèces choisissent des surfaces horizontales à inclinées (par exemple chez les genres *Andrena*, *Lasioglossum* ou *Halictus*), tandis que chez certains genres (comme *Osmia* ou *Megachile*), des parois verticales de lœss ou des décrochements de pente fortement inclinée peuvent être utilisés. Chez 49 espèces, tous genres confondus, talus et remblais sont souvent mentionnés dans la littérature (Fig. 12).

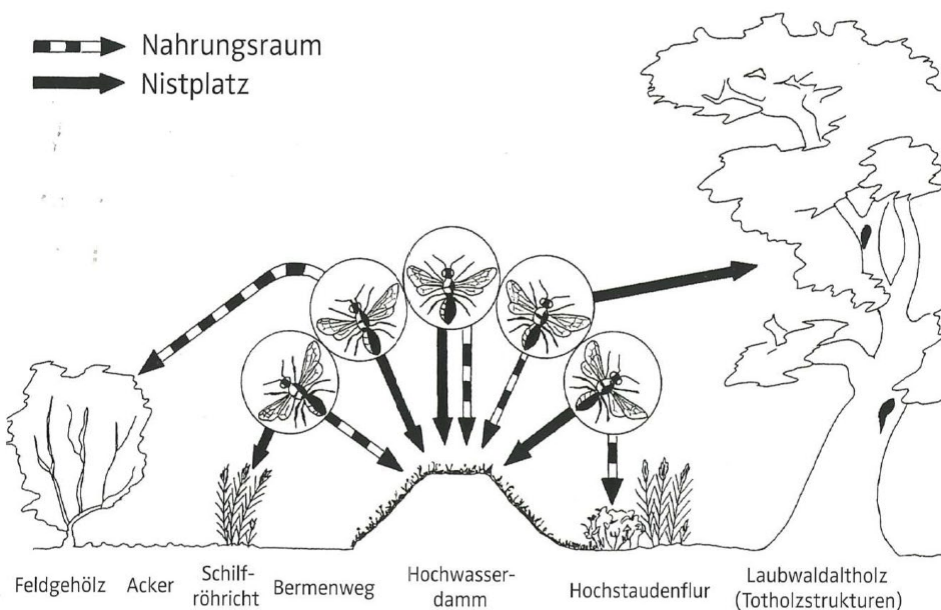


Figure 12 : Schéma synthétique de l'utilisation de talus, par exemple en bord de rivière, par les abeilles sauvages pour leur nidification. D'après Brechtel (1987), repéré dans : Westrich (2019).

## 4.2 Cartographie des micro-habitats des parcs urbains genevois

Sur la base des critères sélectionnés, la typologie des micro-habitats a été implémentée. Les polygones ont tout d'abord été regroupés en fonction de la formation végétale présente (cordon boisé, groupes d'arbres ou de buissons, gazon, milieu herbacé extensif, etc). Dans un deuxième temps, l'ensoleillement a été pris en compte, s'agissant d'un critère primordial pour les abeilles sauvages, dont la plupart des espèces sont thermophiles. Les polygones ont été regroupés de façon à être les plus proches de la réalité, tout en restant parcimonieux sur le nombre de catégories dans la typologie. En d'autres termes, ils ont été regroupés suffisamment pour qu'il n'y ait pas une catégorie par polygone, tout en gardant une certaine finesse dans la typologie pour qu'elle corresponde à tous les polygones qui y sont regroupés.

Au total, ce sont 21 catégories de micro-habitats qui ont été retenus pour la cartographie (Fig. 13).

Huit catégories de polygones sont présentes dans tous les parcs étudiés (Tab. 3, en bleu ; Fig. 14) :

- **Groupes d'arbres ou de buissons** : groupes d'arbres isolés, qui sont suffisamment espacés pour permettre à la lumière d'atteindre le sol et ainsi à la strate herbacée de se développer ; surfaces embuissonnées d'une certaine taille, qui n'ont pas une forme linéaire et ne sont pas taillées régulièrement. L'ensoleillement y est moyen.
- **Cordon boisé** : surfaces boisées dont la strate herbacée est essentiellement constituée de lierre. L'ensoleillement y est faible. C'est dans cette catégorie que se retrouve une diversité importante d'annexes du sol (bois mort, litière, pierre).
- **Gazon exposé** : surfaces de gazon, très ensoleillées, faisant l'objet d'une gestion intensive. Le recouvrement de la végétation et le tassement y sont importants.
- **Gazon exposé avec buisson** : gazon similaire à la catégorie précédente, mais avec la présence de buissons dans le périmètre du polygone.
- **Gazon ombragé** : gazon similaire aux deux catégories précédentes, mais avec un ensoleillement moyen (à faible) dû à la présence de formations ligneuses adjacentes qui apportent de l'ombrage à la surface.
- **Milieu herbacé extensif exposé** : milieu herbacé caractérisé par une fréquence de gestion moyenne à faible permettant l'installation d'une végétation herbacée diversifiée, dominée par les dicotylédones, avec un recouvrement et une hauteur de végétation importante et la présence d'une microtopographie au niveau du sol (touffe d'herbe, trou de rongeur), ensoleillement important.
- **Pied d'arbre** : surface fortement influencée par la présence d'un ou plusieurs arbres isolés, soit que le tassement y soit important, ou que la présence des racines forme un microrelief du sol.
- **Plate-bande** : surfaces le plus souvent engazonnées, au sein desquelles des plantes ornementales exotiques sont cultivées. Elles font l'objet d'une gestion fréquente et d'un tassement faible, probablement dû au fait que le substrat est régulièrement renouvelé.

Sept catégories de polygones sont présentes dans au moins dans deux des parcs étudiés (Tab. 3, en vert ; Fig. 14) :

- **Cordon clair** : surfaces arborées, qui bénéficient d'un ensoleillement plus important que le cordon boisé « classique » permettant en général à la strate herbacée de se développer. Celle-ci n'est ainsi plus uniquement constituée de lierre et la litière y est moins souvent présente. Cette catégorie regroupe les trouées dans les cordons boisés « classiques » ainsi que les groupes d'arbres qui sont prévus dans la gestion pour évoluer vers un cordon boisé classique. Cette catégorie n'est pas présente au parc Beaulieu.
- **Haie** : formations buissonnantes de forme linéaire et fortement gérées, car taillées régulièrement. Cette catégorie n'est pas présente au parc La Grange.
- **Formation ligneuse sempervirente ornementale** : formation d'espèces buissonnantes sempervirentes exotiques, telles que les *Cotoneaster*. Cette catégorie particulière est présente uniquement au parc Mon Repos. Elle est constituée de peu de parcelles de taille restreinte.
- **Milieu herbacé extensif peu exposé** : milieu herbacé caractérisé par une fréquence de gestion moyenne à faible, permettant l'installation d'une végétation herbacée diversifiée, mais avec un ensoleillement moyen à faible.
- **Gazon exposé et peu géré** : gazon à faible fréquence d'entretien (principalement la fréquence des tontes). On y observe des microreliefs au niveau du sol et un recouvrement de la végétation moins important. Ils se distinguent des milieux herbacés extensifs par le fait que la strate herbacée est principalement constituée de graminées. Cette catégorie n'est pas présente au parc Beaulieu.
- **Parcelle cultivée** : parcelle cultivée s'étendant sur de très faibles surfaces aux parcs Mon repos et Beaulieu. À Beaulieu, elle englobe les plantations en couche au centre du parc, tandis qu'à Mon Repos, elle est constituée d'une surface très réduite, gérée de manière extensive par l'association La Libellule autour du pavillon Plantamour.
- **Gravier** : surface restreinte constituée de graviers arrondis qui entoure le Pavillon Plantamour Poissonnerie qui jouxte la rue de Lausanne. Cette catégorie est constituée d'une seule parcelle, uniquement présente au parc Mon Repos.

Enfin, six catégories sont présentes dans un seul parc (Tab. 3, en jaune ; Fig. 14) :

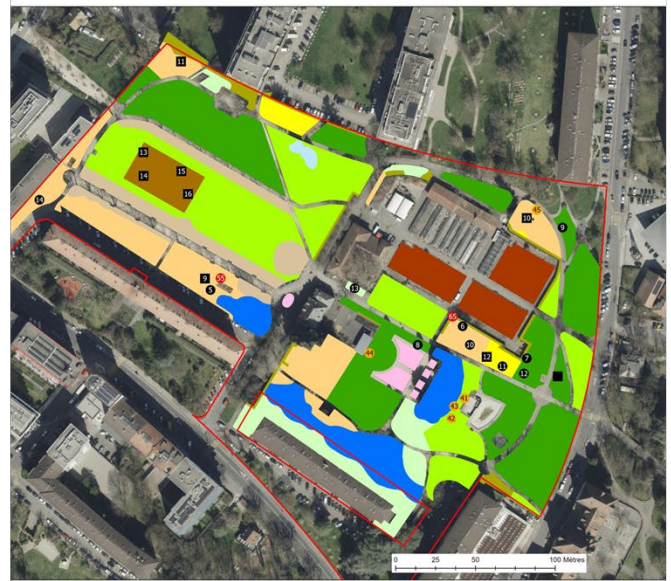
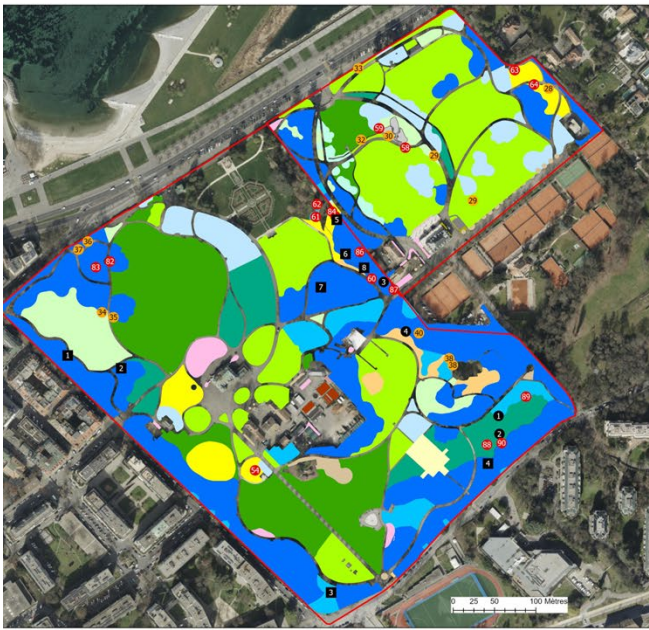
- **Prairie sèche** : prairie au sol desséché l'été, uniquement présente au parc La Grange. Elle est constituée d'une seule parcelle qui entoure le site historique des ruines romaines, Römer Villa Urbana. Le sol y est constitué de graviers, ce qui permet le développement d'une flore typique du cortège des milieux secs, avec peu de recouvrement et un grand nombre d'espèces très appréciées des abeilles sauvages et domestique pour leur contribution nectarifère et/ou pollinifère.
- **Pâturage** : pâturage uniquement présent au parc Beaulieu. En effet, depuis quelques années, un verger pâturé par des moutons a vu le jour en plein centre de la pelouse principale du parc Beaulieu. Cette parcelle est clôturée et elle bénéficie d'un entretien différent du reste de la pelouse. Elle se distingue de la parcelle du parc La Grange (également pâturée par des moutons chaque année) par sa végétation dominée par les graminées.

- **Bambou** : plantation très dense de monospécifique de bambous, présente uniquement au parc Mon Repos. Elle est représentée par une seule parcelle de surface restreinte, et qui semble être implantée à l'intérieur d'un cercle en béton qui l'isole des alentours.
- **Jeux d'enfants** : la parcelle occupée par des jeux d'enfants au parc Mon Repos a été retenue pour cette cartographie, car le sol y est constitué de terre ou de sable qui peuvent être favorable pour la nidification des espèces terricoles. La parcelle occupée par des jeux d'enfants au parc La Grange n'a pas été retenue, car le sol y est recouvert de copeaux, qui ne semble pas être favorables dans ce cadre.
- **Rocaille** : unité caractérisée par des structures rocailleuses augmentant sa sécheresse. Ce milieu présente une microtopographie variée favorisant des plantes adaptées aux sols bien drainés. Des plates-bandes entretenues complètent ce micro-habitat. La température y augmente rapidement sous l'effet du soleil, créant ainsi un environnement sec et favorable aux espèces thermophiles » (de Meris 2024). Cette catégorie existe uniquement au parc des Eaux-Vives.
- **Parking vert** : surface restreinte, nettement dédiée à l'entreposage de véhicules. Elle est qualifiée de parking « vert », car la surface est recouverte de pavés de béton, autour desquels de la végétation basse est capable de se développer. Cette catégorie existe uniquement au parc Mon Repos.

La cartographie nous a permis d'une part de quantifier chaque type de micro-habitat pour chaque parc (Tab. 3 ; Fig. 14), et d'autre part de comprendre quels sont les types de surface qui sont utilisés par les abeilles terricoles pour nidifier.

Tableau 3 : Résumé des quantités de surface (en m<sup>2</sup>) pour chaque catégorie de micro-habitats pour chaque parc de l'étude. Le parc de Mon Repos (inclus Moynier) et de Barton sont regroupés avec le parc de La Perle du Lac pour le calcul des surfaces. En bleu : les micro-habitats présents dans les trois parcs ; en vert : les micro-habitats présents dans au moins deux des trois parcs et en jaune : les micro-habitats présents dans un seul parc.

Typologie	Parcs	La Grange	Beaulieu	Perle du Lac + Mon Repos (inclus Moynier)	Eaux-Vives
Bosquet d'arbres/buissons	La Grange, Beaulieu, Perle du Lac, Eaux-Vives	5'187	159	6'967	8'018
Cordon boisé	La Grange, Beaulieu, Perle du Lac, Eaux-Vives	56'751	3'266	18'457	8'989
Plate bande	La Grange, Beaulieu, Perle du Lac, Eaux-Vives	1'424	512	3'368	539
Gazon exposé avec buisson	La Grange, Beaulieu, Perle du Lac, Eaux-Vives	32'935	10'857	4'379	3'100
Gazon exposé	La Grange, Beaulieu, Perle du Lac, Eaux-Vives	10'943	9'121	29'984	27'356
Gazon ombragé	La Grange, Beaulieu, Perle du Lac, Eaux-Vives	8'461	2'511	2'363	1'942
Herbacée extensif exposé	La Grange, Beaulieu, Perle du Lac, Eaux-Vives	5'248	763	17'285	1'714
Pied d'arbre	La Grange, Beaulieu, Perle du Lac, Eaux-Vives	1'256	2'804	2'365	605
Herbacée extensif peu exposé	La Grange, Beaulieu, Perle du Lac	2'435	1'876	5'348	-
Gazon exposé peu géré	La Grange, Perle du Lac, Eaux-Vives	12'109		10'235	599
Cordon clair	La Grange, Perle du Lac, Eaux-Vives	8'468		9'894	228
Haie	Beaulieu, Perle du Lac, Eaux-Vives	-	1'150	1'395	307
Parcelle cultivée	Beaulieu, Perle du Lac	-	2'589	104	-
Formation ligneuse ornemental	Perle du Lac, Eaux-Vives	-		519	1'455
Gravier	Perle du Lac, Eaux-Vives	-		580	315
Prairie sèche	La Grange	1'522			
Pâturage	Beaulieu	-	1'146		
Bambou	Perle du Lac	-		100	
Jeux d'enfants	Perle du Lac	-		821	
Parking vert	Perle du Lac	-		290	
Rocaille	Eaux-Vives	-			434



**Micro-habitats**

- Cordon boisé
- Bosquet d'arbre/buissons
- Cordon clair
- Formation ligneuse ornementale
- Haie
- Bambou
- Herbacé extensif exposé
- Herbacé extensif peu exposé
- Plate bande
- Gazon exposé avec buisson
- Gazon exposé peu géré
- Gazon exposé
- Gazon ombragé
- Prairie sèche
- Pied d'arbre
- Pâturage
- Parcelle cultivée
- Rocaille
- Gravier
- Jeux d'enfants
- Parking vert
- - - Chemins d'herbe fauchée

- Nids prospectés en 2022 par pièges à émergences
- Nids prospectés en 2025 par observation directe
- Nids prospectés en 2024 par observation directe
- Nids prospectés en 2022 par observation directe
- Périmètre des parcs étudiés

Figure 13 : Cartographie des micro-habitats présents dans six parcs de la ville de Genève : En haut à droite : La Grange et les Eaux-Vives, en haut à gauche : Beaulieu et en bas à gauche : Mon Repos, La Perle du Lac et Barton. Les points noirs correspondent aux nids observés en 2022. Les carrés noirs correspondent aux emplacements des pièges à émergence modifiés, les points orange correspondent aux nids observés par Timothé de Meris en 2024 et les points rouges à ceux observés par Simon Betschy en 2025.

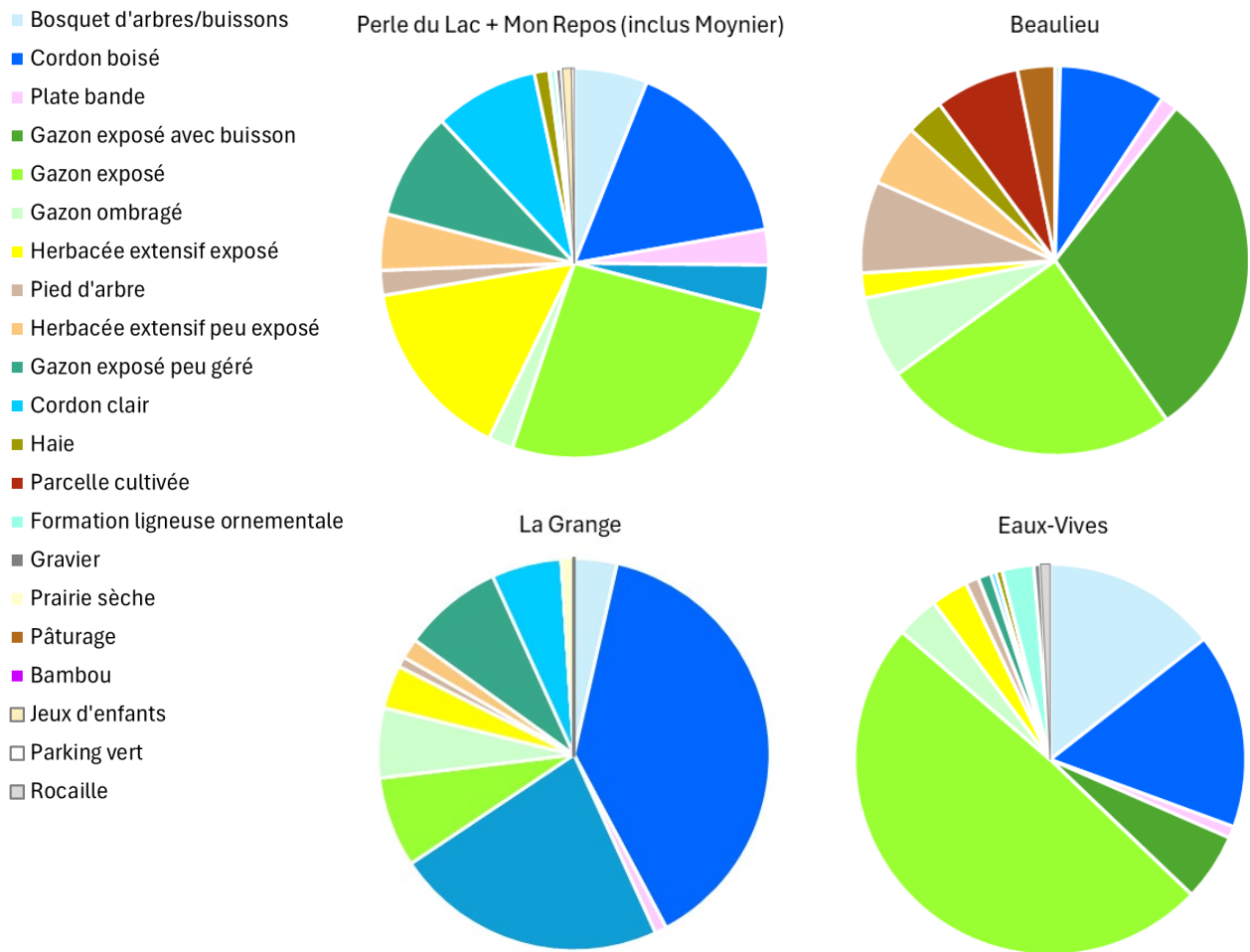


Figure 14 : Proportion des différents types de surface pour chaque parc de l'étude. La symbologie (code couleur) est la même que pour la figure 13.

### 4.3 Prospections in situ

Au total, ce sont près de 1300 nids qui ont été observés directement (Tab. 4) à 90 emplacements différents dans les six parcs de l'étude. Tous les nids détectés étaient occupés par des abeilles sauvages, sauf un qui abritait une guêpe apoïde (Fig. 15h). Les micro-habitats dans lesquels les nids ont été observés sont indiqués dans le Tableau 4.

Trente-huit abeilles sauvages ont été capturées avec les pièges à émergence au parc Mon Repos et une espèce de guêpe apoïde a été capturée au parc La Grange (Tab. 5).

Tableau 4 : Espèces d'abeilles sauvages capturées dans les pièges à émergence, nombre total d'individus (Total ind) et nombre total d'espèces capturées par piège (Total espèces). Les numéros des pièges correspondent aux numéros indiqués sur la figure 13.

Site	Date	n° Point	Microhabitat	Espèce	Nb nids	Observateur
Barton	12.06.2024	25	Herbacé extensif exposé	<i>Lasioglossum sp.</i>	5-10	TdM
	12.06.2024	26	Herbacé extensif exposé	<i>Lasioglossum sp.</i>	5-10	TdM
	24.06.2024	24	Gazon ombragé	Indéterminé	20-50	TdM
	24.06.2024	27	Herbacé extensif exposé	Indéterminé	5-10	TdM
	28.05.2025	66	Gazon ombragé	Indéterminé	15	BS
	28.05.2025	67	Gazon ombragé	Indéterminé	7	BS
	28.05.2025	68	Herbacé extensif exposé	Indéterminé	3	BS
	28.05.2025	69	Herbacé extensif exposé	Indéterminé	7	BS
	28.05.2025	70	Herbacé extensif exposé	<i>Lasioglossum sp. et Halictus sp.</i>	35	BS
	28.05.2025	71	Herbacé extensif exposé	<i>Lasioglossum sp.</i>	15	BS
	28.05.2025	73	Herbacé extensif exposé	Indéterminé	15	BS
	29.05.2025	74	Herbacé extensif exposé	Indéterminé	7	BS
	29.05.2025	75	Herbacé extensif exposé	Indéterminé	3	BS
Beaulieu	29.05.2025	78	Herbacé extensif exposé	Indéterminé	3	BS
	10.05.2022	5	Herbacé extensif peu exposé	<i>Halictus sp.</i>	1	CH
	10.05.2022	6	Haie	<i>Andrena bicolor</i>	5	CH
	10.05.2022	7	Gazon exposé avec buisson	<i>Melecta albifrons</i>	cléptoparasite	CH
	10.05.2022	7	Gazon exposé avec buisson	<i>Anthophora pulmipes</i>	1	CH
	29.06.2022	8	Cordon	<i>Crabonidae indet</i>	1	CH
	29.06.2022	9	Gazon exposé avec buisson	Indéterminé	1	CH
	29.06.2022	10	Herbacé extensif peu exposé	<i>Lasioglossum sp.</i>	2	CH
	29.06.2022	11	Herbacé extensif exposé	Indéterminé	1	CH
	29.06.2022	12	Gazon exposé avec buisson	<i>Lasioglossum sp.</i>	100	CH
	29.06.2022	13	Gazon ombragé	<i>Lasioglossum sp.</i>	50	CH
	29.06.2022	14	Herbacé extensif peu exposé	Indéterminé	1	CH
	19.06.2024	41	Gazon exposé	<i>Lasioglossum sp.</i>	10-20	TdM
	19.06.2024	42	Gazon exposé	<i>Lasioglossum sp.</i>	10-20	TdM
	19.06.2024	43	Gazon exposé	<i>Lasioglossum sp.</i>	20-50	TdM
	19.06.2024	44	Gazon exposé	<i>Lasioglossum sp.</i>	20-50	TdM
	19.06.2024	45	Herbacé extensif peu exposé	<i>Lasioglossum sp.</i>	1-5	TdM
	17.05.2025	55	Herbacé extensif peu exposé avec buissons	<i>Lasioglossum sp.</i>	15	BS
	27.05.2025	65	Haie taillée	Indéterminé	3	BS
Eaux-Vives	11.06.2024	28	Herbacé extensif exposé	<i>Lasioglossum sp. et Halictus sp.</i>	50-75	TdM
	11.06.2024	29	Gazon exposé	<i>Lasioglossum sp.</i>	1-5	TdM
	11.06.2024	30	Rocaille	Indéterminé	1-5	TdM
	11.06.2024	31	Rocaille	Indéterminé	1-5	TdM
	19.06.2024	32	Gazon exposé avec buisson	<i>Lasioglossum sp.</i>	5-10	TdM
	25.06.2024	33	Gazon exposé	<i>Lasioglossum sp.</i>	5-10	TdM
	19.05.2025	59	Cordon clair	Indéterminé	3	BS
	19.05.2025	58	Gazon exposé	Indéterminé	15	BS
	25.05.2025	63	Herbacé extensif exposé	<i>Halictus scabiosae et autres Halictidae</i>	7	BS
	25.05.2025	64	Herbacé extensif exposé	Indéterminé	3	BS
La Grange	25.05.2022	1	Cordon clair	Indéterminé	20	CH
	25.05.2022	2	Gazon ombragé (creuse)	<i>Lasioglossum sp.</i>	20	CH
	08.07.2022	3	Cordon	<i>Lasioglossum sp.</i>	100	CH
	08.07.2022	4	Cordon (lisière)	Indéterminé	3	CH
	25.06.2024	34	Gazon ombragé	<i>Andrena sp. et Lasioglossum sp.</i>	5-10	TdM
	25.06.2024	35	Gazon exposé	<i>Lasioglossum sp.</i>	5-10	TdM
	25.06.2024	36	Cordon	<i>Halictus scabiosae</i>	10-20	TdM
	25.06.2024	37	Cordon	<i>Lasioglossum sp.</i>	10-20	TdM
	25.06.2024	38	Gazon exposé	<i>Lasioglossum sp.</i>	5-10	TdM
	25.06.2024	39	Cordon	<i>Lasioglossum sp.</i>	10-20	TdM
	25.06.2024	40	Cordon	Indéterminé	10-20	TdM
	16.05.2025	54	Herbacé extensif exposé	<i>Andrena sp.</i>	35	BS
	25.05.2025	60	Cordon boisé	Indéterminé	7	BS
	25.05.2025	61	Cordon clair	Indéterminé	3	BS
	25.05.2025	62	Cordon clair	Indéterminé	3	BS

Site	Date	n° Point	Microhabitat	Espèce	Nb nids	Observateur
La Grange (suite)	31.05.2025	82	Cordon boisé	Indéterminé	15	BS
	31.05.2025	83	Cordon boisé	Indéterminé	7	BS
	31.05.2025	86	Cordon boisé	Indéterminé	7	BS
	31.05.2025	87	Cordon boisé	Indéterminé	7	BS
	31.05.2025	88	Gazon exposé peu géré	<i>Lasioglossum sp.</i>	35	BS
	31.05.2025	89	Gazon exposé peu géré	Indéterminé	15	BS
	31.05.2025	90	Gazon exposé peu géré	<i>Lasioglossum sp.</i>	15	BS
	31.05.2025	84	Herbacé extensif exposé	Indéterminé	15	BS
Mon Repos (inclus Moynier)	18.05.2022	15	Gazon exposé	<i>Lasioglossum sp.</i>	100	CH
	18.05.2022	15	Gazon exposé	<i>Halictus scabiosae</i>	2	CH
	24.06.2024	46	Herbacé extensif exposé	<i>Lasioglossum sp.</i>	20-50	TdM
	24.06.2024	47	Formation ligneuse ornementale	<i>Lasioglossum sp.</i>	5-10	TdM
	24.06.2024	48	Gazon exposé	<i>Lasioglossum sp.</i>	10-20	TdM
	24.06.2024	49	Gazon exposé	<i>Lasioglossum sp.</i>	20-50	TdM
	24.06.2024	50	Gazon exposé	<i>Lasioglossum sp.</i>	5-10	TdM
	24.06.2024	51	Gazon ombragé	<i>Lasioglossum sp.</i>	5-10	TdM
	24.06.2024	52	Gazon ombragé	Indéterminé	5-10	TdM
	24.06.2024	53	Cordon clair	Indéterminé	1-5	TdM
	18.05.2025	57	Gazon exposé tassé	<i>Lasioglossum sp.</i>	35	BS
	29.05.2025	77	Gazon exposé	Indéterminé	3	BS
	29.05.2025	76	Herbacé extensif exposé	Indéterminé	7	BS
	31.05.2025	80	Gazon exposé	Indéterminé	3	BS
	31.05.2025	56	Gazon exposé tassé	Indéterminé	35	BS
	31.05.2025	81	Herbacé extensif exposé	Indéterminé	15	BS
	Perle du lac	24.06.2024	21	Gazon exposé peu géré	<i>Lasioglossum sp. et Halictus scabiosae</i>	20-50
24.06.2024		22	Cordon clair	<i>Lasioglossum sp.</i>	5-10	TdM
24.06.2024		23	Gazon ombragé	<i>Lasioglossum sp.</i>	5-10	TdM
28.05.2025		72	Gazon exposé peu géré	<i>Halictus subauratus et autres Halictidae</i>	15	BS
31.05.2025		79	Gazon exposé	Indéterminé	7	BS

Quatre genres d'abeilles sauvages ont pu être directement observés sortant du nid (Fig. 15) et 18 espèces ont été capturées à l'aide des pièges à émergence, dont une espèce de guêpe apoïde de la famille des Crabronidés (Tab. 5, Fig. 15h). Tous les parcs confondus, nous avons observé directement des nids à 90 emplacements différents compris dans plus de 60 parcelles (Fig. 13), et 3 des 20 pièges à émergence que nous avons posés ont capturé des abeilles (Tab. 5). Les micro-habitats où ces abeilles ont été observées ou capturées sont indiqués dans les tableaux 4 et 5. La nature des sols où les abeilles ont été observées correspond à un sol nu dans les micro-habitats de type Cordon boisé, ou à un recouvrement qui peut être plus important dans les milieux herbacés extensifs ou le gazon peu géré. Le recouvrement de la végétation des parcelles où les nids ont été relevés varie entre 1 et 100%, mais en observant plus finement les emplacements précis des nids, nous avons constaté qu'ils se trouvent souvent dans des zones dépourvues de végétation. Les pièges à émergence posés sur des copeaux ou de la litière n'ont capturé aucune abeille. Un des pièges posés sur une souche a capturé une espèce de guêpe apoïde (Tab. 5).

Les microhabitats qui abritent le plus grand nombre de nids (> 900), tous parcs confondus, sont les surfaces bien exposées, entretenues de manière extensive (Herbacé extensif exposé) ou plus intensivement (Gazon exposé), (Fig. 16). Ce dernier type de surface (Gazon exposé, avec ou sans buisson) est également le plus représenté dans la majorité des parcs (Beaulieu, Perle du Lac et Eaux-Vives, Tab 3 ; Fig. 14).

Tableau 5 : Nombre de nids (Nb nids) et abeilles sauvages correspondantes (Espèce) pour tous les nids repérés par observation directe. Le numéro du point (n° Point) correspond aux numéros des points de la figure 13. Le nom des observateurs est indiqué selon leurs initiales : TdM : Timothé de Meris ; SB : Simon Bertschy et CH : Charlène Heiniger

Site	Date	Microhabitat	n° Piège	Andrena minutuloides	Bombus hypnorum	Bombus pascorum	Crabronidae	Halictus subaertus	Halictus tumulorum	Lasioglossum calceratum	Lasioglossum fulvicorne	Lasioglossum morio
La Grange	8.07	Cordon	8				15					
Mon Repos	29.06	Herbacé extensif exposé	17			3		3	1			2
Mon Repos	29.06	Herbacé extensif exposé	18	3	1	1			1	1	2	5
Mon Repos	29.06	Herbacé extensif peu exposé	19						2			1

Site	Date	Microhabitat	n° Piège	Lasioglossum nitidulum	Lasioglossum pauxillum	Lasioglossum politum	Lasioglossum sp	Lasioglossum trinctum	Lasioglossum zonulum	Osmia cerulescens	Total ind	Total espèces
La Grange	8.07	Cordon	8								15	1
Mon Repos	29.06	Herbacé extensif exposé	17		2						11	5
Mon Repos	29.06	Herbacé extensif exposé	18	1	3	1		1	1	1	22	13
Mon Repos	29.06	Herbacé extensif peu exposé	19				1			1	5	4



Figure 15a: Point 1, parc La Grange 2022. Une zone dépourvue de végétation au pied des buissons abrite une vingtaine de nid. Malgré plusieurs tentatives, les insectes qui utilisent ces nids n'ont pas pu être identifiés.



Figure 15b: Point 2, parc La Grange 2022. Des nids d'abeilles du genre *Lasioglossum* ont été repérés sur les parois verticales plusieurs trous creusé par des chiens dans le gazon.



Figure 15c: Point 3, parc La Grange, 2022. Une centaine de nids d'abeille du genre *Lasioglossum* ont été repérés en bordure du ruisseau qui traverse le parc dans sa partie est (berge inclinée et replat).



Figure 15d: Point 4, parc La Grange, 2022. Trois nids d'abeilles sauvages indéterminées (les individus ont été observés au nid, mais n'ont pas pu être capturés) sur le bord d'un chemin de terre improvisé, formé par les passages répétés.



Figure 15f: Point 6, parc Beaulieu, 2022. Cinq nids d'*Andrena bicolor* ont été repérés le long de la haie qui borde les jardins partagés.



Figure 15g: Point 7, parc Beaulieu, 2022. Un nid d'*Anthophora pulmipes* (observée mais pas capturée) repéré en-dessous de la cabane sur pilotis. *Melecta albifrons* (à droite) parasite les nids de cette espèce. Ici on la voit guetter le nid de son hôte.



Figure 15e: Point 5, parc Beaulieu, 2022. Un nid d'une abeille du genre *Halictus* (observée mais pas capturée).



Figure 15h: Point 8, parc Beaulieu, 2022. Un nid d'une guêpe apoïde (famille des Crabronidés) repéré sur une légère pente en bordure d'un cordon boisé, proche du chemin en enrobé.



Figure 15i: Point 10, parc Beaulieu, 2022. Deux nids d'abeilles du genre *Lasioglossum* ont été repéré en bordure d'un chemin de terre, formé par les passages



Figure 15j: Point 11, parc Beaulieu, 2022. Nid repéré dans une zone à faible recouvrement de la végétation d'un gazon peu entretenu. Les contours nets du nid indiquent qu'il est utilisé, mais l'insecte à son origine n'a pas pu être observé, ni capturé.



Figure 15k: Point 12, parc Beaulieu, 2022. Une centaine de nid d'abeille sauvages du genre *Lasioglossum* ont été repérés dans le gazon devant la cabane.



Figure 15l: Point 15, parc Mon Repos, 2022. Une centaine de nids d'abeilles sauvages du genre *Lasioglossum* (images en haut à droite) ont été repérés sur un chemin de terre formé par des passages répétés. Des nids ont également été repérés sur les bords du chemin ainsi que dans le gazon à proximité. Deux nids d'*Halictus scabiosae* (en bas à droite) ont également été repérés sur le bord de ce chemin.



Figure 15m: Point 23, parc de La Perle du Lac, 2024. Une dizaine de nids d'abeilles sauvages du genre *Lasioglossum* (images en haut à droite) ont été repérés sur un bord de chemin exempt de végétation probablement à cause des passages répétés du public.



Figure 15n: Point 75, parc Barton, 2025. Quelques nids d'abeilles sauvages (probablement du genre *Lasioglossum*) ont été repérés sur les bords d'un chemin fauché à travers une prairie. Ce type de structure permet non-seulement au public d'emprunter des raccourcis, mais aussi aux abeilles sauvages de nidifier.

Figure 15: Quelques exemples de nids d'abeilles repérés par observation directe. À chaque fois que cela a été possible : vue d'ensemble, nid et spécimen capturé à la sortie du nid. Les numéros des points correspondent aux numéros indiqués sur la figure 13.

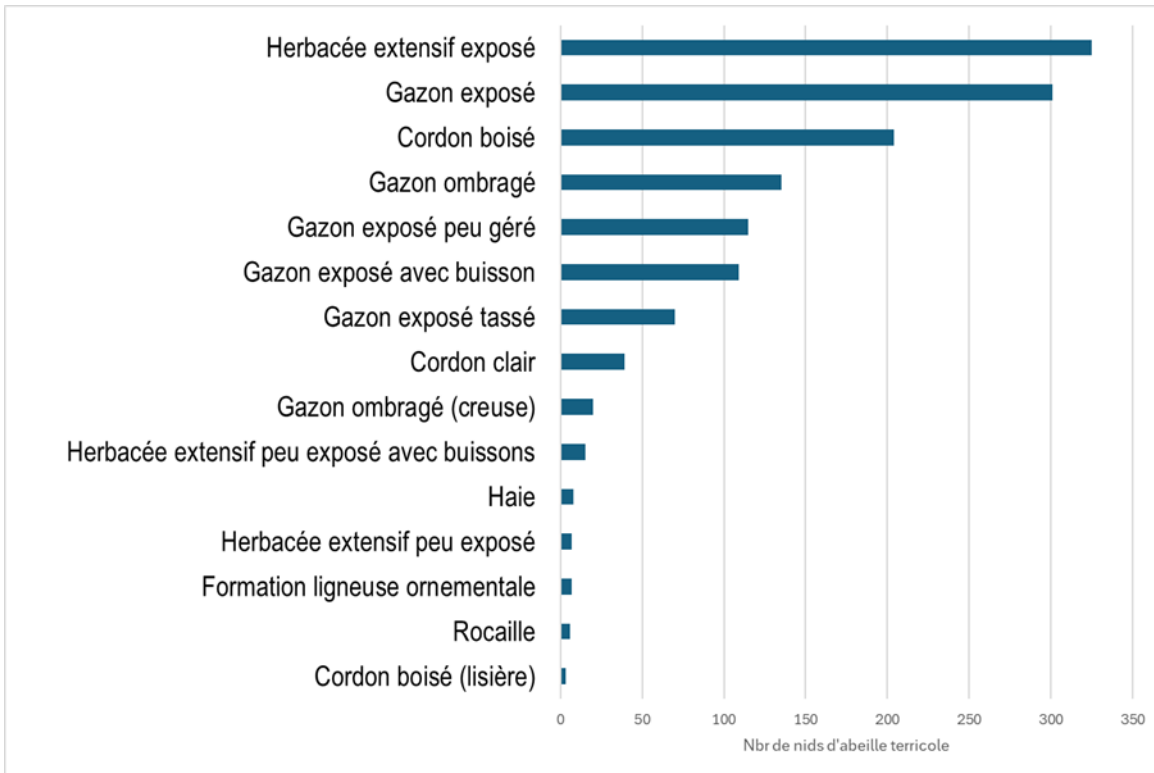


Figure 16 : Nombre de nids cumulés pour chacun des microhabitats qui abritent des nids. Les données de prospection in situ ont été cumulées pour les trois années (2022, 2024 et 2025).

#### 4.4 Suivis des structures de nidification expérimentales

Au total, pour les deux années de suivi, tous les parcs et les types de butte confondus, nous avons observé 417 nids de 4 genres d'abeilles différents : *Lasioglossum*, *Halictus*, *Andrena* et *Megachile*. Nous avons observé 192 nids en 2024 et 225 nids en 2025, tous types de butte confondus (butte HEPIA et butte lyonnaise modifiée).

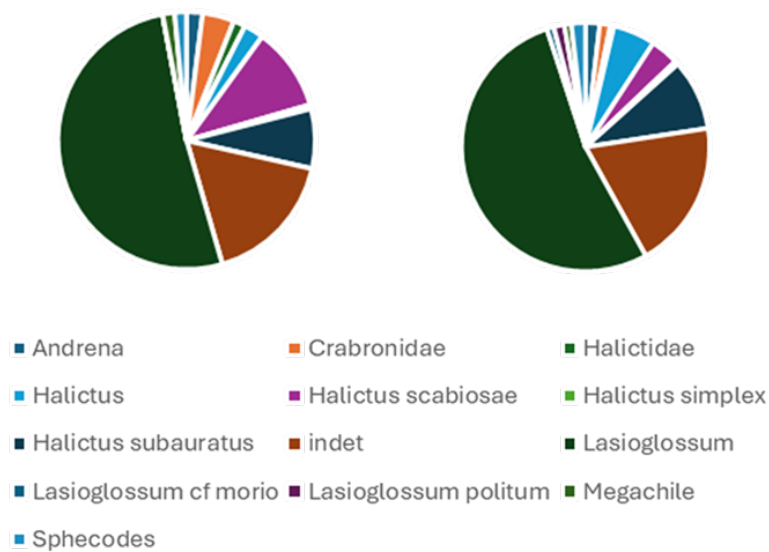


Figure 17 : Répartition des différents groupes d'abeilles sauvages sur les deux types de butte (HEPIA à gauche et Lyonnaise à droite). Les données ont été cumulées pour les deux années de suivi (2024 et 2025).

En 2025, nous avons également observé 11 nids d'une espèce de la famille de Crabronidé, du genre *Oxybelus* (Fig. 15h), qui n'était pas présent en 2024. La majorité des nids observés appartenait à des espèces du genre *Lasioglossum* (223 nids sur 417 nids au total, Fig. 17). La partie végétalisée de la butte HEPIA présentait très peu de nids en 2024 (moins de 10 nids tous les parcs confondus, Fig. 18), c'est pourquoi nous avons pris la décision de désherber également cette partie pour les suivis en 2025.

Le parc qui abrite le plus de nids, les deux types de structure confondus, est le parc de Beaulieu avec 234 nids observés, suivi du parc Barton avec 132 nids observés, puis Plonjon avec 51 nids observés (Fig. 19). Le type de structure ne semble pas avoir un impact très important, puisque sur les deux années de suivi et tous les parcs confondus, la butte HEPIA comptabilise 200 nids au total, pour 217 nids pour la butte lyonnaise modifiée.

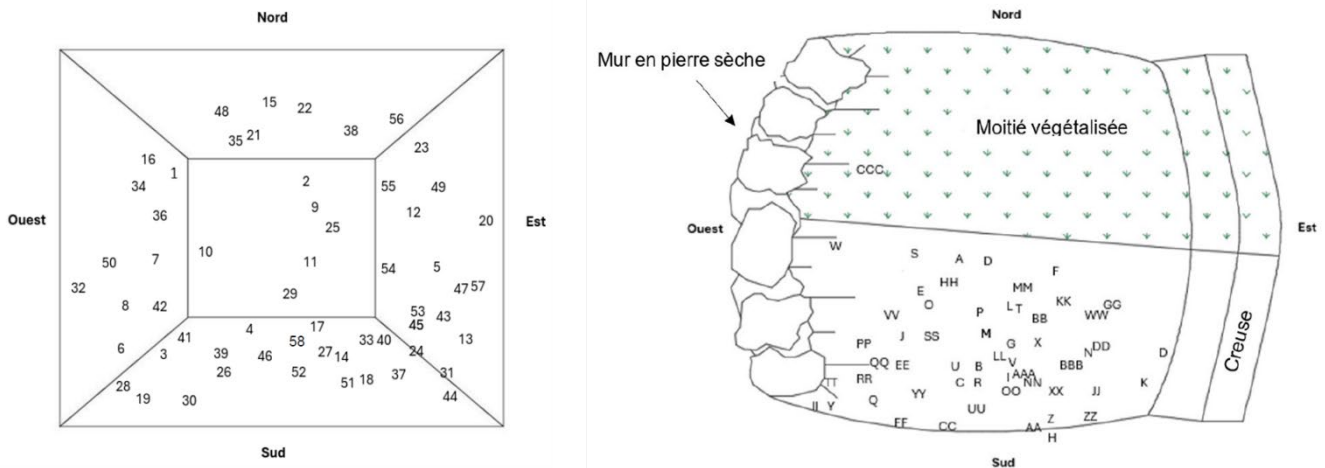


Figure 18 : Répartition des nids sur les différentes faces des deux types de butte. Ici l'exemple du parc Beaulieu. Les nids ont été finement cartographiés par Timothé de Meris dans le cadre de son travail de Bachelor en 2024.

L'exposition, quant à elle, semble avoir un impact important sur la disposition des nids sur les buttes. En effet, dans le cadre de son travail de Bachelor en 2024, M. de Meris a finement cartographié la position des nids sur chacune des buttes de l'étude. Il a constaté que la grande majorité des nids étaient construits sur les faces exposées au sud sur les deux types de buttes (Fig. 18).

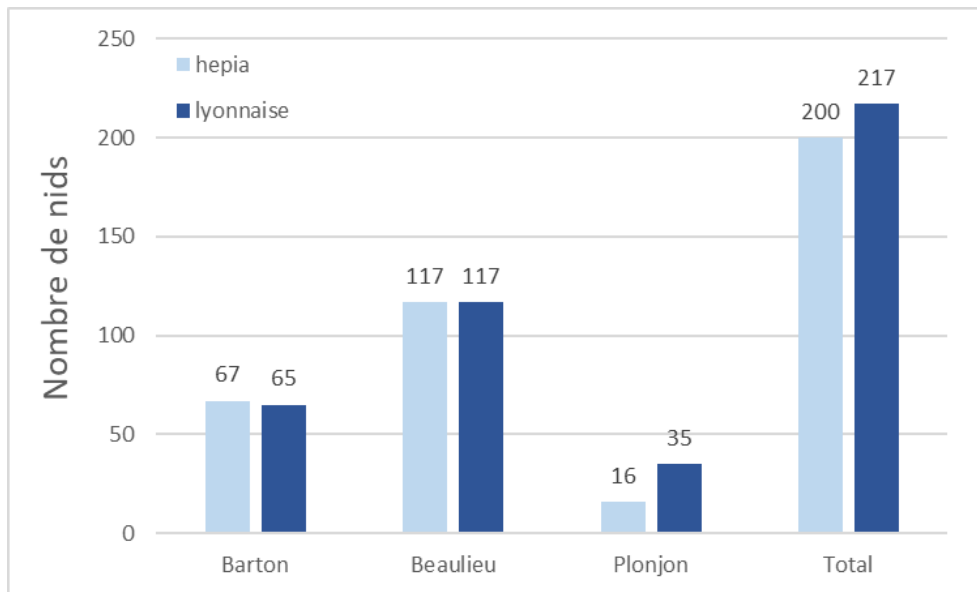


Figure 19 : Nombre de nids observés sur les deux types de butte (hepia en bleu clair et lyonnaise en bleu foncé), pour les trois parcs de l'étude (Beaulieu, Barton et Plonjon) ainsi que pour les trois parcs cumulés (Total). Les données issues des suivis 2024 et 2025 ont été cumulées.

#### 4.5 Facteurs environnementaux

Les analyses des sols à proximité des nids observés montrent que la gamme de texture et de densité est relativement restreinte, même si l'on compare des micro-habitats très différents. En effet, les parcelles qui accueillent des nids d'abeilles sauvages présentent des densités de sol entre 1,08 et 1,46 g/cm<sup>3</sup>, avec un taux de matière organique qui varie de 4,8 % à 8,2 % et une texture sableuse à sablo-limoneuse, avec une majorité de parcelles qui présentent moins de 25 % d'argile (Tab. 6). Les deux types de butte présentent des valeurs très similaires l'une à l'autre au sein d'un même parc pour toutes les analyses pédologiques (densité, taux de matière organique et texture). Ces valeurs sont également proches des valeurs mesurées à proximité des nids observés *in-situ* pour un parc donné pour toutes les analyses, sauf le taux de matière organique. En effet, la teneur en matière organique présente des valeurs relativement plus faibles pour les prélèvements au sein des aménagements que pour les prélèvements à proximité des nids observés *in-situ*.

Tableau 6 : Résultats des analyses du sol des parcelles abritant des nids d'abeilles sauvages, densité apparente, taux de matière organique (MO (%)) et texture (Argile (%), Limon (%) et Sable (%)). Les numéros des points (n° Point) ou des pièges à émergence (n° Piège) correspondent aux numéros indiqués sur la figure 13.

Site	Date	Point	n°Piège	Densité (g/cm <sup>3</sup> )	MO (%)	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)
Beaulieu	2022	5	/	1.13	7.7	29.2	34.7	36.8
	2022	6	/	1.33	5.8	29.0	34.6	35.5
	2022	7	/	1.13	6.1	19.2	25.2	54.7
	2022	10	/	1.06	6.1	20.1	27.1	50.7
	2022	12	/	1.07	5.8	20.3	29.7	48.0
	2022	13	/	1.15	6.0	22.2	28.6	46.6
	2022	14	/	1.30	5.8	20.9	35.7	43.3
	2025	55	/	1.38	6.0	20.4	25.4	53.8
	2025	Butte Lyonnaise	/	1.21	3.6	18.0	29.3	53.0
2025	Butte HEPIA	/	1.20	5.0	22.7	28.0	48.9	
Eaux-Vives (Plonjon)	2025	32	/	1.09	8.2	26.9	33.5	38.6
	2025	Butte Lyonnaise	/	1.36	3.7	19.0	29.9	50.4
	2025	Butte HEPIA	/	1.40	3.0	18.8	37.2	43.8
La Grange	2022	1	/	1.28	5.2	17.3	20.7	61.0
	2022	2	/	1.36	4.8	15.0	22.1	62.0
	2022	3	/	1.08	7.3	20.9	22.9	55.4
	2022	4	/	1.23	6.2	22.8	24.4	53.4
	2025	85	/	1.16	6.4	26.8	32.3	41.0
	2025	54	/	1.36	7.7	22.2	26.7	51.7
Mon Repos	2022	15	/	1.15	6.7	21.3	28.5	48.5
	2022	16	/	1.27	6.1	22.8	28.4	50.3
	2022	/	17	1.18	7.0	28.6	33.5	36.6
	2022	/	19	1.20	6.6	27.3	32.1	38.4
	2025	51	/	1.37	4.8	29.1	34.5	36.3
	2025	56	/	1.31	4.8	23.8	32.2	42.3
Perle du Lac (Barton)	2025	72	/	1.12	7.7	27.4	32.2	37.7
	2025	Butte Lyonnaise	/	1.06	5.4	24.4	32.6	41.4
	2025	Butte HEPIA	/	1.05	6.6	26.6	34.0	38.1

Les données de températures montrent qu'il existe une différence entre les mesures de surface et les mesures à 15 cm de profondeur pour les deux types de butte (Fig. 20a). En effet, la température à 15 cm de profondeur est plus élevée qu'à la surface. Cela est dû au fait que la température varie beaucoup plus à la surface qu'en profondeur, l'amplitude des températures étant plus importante à la surface qu'à 15 cm de profondeur (Fig. 20b). En revanche, la variation de température au cours de la saison est similaire entre les deux types de butte.

Plusieurs capteurs de températures n'ont pas fonctionné à partir du 13 juin 2025. C'est pourquoi, afin de comparer les températures entre les trois parcs, nous avons uniquement utilisé les données des mois de mai et juin 2025. La comparaison des valeurs de températures entre les trois parcs montre que le parc Barton présente des valeurs plus faibles que les parcs Beaulieu et Plonjon pour la température à 15 cm. Ce résultat mis en relation avec le faible nombre de nids à Plonjon nous indique que ce n'est pas la température qui influence négativement la nidification des abeilles sauvages dans ce parc. En effet, les données de température pour Plonjon sont similaires aux données de températures pour Beaulieu, qui est le parc où nous avons observé le plus grand nombre de nids.

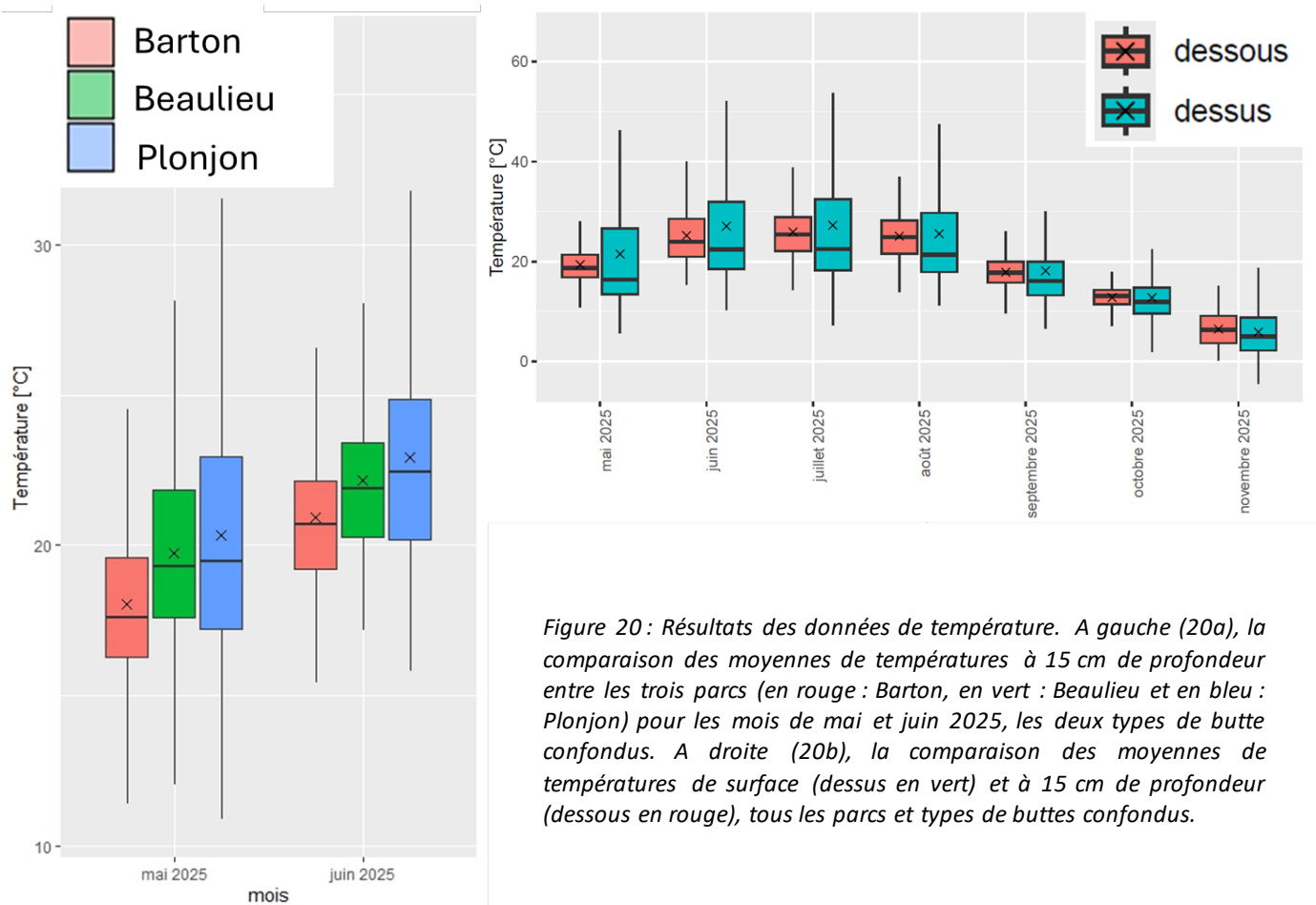


Figure 20 : Résultats des données de température. A gauche (20a), la comparaison des moyennes de températures à 15 cm de profondeur entre les trois parcs (en rouge : Barton, en vert : Beaulieu et en bleu : Plonjon) pour les mois de mai et juin 2025, les deux types de butte confondus. A droite (20b), la comparaison des moyennes de températures de surface (dessus en vert) et à 15 cm de profondeur (dessous en rouge), tous les parcs et types de buttes confondus.

## 5 RECOMMANDATIONS

### 5.1 Structures de nidification artificielles

Fort de l'expérience tirée de la construction et des suivis des neuf structures mises en place dans les parcs genevois, et de leur entretien, voici quelques recommandations pour la mise en œuvre et la gestion de nouvelles structures favorables à la nidification des abeilles sauvages terricoles.

- En 2024 et 2025, une quantité similaire de nids d'abeilles sauvages ont été observés sur les deux types de structures (butte lyonnaise modifiée et butte HEPIA). Ainsi, **il est possible de construire l'un ou l'autre type de structure, ou les deux**, en fonction des besoins, de l'espace et des matériaux à disposition, etc.
- **Les dimensions indiquées dans le présent document sont les dimensions minimales pour de telles structures.** Il s'agit de celles des aménagements mis en place en 2023. Il est possible de construire de nouvelles structures de même taille ou plus grandes, mais pas plus petites.
- Le désherbage des structures des parcs genevois s'est avéré particulièrement fastidieux. Afin de **limiter le développement de la végétation spontanée** et de garantir une surface de sol nu la plus étendue possible, il est **vivement recommandé d'utiliser de la sous-couche** (horizon B) à la place de la terre végétale dans le mélange terre-sable destiné à la construction des buttes. Cela permettrait d'éviter un apport de matériaux contenant déjà un stock grainier important et de former un milieu moins riche en nutriments, potentiellement défavorable à une croissance rapide et importante de la végétation spontanée.
- Il est tout de même préconisé de **réutiliser la terre végétale excavée sur place, mais en la plaçant sous le mélange terre de sous-couche – sable**, comme dans le schéma ci-dessous (Fig. 21). De la moraine brute, très pauvre en nutriment, pourrait également être testée.

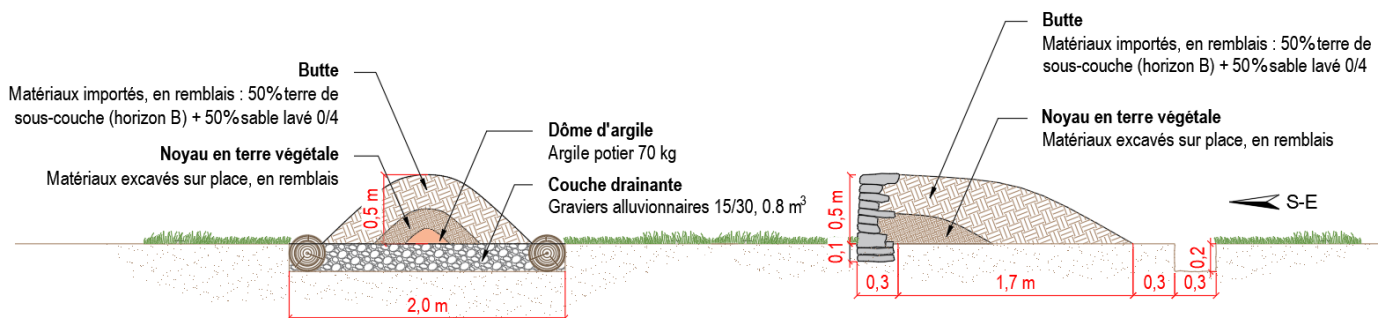


Figure 21 : schéma en coupe d'une butte lyonnaise modifiée (à gauche) et d'une butte HEPIA (à droite) avec réutilisation de la terre végétale excavée en « noyau », sous à couche de mélange terre-sable.

- Les structures doivent être installées **dans des endroits bien ensoleillés**.
- Dans le cas où la **terre importée ou excavée sur place serait trop caillouteuse (> 50%)**, le **criblage des matériaux est souhaitable** afin de garantir une fraction suffisante de matières fines dans la butte.
- Un désherbage régulier (1/mois) d'avril à septembre permet limiter la végétation spontanée et ainsi de conserver du sol nu.
- L'installation d'une clôture autour de l'aménagement n'est pas obligatoire.

- Les structures doivent être placées à proximité de **sources de nourriture abondante**.

## 5.2 Entretien courant des parcs

Si les aménagements proposés sont efficaces pour soutenir la reproduction d'une abondante apidofaune, les surfaces impliquées restent anecdotiques. Le véritable défi est de trouver des méthodes d'entretien courant des parcs urbains qui favorisent (ou au moins conservent) les sites de nidification des espèces terricoles. Voici quelques simples recommandations issues de nos recherches.

- Les **surfaces dépourvues de végétation**, souvent à cause du piétinement, sont très **favorables à la nidification des abeilles terricoles**. Elles doivent être conservées dans la gestion, particulièrement lorsqu'elles sont situées à des **endroits bien exposés**.
- Les parcelles de prairie fleurie apportent des ressources alimentaires indispensables aux abeilles sauvages et autres pollinisateurs. Toutefois, **les abeilles sauvages pénètrent peu à l'intérieur de grandes parcelles. La fauche de cheminements au travers de ce type de parcelle est très favorable aux abeilles sauvages**. Cela permet d'une part de faciliter la pénétration des abeilles à l'intérieur de la prairie, mais également de dégager du sol nu, ce qui est favorable à la nidification des espèces terricoles. Le passage des piétons à travers ces cheminements augmente encore les probabilités de conserver du sol nu à moindre effort.
- De la même manière, nous recommandons de continuer et d'appliquer largement la mesure qui consiste à **tondre (ou faucher à 10 cm) les bordures des prairies fleuries** ou autres surfaces moins gérées que le gazon. En effet, ces bordures fauchées sont très favorables à la nidification des espèces terricoles.
- **Eviter de remanier le sol durant la période de nidification** (de mars à septembre), particulièrement si les surfaces présentent un faible recouvrement de la végétation et sont bien exposées au soleil.

## 6 CONCLUSION

Cette étude a permis d'apporter davantage de connaissances sur l'écologie de nidification des abeilles terricoles en milieu urbain.

Nous avons montré que les espèces terricoles utilisent préférentiellement du sol nu bien exposé au soleil. Des surfaces très anthropisées et gérées intensivement tel que les gazons, peuvent accueillir des sites de nidification et cela, même si elles sont régulièrement piétinées.

Les aménagements proposés sont efficaces, quel que soit leur type. Un effort conséquent de désherbage doit néanmoins être mis en œuvre. En effet, nous avons constaté que ces aménagements deviennent moins attractifs lorsqu'ils se végétalisent. Nous proposons quelques pistes d'amélioration afin de réduire l'effort d'entretien.

Ces aménagements sont également un outil efficace de dialogue avec le public, qui a ainsi l'occasion de découvrir ce groupe indispensable au bon fonctionnement des écosystèmes. Toutefois, les surfaces dédiées à ce genre d'aménagement restent restreintes. En effet, ce sont les efforts consentis pour la gestion courante des parcs qui sont susceptibles d'avoir un réel impact sur la santé des communautés.

## 7 BIBLIOGRAPHIE

- Amiet, F., et al. (2001). Apidae 3 - Halictus, Lasioglossum. Neuchâtel, CSCF & SEG.
- Amiet, F., et al. (2004). Apidae 4. Neuchâtel, CSCF & SEG.
- Amiet, F., et al. (2007). Apidae 5. Neuchâtel, CSCF & SEG.
- Amiet, F., et al. (2010). Apidae 6 - Andrena, Melliturga, Panurginus, Panurgus. Neuchâtel, CSCF & SEG.
- Amiet, F., et al. (2014). Apidae 2 - Colletes, Dufourea, Hylaeus, Nomia, Nomioides, Rophitoides, Rophites, Sphecodes, Systropha. Neuchâtel, CSCF & SEG.
- Amiet, F., et al. (2017). Apidae 1 - Allgemeiner Teil, Gattungen, Apis, Bombus Neuchâtel, Info fauna - CSCF & SEG.
- Amiet, F. a. K., A. (2012). Bienen Mitteleuropas: Gattungen, Lebensweise, Beobachtung. Bern, Haupt.
- Angold, P. G., et al. (2006). "Biodiversity in urban habitat patches." Science of the Total Environment **360**(1-3): 196-204.
- Ayers, A. C. and S. M. Rehan (2025). "Determining bee community response to urbanization through multi-year monitoring." Urban Ecosystems **28**(5): 14.
- Baldock, K. C. R., et al. (2015). "Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects." Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences **282**(1803).
- Barot, S., et al. (2019). "Urban ecology, stakeholders and the future of ecology." Science of the Total Environment **667**: 475-484.
- Bertschy, S. (2025). Abeilles terricoles dans les parcs de Genève: suivi de la colonisation d'infrastructures écologiques et analyse de facteurs abiotiques de nidification. h.-. HES-SO. Genève, Haute Ecole du Paysage d'Igénierie et d'Architecture de Genève: 84.
- Cane, J. H. (1991). "Soils of ground-nesting bees (Hymenoptera, Apoidea) - Texture, moisture, cell depth and climate " Journal of the Kansas Entomological Society **64**(4): 406-413.
- Danforth, B. N., et al. (2019). The solitary bees. Princeton, New Jersey, Princeton University Press.
- de Meris, T. (2024). Suivi de la colonisation d'infrastructures écologiques dédiées à la nidification des abeilles et autres Hyménoptères terricoles dans trois parcs de la ville de Genève. h.-. HES-SO. Genève, Haute Ecole du Paysage d'Igénierie et d'Architecture de Genève: 49.

- Dylewski, L., et al. (2019). "Are all urban green spaces a favourable habitat for pollinator communities? Bees, butterflies and hoverflies in different urban green areas." Ecological Entomology **44**(5): 678-689.
- Fortel, L., et al. (2016). "Use of human-made nesting structures by wild bees in an urban environment." Journal of Insect Conservation **20**(2): 239-253.
- Fountain, M. T., et al. (2023). "Location and Creation of Nest Sites for Ground-Nesting Bees in Apple Orchards." Insects **14**(6): 15.
- Garibaldi, L. A., et al. (2013). "Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance." Science **339**(6127): 1608-+.
- Geslin, B., et al. (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.
- Gobat, J.-M. A., M; Matthey, W (2010). Le sol vivant Base de pédologie - Biologie des sols, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- Harmon-Threatt, A. (2020). Influence of Nesting Characteristics on Health of Wild Bee Communities. Annual Review of Entomology, Vol 65. A. E. Douglas. **65**: 39-+.
- Heiniger, C., et al. (2023). "Floral resources used by bees in urban areas: the case of Geneva, Switzerland." Frontiers in Ecology and Evolution **11**: 10.
- Hennig, E. I. and J. Ghazoul (2012). "Pollinating animals in the urban environment." Urban Ecosystems **15**(1): 149-166.
- Hernandez, J. L., et al. (2009). "Ecology of urban bees: A review of current knowledge and directions for future study." Cities and the Environment **2**(1): 1-13.
- Johansson, V., et al. (2018). "Estimates of accessible food resources for pollinators in urban landscapes should take landscape friction into account." Ecosphere **9**(10).
- Kratschmer, S., et al. (2018). "Buzzing on top: Linking wild bee diversity, abundance and traits with green roof qualities." Urban Ecosystems **21**(3): 429-446.
- Lanner, J., et al. (2019). "City dwelling wild bees: how communal gardens promote species richness." Urban Ecosystems.
- Mach, B. M. and D. A. Potter (2018). "Quantifying bee assemblages and attractiveness of flowering woody landscape plants for urban pollinator conservation." Plos One **13**(12).
- MacIvor, J. S. and L. Packer (2015). "'Bee Hotels' as Tools for Native Pollinator Conservation: A Premature Verdict?" Plos One **10**(3).

- Maher, S., et al. (2019). "Using citizen science to examine the nesting ecology of ground-nesting bees." Ecosphere **10**(10).
- Majewska, A. A. and S. Altizer (2020). "Planting gardens to support insect pollinators." Conservation Biology **34**(1): 15-25.
- Martin, A.-J. (2008). "wildbienen.de." 2022.
- Matteson, K. C., et al. (2008). "Bee richness and abundance in New York city urban gardens." Annals of the Entomological Society of America **101**(1): 140-150.
- McIntyre, N. E. and M. E. Hostetler (2001). "Effects of urban land use on pollinator (Hymenoptera : Apoidea) communities in a desert metropolis." Basic and Applied Ecology **2**(3): 209-218.
- Michener, C. (2007). The Bees of the World. Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Michez, D. R., P.; Terzo, M. and Vereecken, N. (2019). Abeilles d'Europe. Verrières-le-Buisson, N.A.P Editions.
- Müller, A., et al. (1997). Biene: mitteleuropäische Gattungen, Lebensweise, Beobachtung. Munique, Natur Buch Verlag.
- Müller, A. and C. Praz (2024). "Liste Rouge des Abeilles menacées en Suisse." L'environnement pratique.
- Neumüller, U., et al. (2022). "Artificial Nesting Hills Promote Wild Bees in Agricultural Landscapes." Insects **13**(8): 15.
- Ollerton, J. (2020). Pollinators & Pollination, Pelagic Publishing.
- Pereira, F. W., et al. (2021). "More losses than gains in ground-nesting bees over 60 years of urbanization." Urban Ecosystems **24**(2): 233-242.
- Rochefort, S. a. H., C (2019). Abondance et diversité des abeilles sauvages dans les parcs et fermes urbaines du canton de Genève, HES-SO, Haute Ecole du paysage d'Ingénierie et d'Architecture: 17.
- Sardinas, H. S. and C. Kremen (2014). "Evaluating nesting microhabitat for ground-nesting bees using emergence traps." Basic and Applied Ecology **15**(2): 161-168.
- Somme, L., et al. (2016). "Food in a row: urban trees offer valuable floral resources to pollinating insects." Urban Ecosystems **19**(3): 1149-1161.

Süle, G., et al. (2025). "Pollinator-Promoting Interventions in European Urban Habitats-A Synthesis." Ecology Letters **28**(8): 18.

Vereecken, N. (2017). Découvrir & protéger nos abeilles sauvages. Grenoble, Glénat.

Vyghen, F. and H. Mouret (2021). REHAB : Réhabiliter les habitats pionniers pour les abeilles sauvages et autres hyménoptères (2019-2020). Lyon, Arthropologia.

Westrich, P. (2019). Die Wildbienen Deutschlands. Stuttgart (Hohenheim), Ulmer.

Zurbruchen, A. a. M., A. (2012). Wildbienenschutz - von der Wissenschaft zur Praxis. Bern, Haupt.

## 8 ANNEXES

8.1	Fiche technique - structure de nidification pour les Hyménoptères terrioles.....	40
8.2	Protocole de suivi des structures à hyménoptères.....	48
8.3	Thèse de bachelor de Timothé de Meris (2024) - Suivi de la colonisation d'infrastructures écologiques dédiées à la nidification des abeilles et autres Hyménoptères terrioles dans trois parcs de la ville de Genève .....	53
8.4	Thèse de bachelor de Simon Berchy (2025) - Abeilles terrioles dans les parcs de Genève : suivi de la colonisation d'infrastructures écologiques et analyse de facteurs abiotiques de nidification .....	111

## 8.1 Fiche technique - structure de nidification pour les hyménoptères terricoles

### CONCEPTION

En 2023, dans le cadre du projet « Bed 4 bees - Des lits pour les abeilles en ville de Genève », six structures dédiées à la nidification des abeilles sauvages ont été mises en place dans trois parcs genevois. Les parcs Beaulieu, Barton et Eaux-Vives ont été agrémentés de deux types de structures favorables aux hyménoptères, visant à augmenter le potentiel de sites de nidification pour les abeilles terricoles.

Le premier type de structure, ci-après appelée « butte lyonnaise » est une reproduction modifiée de l'expérience menée par l'association Arthropologia de Lyon (Vyghen et Mouret, 2021). Dans cette étude, il est démontré que les « buttes à hyménoptères » qu'ils ont conçues sont effectivement colonisées par les abeilles sauvages terricoles. Pour cette raison, ce type de structure a été installé dans les parcs genevois comme témoin, pour comparaison de l'attractivité avec le second type de structure, ci-après appelée « butte HEPIA ». La butte lyonnaise est une butte en terre de 4 m<sup>2</sup>, dont le centre est constitué d'un dôme d'argile. Le tout est installé sur une couche drainante en graviers, délimitée par des rondins partiellement enfouis. Pour les buttes lyonnaises installées à Genève en 2023, la terre végétale utilisée provient directement du site de construction, contrairement à ce qui a été fait dans l'expérience de Vyghen et Mouret en 2021. Ce choix découle d'un constat fait par les auteurs : les différentes textures de sols utilisés pour former les buttes ne semblent pas avoir un impact très important sur la colonisation des espèces.

La conception du second type de structure, la butte HEPIA, s'appuie sur les données issues de la littérature et sur les observations de terrain faites dans les parcs genevois en 2022. Lors des campagnes de terrain, il a été constaté, d'une part, que la majorité des nids d'abeilles terricoles étaient situés dans des zones à faible recouvrement de la végétation ou exemptes de végétation. D'autre part, des nids ont été observés sur des parois verticales en terre, notamment dans des trous creusés par des chiens. De plus, les analyses des sols effectuées à proximité des nids observés montrent que les propriétés du sol sur les sites de nidification varient peu au sein d'un même parc. Cela implique qu'il est possible d'utiliser directement le sol en place pour construire les structures. En découle une proposition innovante pour les parcs genevois ; la butte HEPIA est une structure de 4,5 m<sup>2</sup> formée d'une butte dépourvue de végétation, dont la face nord-ouest est adossée à un mur en pierre sèche, et dont le côté sud-est se termine par un replat suivi d'une creuse. Cette structure a été conçue pour apporter une grande variété de mirco-habitats - pente, replat, parois verticales et zone pour les espèces saxicoles (mur en pierres sèches) - pouvant répondre aux besoins de différentes espèces d'abeilles.



Structures à hyménoptères installées dans les parcs genevois en 2023. À gauche : butte lyonnaise modifiée, parc Barton, 11.03.2025. À droite : butte HEPIA, parc Barton, 09.04.2025.

## LOCALISATION

La localisation et l'orientation des structures sont cruciales pour garantir leur bon fonctionnement. Elles doivent bénéficier d'un ensoleillement le plus important possible. Dans la mesure de l'espace à disposition, on privilégiera un placement de la structure dans un espace ouvert et abrité du vent, le plus éloigné possible d'arbres ou de constructions qui pourraient lui apporter de l'ombre. On veillera cependant à vérifier la proximité de l'aménagement avec des ressources alimentaires abondantes (prairie ou massif fleuri, haie vive, etc.).

Pour la butte HEPIA, la face avec la pente suivie de la creuse est orientée sud-est, afin de maximiser la surface de sol nu bien exposé. Le mur en pierre sèche est placé à l'opposé, orienté nord-ouest (voir plan).

Les structures installées en 2023 à Genève sont localisées dans des secteurs aux conditions variables ; le placement des structures du parc Beaulieu répond à toutes les recommandations, alors que celles du parc Barton sont situées dans un endroit plus ombragé et exposé au vent, et celles du parc des Eaux-Vives dans une zone relativement pauvre en ressources alimentaires.



*Plan de localisation des structures à Hyménoptères mises en place dans les parcs Barton, Beaulieux et des Eaux-vives en 2023.*

## Matériaux et machines






Les éléments listés dans ce chapitre ont été utilisés pour la mise en place des structures à Genève en 2023. Ils peuvent être adaptés au besoin. Les deux types de structure ont été réalisés en utilisant, autant que possible, des matériaux présents sur place ou importés, mais issus des activités de la ville de Genève. Par exemple, les rondins de bois sont issus de coupes d'arbres sur le territoire, et les pierres des murs en pierre sèche proviennent d'un surplus de la rénovation de la roseraie du parc La Grange.

La terre végétale excavée durant les travaux a été réutilisée sur place pour former les buttes, et complétée par un mélange de terre fourni par le Service des espaces verts de la ville de Genève (SEVE). Ce mélange, ci-après appelé « mélange SEVE », est composé de 50 % de terre franche, 25 % de sable lavé 0/4 et 25 % de terreau type Nant de Chatillon.




Pour le dôme d'argile utile au démarrage du montage de la butte lyonnaise, il semble possible d'obtenir gratuitement de tels matériaux auprès de graviéristes, par exemple l'entreprise Matériaux Alluvionnaires SA. Cependant la démarche doit être anticipée plusieurs semaines en avance, car une météo trop pluvieuse ne permet pas l'extraction de l'argile. En 2023, la période de réalisation de l'aménagement étant tombée sur le mois le plus pluvieux de l'année, de l'argile du commerce a été fournie par HEPIA (argile de potier de chez Jumbo).

Ci-dessous les matériaux et les machines utilisés pour la construction des deux types de structure dans les parcs genevois en 2023. Les quantités indiquées correspondent à une structure.



### Butte lyonnaise modifiée :

-  0,8 m<sup>3</sup> de gravier de drainage alluvionnaire 15/30
-  0,4 m<sup>3</sup> de sable (volume foisonné 0,45 m<sup>3</sup>)
-  0,4 m<sup>3</sup> de terre végétale (terre végétale excavée + mélange SEVE ; volume foisonné 0,5 m<sup>3</sup>)
-  4 rondins de bois, L 2 m, Ø 10-20 cm
-  0,04 m<sup>3</sup> (70 kg) d'argile








### Butte HEPIA :

-  0,5 m<sup>3</sup> de sable (volume foisonné 0,6 m<sup>3</sup>)
-  0,5 m<sup>3</sup> de terre végétale (terre végétale excavée + mélange SEVE ; volume foisonné 0,65 m<sup>3</sup>)
-  0,5 m<sup>3</sup> de pierres plates (~ 100 pierres, selon leurs tailles)

### Finitions (pour les deux structures côte à côte) :

-  ~ 25 m.l. de ganivelles en châtaigner Landi H 0,9 m
-  ~ 16 piquets bois (1 pce/1.5 m.l.)

### Machines et matériel (pour les deux structures) :

-  Mini pelle mécanique munie d'un godet standard (L 0,3-0,4 m pour formation de la creuse et de l'assise du mur en pierre sèche, plus grand si nécessaire pour le reste des travaux)
-  Bêche et pelle à main
-  Dameuse à main
-  Tronçonneuse (seulement pour la butte lyonnaise)
-  En fonction de l'accès au chantier : brouette et/ou mini chargeur
-  Piquets de marquage et spray de marquage
-  Plaques et bâches de protection

# Bed 4 bees - Des lits pour les abeilles en ville de Genève

Structures favorables à la nidification des hyménoptères

1 : 20

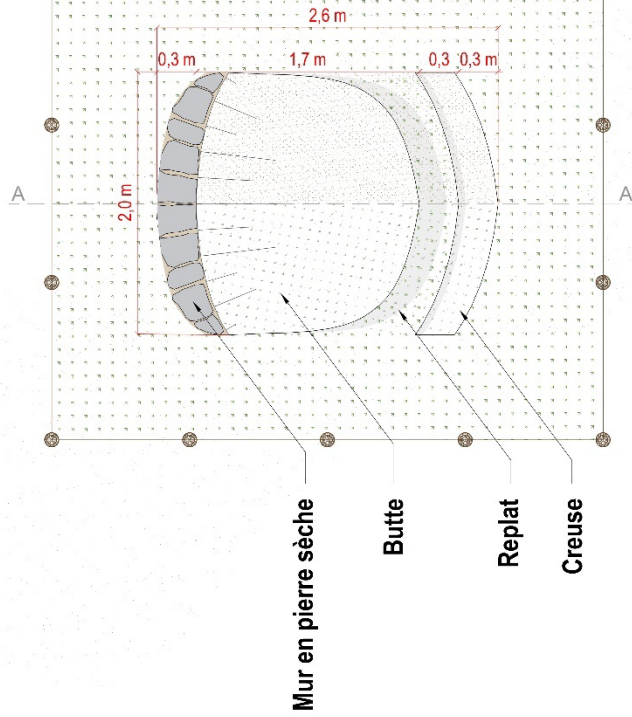
Légende		PROJET N°111007
	Soil nu	CONTRÔLE D'UNION N°102
	Végétation spontanée	RELEVÉS
	Clôture ganivelle	DESIGN
		DATE
		LIBRÉ
		LIBRÉ
		LIBRÉ
		LIBRÉ

## HEPIA | GESTION DE LA NATURE

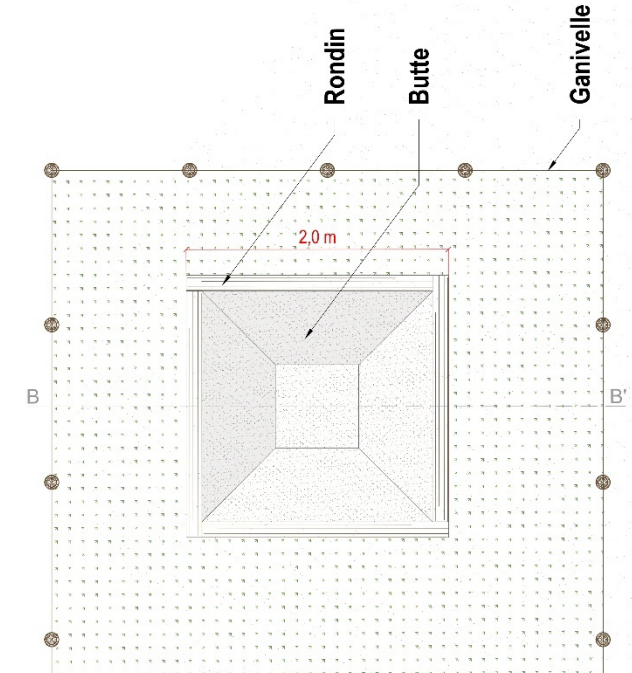
Haute école de paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève  
150 Route de Presingy, CH-1254, Jussy (GE)  
+41 22 558 52 33 | gn.hepia@hesge.ch | www.hesge.ch/hepia



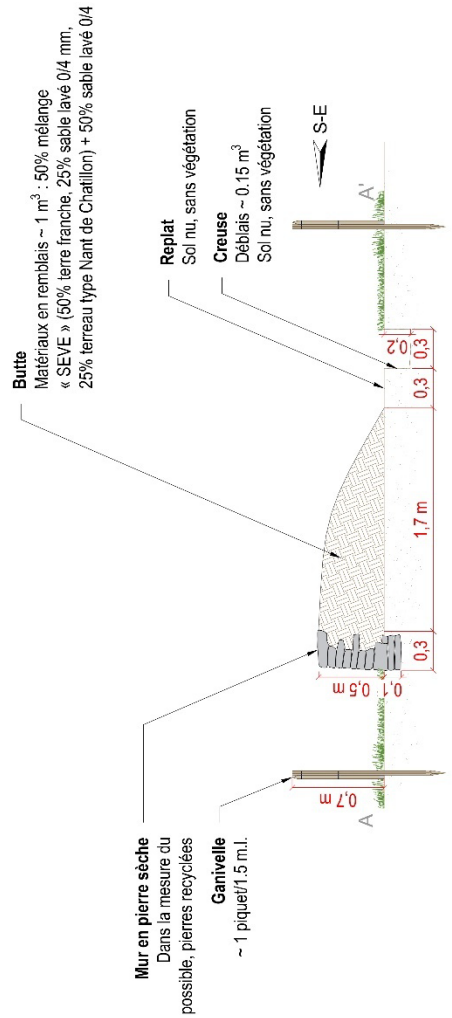
### Butte HEPIA



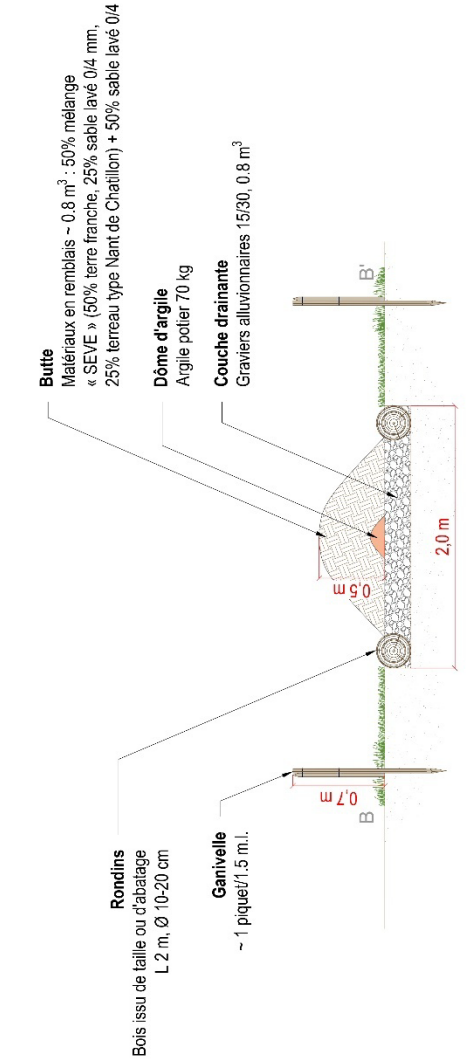
### Butte Lyonnaise modifiée



### Profil AA' - Butte HEPIA



### Profil BB' - Butte Lyonnaise modifiée



## Construction

### Butte lyonnaise modifiée :

- 1) Marquer les dimensions de la structure au sol.
- 2) Excaver la terre végétale sur 0,2 m de profondeur sur toute la surface de la butte (4 m<sup>2</sup>).
- 3) Entreposer la terre végétale excavée sur une bâche et éliminer les mottes à la main, en prenant soin de retirer un maximum de matériel végétal (feuilles, racines, etc.)
- 4) Mélanger la terre végétale émiettée avec le mélange SEVE et le sable 0/4.
- 5) Poser les rondins sur les 4 côtés de la fosse en adaptant leur longueur si nécessaire.
- 6) Remblayer la base de la butte avec le gravier de drainage à fleur de terrain.
- 7) Déposer l'argile au centre de la fosse remblayée et former un dôme.
- 8) Former la butte autour du dôme d'argile avec le mélange terre végétale-sable jusqu'à une hauteur d'environ 0,5 m, en lui donnant une forme de pyramide aplatie au sommet.
- 9) Tasser la butte à l'aide du godet de la mini pelle et terminer à la dame à main pour lisser la surface.
- 10) Poser la clôture en ganivelle en laissant un espace suffisant pour circuler autour de l'aménagement.



## Butte HEPIA :

- 1) Marquer les dimensions de la structure au sol.
- 2) Creuser l'assise du mur en pierre sèche (profondeur ~ 0.1 m) et de la creuse (profondeur ~ 0.2 m), sur une largeur de 0,3 à 0,4 m et une longueur de 2,0 m, selon un léger arrondi (voir plan).
- 3) Entreposer la terre végétale excavée sur une bâche et éliminer les mottes à la main, en prenant soin de retirer un maximum de matériel végétal (feuilles, racines, etc.)
- 4) Mélanger la terre végétale émiettée avec le mélange SEVE et le sable 0/4.
- 5) Démarrer le montage du mur en pierres sèches. Poser les pierres de fondation et monter la deuxième couche de pierres.
- 6) Remblayer la base du mur en pierre sèche avec le mélange terre végétale-sable, puis continuer le montage du mur et la mise en place de la butte en parallèle, afin que le mur prenne appui sur la butte. Veiller à donner un léger fruit au mur en pierre sèche durant le montage afin de garantir sa stabilité.
- 7) Pendant la mise en place de la butte, tasser régulièrement à l'aide du godet de la pelle ou d'une dame à main.
- 8) Poursuivre la construction du mur et de la butte ainsi jusqu'à une hauteur d'environ 0,5 m.
- 9) Terminer le montage du mur en posant les pierres de couverture et en ajustant le sommet de la butte à fleur des pierres de couverture.
- 10) Terminer la butte en la tassant à la dame à main pour lisser la surface.
- 11) Lisser les parois de la creuse à l'aide d'une bêche et tasser le fond à l'aide de la dame à main.
- 12) Si nécessaire, poser la clôture en ganivelle en laissant un espace suffisant pour circuler autour de l'aménagement.



## CALENDRIER DES TRAVAUX ET ENTRETIEN

Les travaux ont été effectués en novembre 2023 dans les 3 parcs. Deux jours de travaux ont été nécessaires pour chaque aménagement (butte lyonnaise + butte hepia + pose des clôtures).

Les structures ont ensuite été régulièrement entretenues pour maintenir les surfaces de sol nu, sous la forme d'un désherbage manuel mensuel de mars à septembre. Lors du désherbage, toute la végétation est arrachée sur les deux buttes, sur la zone de replat et dans la creuse, si possible avec les racines, mais en évitant de trop déstabiliser la surface du sol. Une journée suffit à désherber les neuf structures dans les trois parcs genevois, y compris les déplacements. La surface en herbe autour des structures a également été fauchée 1 à 2 fois par an. Cette étape n'est pas nécessaire pour le bon fonctionnement des structures, mais permet de conserver un aspect visuel net autour de l'aménagement.



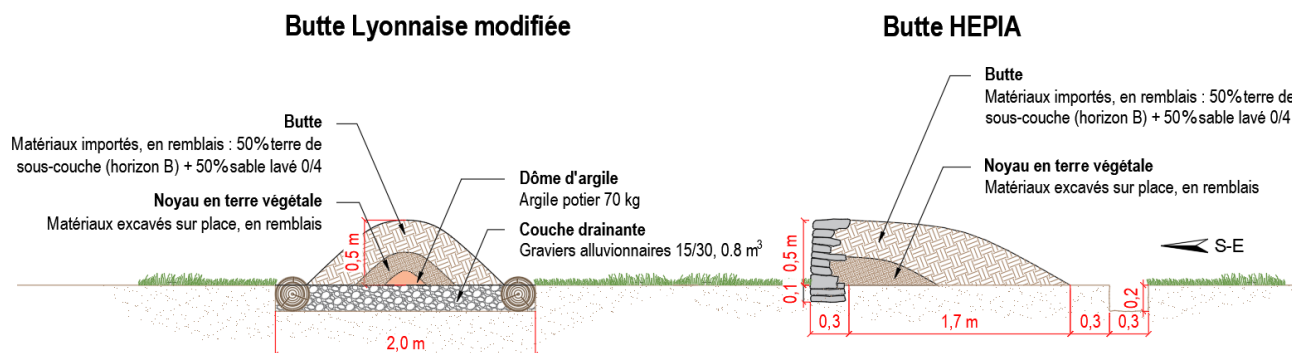
*Butte HEPIA (à droite) et butte lyonnaise (à gauche) au parc des Eaux-Vives, avant et après désherbage (19 août 2025).*

## RECOMMANDATIONS

Fort de l'expérience tirée de la construction puis des deux ans de suivi et d'entretien des six structures mises en place dans les parcs genevois, voici quelques recommandations pour la mise en œuvre de nouvelles structures favorables à la nidification des abeilles sauvages terrioles.

- En 2024 et 2025, une quantité similaire de nids d'abeilles sauvages ont été observés sur les deux types de structures (butte lyonnaise modifiée et butte HEPIA). Ainsi, **il est possible de construire l'un ou l'autre type de structure, ou les deux**, en fonction des besoins, de l'espace et des matériaux à disposition, etc.
- **Les dimensions indiquées dans le présent document sont les dimensions minimales pour de telles structures.** Il s'agit de celles des aménagements mis en place en 2023. Il est possible de construire de nouvelles structures même taille ou plus grandes, mais pas plus petites.

- Le désherbage des structures des parcs genevois s'est avéré particulièrement fastidieux. Afin de **limiter le développement de la végétation spontanée** et de garantir une surface de sol nu la plus étendue possible, il est **vivement recommandé d'utiliser de la sous-couche** (horizon B) à la place de la terre végétale dans le mélange terre-sable destiné à la construction des buttes. Cela permettrait d'éviter un apport de matériaux contenant déjà un stock grainier important et de former un milieu moins riche en nutriments, potentiellement défavorable à une croissance rapide et importante de la végétation spontanée.
- Il est tout de même préconisé de **réutiliser la terre végétale excavée sur place, mais en la plaçant sous le mélange terre de sous-couche – sable**, comme dans le schéma ci-dessous. De la moraine brute, très pauvre en nutriment, pourrait également être testée.



- Entretien jusqu'en septembre afin de limiter la végétation spontanée.
- Dans le cas où la **terre importée ou excavée sur place serait trop caillouteuse (> 50 %)**, le **criblage des matériaux est souhaitable** afin de garantir une fraction suffisante de matières fines dans la butte.
- L'installation d'une clôture autour de l'aménagement n'est pas obligatoire.
- Les structures doivent être installées **dans des endroits bien ensoleillés**.
- Les structures doivent être placées à proximité de **sources de nourriture abondante**.

## 8.2 Protocole de suivi des structures à hyménoptères

Protocole de suivi des structures dédiées à la nidification des abeilles sauvages terricoles.

Auteur : Timothé de Meris

### **Méthode de suivi sur les buttes aménagées pour le projet « Bed for Bees »**



**Lieu :**

Parc Beaulieu, Parc Barton, Parc des Eaux-Vives

**Objectifs :**

- Identifier les genres d'Hyménoptères associés à chaque structure aménagée.
- Évaluer la version la plus efficace pour fournir des ressources de nidification pour un maximum de genre d'abeille sauvage.

**Matériel nécessaire pour une journée d'identification des abeilles sur les buttes aménagées :**

15 boites loupes

1 stylo indélébile

1 crayon

1 gomme

1 téléphone portable avec appareil photo de bonne qualité

1 batterie portable pour charger le téléphone en cas de besoin

1 glacière

4 kg de glace pilée

Feuilles millimétrées

Boite de cure-dents

Scotch de couleur

1 mètre pliable

1 porte bloc-notes

1 Gilet jaune ou orange de signalisation

Plusieurs fiches de relevé des abeilles sauvages dans les parcs de la commune de Genève

## Méthode

Pour les identifications et captures, elles devront être effectuées dans des conditions optimales :

- Absence de pluie
- Vitesse du vent inférieure à 30km/h
- Température minimale de 15°C
- Captures effectuées entre 9 heures et 17 heures

Les conditions seront notées sur les fiches de relevé utilisée sur le terrain. Si les conditions ne sont pas favorables, il sera nécessaire de reporter les captures à une date ultérieure ou les conditions favorables.

## Différentes étapes à suivre lors de capture et d'identification des abeilles

### 1. Préparation avant de se rendre sur les sites de capture

Vérifier les conditions météorologiques et reporter les captures si nécessaire.

Préparer le matériel ainsi que la glacière avec les 4 kg de glace pilée.

S'assurer que la glacière est suffisamment grande pour contenir une dizaine de boîtes-loupes en plus de la glace pilée.

Préparer des drapeaux avec des cure-dents et du scotch de couleur :

- 1er jour de terrain : Violet
- 2ème jour : Bleu
- 3ème jour : Orange
- 4ème jour : Vert
- 5ème jour : Rouge

Dans le cas où toutes les couleurs de scotch disponibles ont été utilisées, ajoutez la date sur l'une des faces du drapeau.

## 2. Observation sur le terrain

- Lancer un minuteur de 40min/butte observée.
- Observer les abeilles revenant d'un vol et s'approchant des nids.

Pour la butte lyonnaise, il faut se positionner sur l'une des arêtes afin de pouvoir observer facilement deux faces à la fois. Une fois habitué, il est possible d'utiliser la vision périphérique et d'observer toutes les faces en même temps. Il est tout de même intéressant de changer d'arête toutes les 10 minutes pour faciliter l'observation de chaque face.

Pour la butte Hepia, il faut se positionner du côté de la face nue de végétation et y rester 40 minutes. Une fois que la végétation de l'autre moitié aura été coupée à 5 cm de hauteur, il faudra faire 20 minutes par côté.

- Une fois l'abeille rentrée dans son nid, déposer un drapeau juste à côté du nid.
- Noter le numéro de capture sur une face du drapeau et sur le bocal de capture selon le code convenu (voir page 7). Le premier individu capturé : n°1, le deuxième : n°2, etc.
- Mettre un bocal numéroté (correspondant au numéro du drapeau) par-dessus le nid (voir Fig. 1).



Figure 1 : Bocal en position de capture et drapeaux de nid déjà identifiés sur la butte lyonnaise dans le parc de Beaulieu. © T.de Meris

- Continuer les observations et la mise en place des bocaux et drapeaux pour chaque abeille entrant dans son nid. Une fois les 40 minutes d'observation écoulées, si des bocaux sont toujours en place et qu'aucune abeille n'est sortie, réglez un minuteur pour 15 minutes supplémentaires afin d'augmenter les chances qu'elles sortent et puissent être identifiées. Pendant ces 15 minutes, n'effectuez aucune nouvelle observation sur d'autres nids. Il est possible de profiter de ce temps pour préparer le matériel pour la butte suivante.

### 3. Capture et Endormissement

- Fermer rapidement le bocal avec un couvercle pour piéger l'abeille à l'intérieur.
- Placer le bocal dans la glacière pour endormir l'abeille (5-7min).

### 4. Identification et prises de photos

- Vérifier si l'abeille est endormie :

- Oui : Si elle n'est plus accrochée à la paroi et qu'elle ne bouge plus c'est qu'elle est endormie. Continuer avec l'identification et les photos.
- Non : Remettre l'abeille dans le bocal et la glacer à nouveau.
- Une fois endormie, déposer l'abeille sur un papier millimétré.
- Prendre des photos de l'abeille (voir Fig. 2).
- Identifier l'abeille jusqu'au genre.

Lors de cette phase, il est nécessaire d'arrêter le minuteur, puisque l'observation est arrêtée. Une fois que les quelques abeilles ont été identifiées et que l'on est à nouveau devant la butte, on relance le minuteur.



Figure 2 : Photographie d'une abeille sauvage du genre *Lasioglossum* sur un papier millimétré © T.de Meris

Toutes les informations récoltées sur le terrain seront transcrites sur une fiche de relevé (voir Tab.1)

8.3 Thèse de bachelor de Timothé de Meris (2024) - Suivi de la colonisation d'infrastructures écologiques dédiées à la nidification des abeilles et autres Hyménoptères terricoles dans trois parcs de la ville de Genève

« Suivi de la colonisation d'infrastructures écologiques  
dédiées à la nidification des abeilles et autres  
Hyménoptères terricoles dans trois parcs de la ville de  
Genève »



Travail de bachelor présenté par :

Timothé DE MERIS

pour l'obtention du titre Bachelor of Science HES-SO en Gestion de la nature

**Septembre 2024**

Répondante HEPIA

**Charlène HEINIGER**

Responsable de la filière

Gestion de la nature

**Patrice Prunier**

Conseillère Scientifique

**Charlène HEINIGER**

## Déclaration

Ce travail de Bachelor est réalisé dans le cadre de l'examen final de la Haute École du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève, en vue de l'obtention du titre de Bachelor HES-SO en Gestion de la nature.

L'étudiant assume la responsabilité du travail et accepte, le cas échéant, la clause de confidentialité. Par contre, les conclusions et les recommandations qu'il y formule, sans préjuger de leur valeur, n'engagent ni les responsabilités de l'auteur, ni celle du répondant HEPIA ni celle du conseiller scientifique, des experts et de HEPIA.

« J'atteste avoir réalisé seul(e) le présent travail, sans avoir utilisé des sources autres que celles citées dans la bibliographie. »

Fait à Genève, le 8 août 2024

Timothé De Meris

## Remerciements

Je souhaite particulièrement remercier Charlène Heiniger pour la passion qu'elle a réussi à transmettre sur ce sujet. Son enthousiasme et son expertise ont grandement enrichi mes connaissances, ma compréhension et facilité mon engagement dans ce travail.

Je remercie également Cédric Basset pour son aide et ses réponses en informatique, qui ont été importantes à la réalisation de ce projet.

Un grand merci également à ma famille, ma fiancée et mes camarades pour leur motivation et le soutien qu'ils m'ont apportés tout au long de cette étude.

## Résumé

Ce travail de Bachelor explore l'efficacité de deux types d'aménagements visant à favoriser la nidification des abeilles terricoles dans trois parcs urbains de la commune de Genève. Le projet, conduit dans les parcs Beaulieu, Barton et Eaux-Vives, compare deux structures aménagées favorable à la nidification des abeilles terricoles, afin d'en déterminer l'efficacité. Le travail inclut la cartographie des micro-habitats dans le parc Barton, la Perle du Lac et des Eaux-Vives pour identifier les zones favorables à la nidification, suivie de prospections par observation directe des nids et capture des abeilles afin d'identifier les genres. Les résultats montrent quatre genres d'abeille terricoles colonisant ces infrastructures, avec une prédominance notable du genre *Lasioglossum*. Les données révèlent que les zones bien ensoleillées et les sols nus sont préférés pour la nidification, confirmant l'importance de ces conditions pour le succès des aménagements. Les recommandations proposées incluent l'amélioration des habitats en augmentant les surfaces de sol nu et en diversifiant les ressources florales à proximité des sites de nidification et dans tous les espaces verts. Ces mesures visent à renforcer la conservation des abeilles terricoles et à promouvoir une gestion durable des parcs urbains.

## Mots clés :

Abeilles sauvages, terricoles, aménagements, buttes, Hyménoptères, micro-habitats

## Abréviations

**SITG** : Système d'Information du territoire de à Genève.

**SEVE** : Service des espaces verts de la ville de Genève

# Table des matières

1.	Introduction .....	1
1.2	Contexte.....	1
1.2	Problématique .....	2
1.3	Questions de recherche .....	3
1.4	Hypothèses .....	3
1.5	Objectifs .....	3
2.	État des connaissances.....	4
2.1	Systematique .....	4
2.2	Caractéristique biologique .....	4
2.3	Reproduction.....	5
2.4	Habitats et sites de nidification des abeilles sauvages terricoles .....	5
2.5	Abeilles sauvages en milieux urbains : .....	7
2.6	Situation en Suisse et menaces .....	8
3.	Méthodologie.....	8
3.1	Méthodologie pour la cartographie des micros-habitats.....	8
3.1.1	Sites cartographiés.....	8
3.1.2	Les critères pris en compte pour les micro-habitats sont les suivants (Heiniger, 2021) :.....	9
3.1.3	Méthode d'analyse des résultats pour la cartographie des micros-habitats .....	10
3.2	Méthodologie pour les prospections des nids existants dans les parcs étudiés.....	10
3.2.1	Avant-propos.....	10
3.2.2	Méthode de capture pour la prospection des nids .....	10
3.2.3	Temps d'observation .....	12
3.2.4	Contrôles et deuxième prospection .....	12
3.2.5	Analyse des résultats pour la prospection des nids dans les parcs. ....	12
3.3	Méthode du suivi de la colonisation des abeilles terricoles et autres Hyménoptères sur les structures aménagées dédiées .....	13
3.3.1	Avant-propos.....	13
3.3.2	Méthode de capture pour le suivi des structures aménagées .....	14
3.3.3	Sites d'études des suivis .....	14
3.3.4	Méthodologie du suivi des buttes aménagées .....	15
3.3.5	Entretiens nécessaires .....	17

3.3.6 Méthodologie d'analyse des résultats du suivi de la colonisation des abeilles terricoles et autres Hyménoptères sur les structures aménagées dédiées .....	18
4. Biais de l'étude .....	18
5. Résultats .....	19
5.1 Résultats pour les cartographies des micros-habitats.....	19
5.2 Résultat de la prospection des nids dans les parcs étudiés .....	22
5.2.1 Avant-propos .....	22
5.2.2 Descriptions des résultats des prospections des nids.....	22
.....	26
5.2.3 Analyse des résultats de la prospections des nids.....	27
5.3 Résultats du suivi de la colonisation des abeilles terricoles et autres Hyménoptères sur les structures aménagées.....	27
5.3.1 Avant-propos .....	27
5.3.2 Description des résultats du suivi des buttes .....	28
5.3.3 Analyse des résultats du suivi des buttes aménagées.....	29
6 Discussions des résultats .....	32
6.1 Discussion des résultats des cartographies des micro-habitats .....	32
6.2 Discussion des résultats de la prospection des nids.....	33
6.3 Discussion des résultats des prospections des buttes .....	34
6.3.1 Disparités des résultats entre le nombre de nid sur les différents sites .....	34
6.3.2 Contraintes .....	36
6.3.3 Diversité des expositions .....	36
6.3.4 Sensibilisation de la population .....	37
7. Propositions d'améliorations.....	37
7.1 Micro-habitats.....	37
7.2 Prospection des nids .....	38
7.3 Buttes aménagées .....	38
7.3.1 Réduire l'entretien .....	38
7.3.2 Réduire l'entretien avec la désinfection du sol.....	39
7.3.3 Nouveau type d'aménagement.....	39
7.3.4 Marquage des nids .....	40
7.3.5 Proposition d'espace pour de future buttes.....	40
8. Conclusion .....	45
9. Bibliographie .....	46

## Liste des figures

- Figure 1 : Les différents types de nids qu'il est possible d'observer chez les abeilles sauvages. (A) Nid à une cellule avec un bouchon, (Roubik & Michener, 1980). (B) Cheminée formant l'entrée du nid avec des cellules de couvains empilées ( Packer et al. 1989). (C) Nid composé d'une galerie verticale avec des cellules directement connectées aux tunnels, notamment chez les Halictidae (Eickwort & Sakagami, 1979). (D) Nid formant un tumulus et avec un tunnel principal relié a quelques cellules de couvain par un court tunnel latéral (Mathewson, 1968). © Antoine.C & Trembley.P \_\_\_\_\_ 6
- Figure 2 : Listes des micros-habitats observés dans les 3 parcs étudiés de Genève. © Heiniger.C \_\_\_\_\_ 8
- Figure 3 : Schéma des buttes proposées par l'HEPIA avec, à gauche, la butte d'HEPIA comprenant une creuse en avant, une pente exposée dont une moitié est végétalisée, et un mur en pierre sèche sur la face cachée. À droite, la butte lyonnaise est simplement structurée par un amas de matériaux compactés. Le tout est entouré d'une barrière afin de protéger les buttes de tout dommage. Un panneau de sensibilisation est orienté du côté des chemins utilisés par les usagers. © RENEVEY.L \_\_\_\_\_ 14
- Figure 4 : Bocal en position de capture et des drapeaux bleus et violets indiquant les nids déjà identifiés sur la butte lyonnaise dans le parc de Beaulieu le 06.06.2024. © T.DE MERIS \_\_\_\_\_ 16
- Figure 6 : Cartographie des micro-habitats dans le parc Barton et la Perle du Lac à Genève. © T.DE MERIS \_\_\_\_\_ 21
- Figure 5 : Cartographies des micro-habitats dans le parc des Eaux-Vives à Genève. © T.DE MERIS \_\_\_\_\_ 21
- Figure 7 : Nombre total de nids observés lors de la prospection des micro-habitats dans les parcs de la Perle du Lac, Barton, Beaulieu, Eaux-Vives, Mon Repos et La Grange en ville de Genève. © T.DE MERIS 24
- Figure 8 : Répartition des nids observés dans les parcs de Perle du Lac, Barton, Beaulieu, Eaux-Vives, Mon Repos et La Grange en ville de Genève. Les nombres au-dessus des barres représentent le nombre de nid qui ont été identifié dans les parcs concernés. © T.DE MERIS \_\_\_\_\_ 24
- Figure 10 : Cartographie des emplacements des anciens et nouveaux nids prospectés dans les micro-habitats du parc La Grange et des Eaux-Vives à Genève Les ronds et les carrés noirs sont des lieux nidifiés déjà observé en 2022 (Heiniger, 2022), les ronds rouges représentent les nouvelles observations. © T.DE MERIS \_\_\_\_\_ 25
- Figure 9 : Cartographie des emplacements des anciens et nouveaux nids prospectés dans les micro-habitats du parc Barton, La Perle du Lac et Mon Repos à Genève. Les ronds et les carrés noirs sont des lieux nidifiés déjà observé en 2022 (Heiniger, 2022), les ronds rouges représentent les nouvelles observations. © T.DE MERIS \_\_\_\_\_ 25
- Figure 11 : Cartographie des emplacements des anciens et nouveaux nids prospectés dans les micro-habitats du parc Beaulieu à Genève. Les ronds et les carrés noirs sont des lieux nidifiés déjà observé en 2022 (Heiniger, 2022). © T.DE MERIS \_\_\_\_\_ 26
- Figure 12 : Répartition des nids entre les micro-habitats exposé en bleu et ceux ombragé en rouge, dans les six parcs étudiés. © T.DE MERIS \_\_\_\_\_ 27
- Figure 13 : Graphique en barres montrant la répartition du nombre de nids observés pour différents genres d'abeilles terricoles dans les parcs de Beaulieu, Barton et Eaux-Vives selon les deux types de buttes suivis. Les différents genres d'abeilles sont représentés par des couleurs distinctes : Halictus en bleu, Lasioglossum en rouge, Andrena en vert et Megachile en violet. Les valeurs au-dessus des barres indiquent le nombre exact de nids observés pour chaque combinaison de butte, parc et genre d'abeille. © T. DE MERIS \_\_\_\_\_ 28
- Figure 14 : Exposition globale des nids identifiés sur les buttes aménagées lyonnaises et HEPIA dans les parcs de Beaulieu, Barton et Eaux-Vives. Le bleu représente les nids exposés au sud-est et le rouge ceux orientés au nord-ouest. Les 9 nids présents aux sommets des buttes lyonnaises n'ont pas été pris en compte. © T. DE MERIS \_\_\_\_\_ 29
- Figure 15 : Diagramme en boîte montrant la distribution du nombre de nids observés dans les trois parcs suivis : Barton en bleu, Beaulieu en jaune et Eaux-Vives en vert. Les boîtes représentent l'intervalle interquartiles (IQR) avec une ligne à l'intérieur de chaque boîte indiquant la médiane, ainsi qu'un cercle avec une croix représentant la moyenne. Les moustaches s'étendent aux valeurs minimales et maximales. Les écritures « ns » montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre le parc Barton et Eaux-Vives mais Beaulieu avec le « s » a une différence significative. Les lettres A et B sont pour montrer quels parcs ont des données similaires ou différentes © T. DE MERIS \_\_\_\_\_ 30
- Figure 16 : Le graphique en barres montrant la répartition du nombre de nids observés entre les buttes HEPIA et Lyonnaise dans les parcs de Barton, Beaulieu et Eaux-Vives, ainsi que le total des observations combinées. Les barres rouges représentent les observations sur la butte HEPIA, tandis que les barres

roses représentent les observations sur la butte Lyonnaise. Les chiffres au-dessus des barres indiquent le nombre exact d'individus observés pour chaque combinaison de parc et type de butte. Les écritures ns montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les buttes. Les lettres A et B sont pour montrer quels parcs ont des données similaires ou différentes © T. DE MERIS \_\_\_\_\_ 31

Figure 19 : Nid d'abeille du genre *Lasioglossum* en forme de cheminée de quelques millimètres, avec un faible recouvrement de la végétation, situé dans un cordon dans le parc La Grange le 25 juin 2024 © T. DE MERIS \_\_\_\_\_ 33

Figure 17 : Nid d'abeille du genre *Lasioglossum*, avec présence d'un tumulus et un recouvrement élevé de la végétation, dans un micro-habitat herbacé exposé, dans le parc des Eaux-Vives, le 11 juin 2024 © T. DE MERIS \_\_\_\_\_ 33

Figure 18 : Nid d'abeille du genre *Lasioglossum*, creusé à même le sol, avec un faible recouvrement de la végétation, dans le parc de Beaulieu, le 19 juin 2024 © T. DE MERIS \_\_\_\_\_ 33

Figure 20 : Propositions spatiales P9 et P10 dans le parc Rigot ayant obtenu le meilleur score, et donc ces sites sont mis en avant pour accueillir de futur aménagement favorisant les abeilles terricoles. © T. DE MERIS \_\_\_\_\_ 43

Figure 21 : Propositions spatiales P7 et P8 dans le parc Mon Repos ayant obtenu un bon score (6). Ce sont des lieux à mettre en avant pour accueillir de futur aménagement favorisant les abeilles terricoles. La position P6 a obtenu le score de 4 du fait de sa proximité avec le lac pouvant influencer les conditions abiotiques et rendre l'aménagement moins attractifs. © T. DE MERIS \_\_\_\_\_ 44

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Conditions météorologiques, heures et dates des suivis des buttes aménagées dans le parc Beaulieu, Barton et Eaux-Vives. Les conditions de prospections ont été respectées. © T. DE MERIS \_\_\_\_\_ 15

Tableau 2 : Répartition des micro-habitats prospectés dans les parcs de la Perle du Lac, Barton, Eaux-Vives en 2024, ainsi que le parc Beaulieu, La Grange et Mon Repos étudié en 2021 (Heiniger, 2021). Les typologies suivent celles proposées dans cette dernière étude. Les cellules roses mettent en avant les surfaces et les micro-habitats dominants dans chacun des parcs © T. DE MERIS \_\_\_\_\_ 20

Tableau 3 : Répartition des nids d'abeilles sauvages prospecté entre le 11 et le 25 juin, dans les parcs de la Perle du Lac, Barton, Beaulieu, Eaux-Vives, Mon Repos et La Grange en ville de Genève. Les données sont regroupées par parc et par densité de nids (5-10, 10-20, 20-50, 50-75). Les genres d'abeilles observés comprennent *Lasioglossum*, *Halictus* et *Andrena*. Les numéros des points suivent les prospections déjà effectuées (Heiniger ; 2022) qui s'étaient arrêtées au n°20, tout comme pour la typologie des micro-habitats (Heiniger ; 2021). © T. DE MERIS \_\_\_\_\_ 23

Tableau 4 : Taxons ayant colonisés les buttes aménagées lyonnaises et HEPIA dans les trois parcs étudiés. En vert les espèces ayant colonisé les buttes de Beaulieu, en rouge Barton et en orange celles des Eaux-Vives. © T. DE MERIS \_\_\_\_\_ 32

Tableau 5 : Proposition de nouveaux sites pour l'installation de buttes destinées aux abeilles terricoles dans les parcs de Barton, Beaulieu, Bertrand, La Grange, Mon Repos, Rigot, et Trembley. Les emplacements désignés par P1 à P10 sont illustrés sur les cartes présentées en annexe XIII. Le score total est basé sur la pondération décrite précédemment. Le vert le plus brillant indique les sites les plus favorables, le vert moyen représente les sites de second choix, et le vert clair correspond aux sites moins favorables. © T. DE MERIS \_\_\_\_\_ 42

Tableau 6 : Positions réalistes pour de futurs aménagements destinés à accueillir des buttes pour les abeilles terricoles dans les parcs de Barton, Beaulieu, Bertrand, La Grange, Mon Repos, Rigot et Trembley. Les problématiques spécifiques à chaque site sont notées, et une pondération est attribuée à chaque position en fonction du degré de la difficulté pour l'installation des aménagements avec (-1) = Potentiellement problématique, (-2) = Problématique, (-3) = Très problématique © T. DE MERIS \_\_\_\_\_ 42

Tableau 7 : Classement final des lieux à prioriser pour de nouveaux aménagements dédiés aux abeilles terricoles dans les parcs de Barton, Beaulieu, Bertrand, La Grange, Mon Repos, Rigot et Trembley. Le score total est basé sur la pondération définie précédemment. Les sites sont classés comme suit : Le vert brillant représente les lieux les plus favorables, le vert un peu plus foncé, les lieux en second choix, puis le vert clair pour les sites les moins favorables. Les positions sont liées aux cartographies présentant les positionnements exacts sur les Fig. 21 et 22 ainsi que l'Annexe XIII © T. DE MERIS \_\_\_\_\_ 43

# 1. Introduction

## 1.2 Contexte

Les insectes pollinisateurs revêtent une importance cruciale dans notre société, que ce soit d'un point de vue économique ou environnemental. À l'échelle mondiale, des études démontrent que 75% des principales cultures agricoles dépendent de la pollinisation des insectes (Tschanz, 2023 ; Klein et al., 2006). En 2008, la valeur de la pollinisation au niveau mondial est estimée à 153 milliards d'euros (Chagnon, 2008 ; Pfiffner, 2016). En Suisse, la pollinisation des cultures par les abeilles sauvages et domestiques est estimée à une valeur entre 205 et 479 millions de francs par an (Sutter et al., 2017).

Il existe plus de 632 espèces d'abeilles sauvages en Suisse, dont plus de 45% sont inscrites sur la liste rouge (Andreas & Christophe, 2024). Elles se nourrissent de nectar et de pollen des plantes, contribuant ainsi grandement à la pollinisation de plus de 80% des plantes sauvages et cultivées (OFEV, 2022). Cependant, depuis de nombreuses années, on observe une diminution des populations des espèces d'abeilles sauvages en Suisse, due à la perte d'habitat pionnier liée à l'urbanisation et à l'utilisation intensive des terres agricoles avec des pesticides (Loeffel, 2017).

Les abeilles terricoles dominant, en nombre d'espèces, la faune des abeilles sauvages dans la plupart des régions du monde (Harmon-Threatt, 2020 ; Michener, 2007), mais pas dans les centres urbains où ce sont des espèces avec de petites populations (Matteson et al., 2008). Pourtant, un grand nombre d'abeilles sauvages y sont favorisées, que ce soit par les températures particulièrement chaudes (Kratschmer et al., 2018 ; Hennig & Ghazoul, 2012 ; Cane, 2005) ou également dû à l'hétérogénéité des milieux et à la présence de nombreux espaces verts et de parcs riches en plantes, pouvant accueillir une grande diversité d'abeilles sauvages (Daniels, Jedamski, Ottermanns, & Ross-Nickoll, 2020 ; Geslin et al., 2016).

Afin de préserver ces populations vivant en ville, la principale mesure consiste à créer des zones de nourrissage, telles que des prairies fleuries. Dans un second temps, il faut créer et proposer des milieux comportant des espaces potentiels de nidification (Conseil fédéral, 2016), dont les abeilles cavicoles sont particulièrement favorisées. La ville de Genève suit les directives du Conseil fédéral avec notamment la mesure suivante : « Augmenter à hauteur de 20% les zones fleuries sur les espaces verts de la Ville de Genève afin de donner une chance aux abeilles sauvages de se développer » (Bertinat, 2023). De plus, les milieux urbains facilitent l'accueil des espèces d'abeilles cavicoles à l'aide des nombreuses cavités artificielles que propose le bâti, ce qui explique leurs grandes populations (Matteson et al., 2008). Cependant, il y a toujours un manque de propositions pour favoriser des lieux de nidification pour les abeilles terricoles. C'est pourquoi l'association Arthropologia a testé quatre types d'aménagements dans

différents sites à Lyon afin d'étudier l'attractivité de différents mélanges de substrats (Vyghen et al., 2021). Ces résultats encourageants pourraient servir de base pour des initiatives similaires dans d'autres villes comme Genève, où les défis de la conservation de la biodiversité en milieu urbain sont également présents.

## 1.2 Problématique

Les insectes pollinisateurs jouent un rôle crucial dans le processus de reproduction des plantes, qu'elles soient cultivées ou sauvages. En effet, la survie et l'évolution de la plupart des espèces végétales, représentant plus de 75% de la diversité florale, dépendent de cette pollinisation (Tachanz, 2023 ; Sutter et al., 2017 ; Klein et al., 2006). Les abeilles sauvages sont considérées comme plus efficaces dans cette tâche que les abeilles domestiques (Piffner & Müller, 2016). Cependant, leurs populations diminuent en zone agricole, en raison du morcellement et de la perte de leurs habitats (Chagnon, 2008), de l'évolution des méthodes de production avec la mise en place de grandes cultures monoculturelles et de l'utilisation de pesticides (Chagnon, 2008 ; Fortel, 2014). Ainsi, les villes deviennent des zones refuges lorsqu'elles possèdent des espaces verts proposant des zones de nourrissage et des sites potentiels de nidification (Heiniger et al., 2023 ; Daniels et al., 2020 ; Geslin et al., 2016). De plus, les espèces terricoles possèdent une richesse spécifique plus élevée en milieu rural que les espèces cavicoles, cependant avec des populations moins abondantes (Matteson et al., 2008). En Suisse, plus de 51% des espèces nichant dans le sol sont sur la liste rouge (Andreas & Christophe, 2024).

Selon les études effectuées à Genève, 145 espèces d'abeilles sauvages sont relevées (Rocheftort, 2019), dont 105 sont liées au sol et à ses annexes pour leur nidification (Herrmann et al., 2010 ; Müller et al., 2017). Il est donc important d'aménager des espaces afin d'améliorer les conditions d'accueil des différentes espèces d'abeilles ou d'Hyménoptères terricoles en milieu urbain. C'est l'axe que prend le canton de Genève ainsi que la Confédération (Conseil fédéral, 2016 ; OCAN, 2022).

C'est pour cette raison que des structures sont aménagées dans le Parc de Beaulieu, des Eaux-Vives ainsi que le Parc Barton dans la ville de Genève, en collaboration avec le SEVE, pour le projet Bed for Bees. Ces aménagements comprennent la structure lyonnaise, ainsi qu'une structure proposée par HEPIA, censée permettre d'accueillir et de favoriser un certain nombre d'espèces d'Hyménoptères terricoles.

Cependant, il y a peu de données sur la répartition des sites de nidification et des populations d'abeilles terricoles dans les parcs de la ville de Genève. Ces données pourraient, par la suite, aider à expliquer les résultats obtenus quant au nombre d'individus et d'espèces observés sur les buttes aménagées. Ce travail propose de comparer l'apport en ressources de nidification de deux structures différentes et

d'évaluer l'abondance et la diversité des Hyménoptères terricoles pour chacune des structures, ainsi qu'une cartographie des micro-habitats servant de site de nidification complétant celles déjà effectuées (Heiniger, 2021).

Il est important de réaliser des prospections dans les parcs Barton, des Eaux-Vives et de la Perle du Lac, afin d'identifier les nids existants et de mieux comprendre comment les abeilles utilisent et se répartissent dans ces espaces. Ces prospections permettent de valider et compléter les cartographies des micro-habitats et d'évaluer l'efficacité des aménagements réalisés.

### 1.3 Questions de recherche

- Quels genres d'abeilles et autres Hyménoptères terricoles sont associés aux deux structures aménagées dans les parcs de Baulieu, des Eaux-Vives ainsi que le Parc Barton à Genève ?
- Quelle est la structure aménagée la plus efficace, fournissant des ressources de nidification pour un maximum de genres d'Hyménoptères ?
- Quels sont les emplacements les plus propices à la nidification pour les genres d'Hyménoptères terricoles ?

### 1.4 Hypothèses

- Les genres d'Hyménoptères identifiées bénéficiant des aménagements ne sont pas entièrement similaires d'une structure à l'autre.
- La structure aménagée de type genevoise proposera des ressources de nidification pour un certain nombre de genre d'Hyménoptères terricoles, potentiellement plus que la structure lyonnaise.
- Les emplacements optimaux pour l'attractivité de nouvelles buttes à Hyménoptères, seront ceux qui offrent un équilibre entre la disponibilité de zones de nidification, la proximité des ressources alimentaires et la présence d'un habitat favorable à leur survie et à leur reproduction.

### 1.5 Objectifs

- Identifier les genres d'Hyménoptères associés à chaque structure.
- Évaluer la version la plus efficace pour fournir des ressources de nidification pour un maximum de genre.
- Proposer des recommandations spatialement explicites quant à l'implantation de nouvelles structures de ce type.
- Prospector et cartographier les micro-habitats accueillant ou favorisant la nidification d'abeilles sauvages terricoles et associées.

## 2. État des connaissances

### 2.1 Systématique

Les abeilles sauvages font partie de l'ordre des Hyménoptères, qui comprend d'autres espèces bien connues telles que les guêpes et les fourmis (Vereecken, 2017). Elles appartiennent à la super-famille des Apoïdés, qui se divise en 7 familles différentes (cf. Annexe II) : Andrenidés, Apidés, Colletidés, Halictidés, Megachillidés, Melittidés et les Sténotruidés. L'étude ne portera pas sur cette dernière famille car elle est uniquement présente en Australie (Vereecken, 2017). En Suisse, c'est généralement la systématique d'Amiet qui est utilisée (Amiet, 2004, 2007, 2010).

### 2.2 Caractéristique biologique

Les individus des abeilles sont structurés de la même manière que les autres Hyménoptères, avec deux paires d'ailes membraneuses, trois paires de pattes, et un corps divisé en trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen (Vereecken, 2017).

On distingue deux types d'abeilles en fonction de la taille de leur langue :

- Celui qui possède une longue langue, qui préfèrent polliniser les plantes à corolles profondes et courtes telles que les fabacées, les lamiacées ou les boraginacées. Dans cette catégorie se trouvent les familles *Apidae* et *Megachilidae* (Chevenier, 2015).
- Celui qui possède une langue courte, qui préfèrent polliniser les plantes à corolle peu profonde comme les apiacées, les asteracées et les brassicacées. Dans cette catégorie se trouvent les familles *Andrenidae*, *Colletidae*, *Halictidae*, *Melittidae* (Chevenier, 2015).

Les abeilles sauvages peuvent également être différenciées selon leur degré de spécialisation (Fortel, 2014) :

- Les espèces polylectiques, qui sont généralistes et visitent une large gamme d'espèces de plantes.
- Les espèces oligolectiques, qui sont considérées comme spécialistes car elles ne visitent qu'un ou quelques genres ou espèces de plantes.
- Les espèces monolectiques, qui sont liées à une espèce de plante.

Certaines familles de plantes sont particulièrement appréciées par les abeilles en raison de leur grande production de pollen et de nectar. Parmi celles-ci, on trouve les Rosaceae, Fabaceae, Asteraceae, Lamiaceae, Apiaceae, Boraginaceae et Dipsacaea (Rasmont & Terzo., 2007).

Les abeilles sauvages ne possèdent pas les mêmes capacités de vol que les abeilles domestiques. Une abeille mellifère peut parcourir jusqu'à 3 kilomètres pour trouver de la nourriture (Schubnel et al., 2019), tandis que pour les abeilles sauvages, la distance maximale de butinage se situe en moyenne entre 100 et 1500 mètres, en fonction de la taille des individus (Zurbuchen et al., 2010). Cependant, des contre-exemples existent, comme le bourdon, dont les mâles peuvent voler sur des distances de plus de 9 km (Goulson & Stout., 2001).

## 2.3 Reproduction

Une grande partie des espèces, environ 85 %, sont solitaires, et c'est la femelle qui assume la responsabilité de la construction du nid et du soin de sa progéniture (Pouvreau, 2004). Elle édifie le nid, y dépose les réserves alimentaires (pollen, nectar), isole chaque cellule, puis répète ce processus. Au cours de sa vie, elle peut construire entre cinq et quinze cellules (Pouvreau, 2004). À l'éclosion, les larves se nourrissent des réserves présentes dans les cellules. Les individus hivernent à l'état larvaire ou adulte, puis émergent l'année suivante. En revanche, le rôle du mâle se limite généralement à l'accouplement. Sa période de vol, souvent plus courte que celle de la femelle, s'étend généralement entre 5 et 11 semaines (Loeffel, 2022).

Il existe également des abeilles cleptoparasites qui adoptent des comportements spécifiques selon les espèces et pondent leurs œufs dans les cellules construites par d'autres espèces hôtes. Par la suite, les larves se développent aux dépens des autres déjà présentes en se nourrissant des provisions stockées par l'espèce hôte (Fortel, 2014).

## 2.4 Habitats et sites de nidification des abeilles sauvages terrioles

Les abeilles sauvages sont des insectes qui ont une préférence marquée pour la chaleur et la sécheresse, ce qui les rend particulièrement actives pendant les journées ensoleillées. Elles doivent chercher elles-mêmes leurs sites de nidification, où un climat favorable est essentiel, ainsi que des plantes fournissant une abondance de pollen et de nectar, à la fois pour leur propre consommation et pour nourrir leurs larves (Amiet & Krebs, 2012).

De plus, de nombreuses espèces ont des exigences spécifiques en matière de matériaux pour la construction de leurs nids et de leurs cellules, comme l'argile, les soies végétales et les feuilles. Certaines utilisent des cavités dans leur environnement, telles que des tiges creuses, des fissures dans les murs ou le sol (Pouvreau, 2004). Les sites de nidification varient en fonction des familles d'abeilles concernées. Les nids sont généralement composés d'une galerie principale verticale, avec des tunnels perpendiculaires (Fig.1) menant à des cellules de couvains dans lequel il y aura une larve (Antoine & Forrest, 2020). La profondeur moyenne minimale, selon une revue mondiale, est à 17 cm sous la surface du sol (Cane & Neff, 2011).

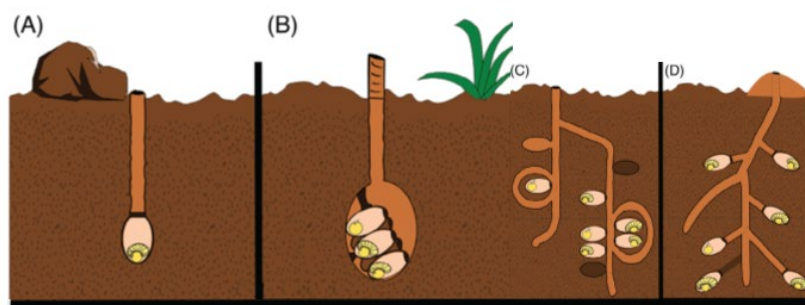


Figure 1 : Les différents types de nids qu'il est possible d'observer chez les abeilles sauvages. (A) Nid à une cellule avec un bouchon, (Roubik & Michener, 1980). (B) Cheminée formant l'entrée du nid avec des cellules de couvains empilées ( Packer et al. 1989). (C) Nid composé d'une galerie verticale avec des cellules directement connectées aux tunnels, notamment chez les Halictidae (Eickwort & Sakagami, 1979). (D) Nid formant un tumulus et avec un tunnel principal relié à quelques cellules de couvain par un court tunnel latéral (Mathewson, 1968). © Antoine.C & Trembley.P

- Les Andrenidés creusent leurs nids dans des terrains plutôt sablonneux exposés sud (Pouvreau, 2004). La profondeur des nids dans le sol peut varier entre cinq et soixante centimètres. On retrouve dans cette famille les genres *Andrena* et *Panurgus* (Amiet & Krebs, 2012).
- Les Collétidés forment leurs nids dans des galeries creusées au préalable par des coléoptères, que ce soit dans le sol, du bois mort, des tiges creuses de certains végétaux (Pouvreau, 2004). On retrouve dans cette famille les genres *Colletes* et *Hylaeus* (Amiet & Krebs, 2012).
- Les Halictidés creusent leurs nids dans le sol, qu'il s'agisse de talus argileux, de terre battue des chemins, toujours bien exposés au soleil (Pouvreau, 2004). La profondeur des nids dans le sol peut varier entre cinq et soixante centimètres. On retrouve dans cette famille le genre *Halictus* ainsi que le genre *Lasioglossum* (Amiet & Krebs, 2012).

- Les Méliittidés construisent leurs nids dans des terrains où la végétation peut être plus ou moins clairsemée (Pouvreau, 2004) On retrouve dans cette famille les genres *Macropis* et *Melitta* (Amiet & Krebs., 2012).
- Les Megachillidés ont des stratégies de nidification très variables. Elles construisent leurs nids dans des cavités, qu'il s'agisse de galeries déjà formées par d'autres insectes, d'interstices entre des planches ou de fissures entre des pierres (Pouvreau, 2004). Elles réutilisent également leurs anciens nids (Amiet & Krebs, 2012). On retrouve dans cette famille les genres *Megachile*, *Anthidium*, *Chelostoma*, *Osmia* et *Heriades* (Amiet & Krebs, 2012).
- Les Apidés c'est une famille qui comprend des espèces pouvant être sociales, solitaires, et cleptoparasites. La diversité des espèces au sein de cette famille se traduit par une multitude de types de nidification, variant considérablement d'une espèce à l'autre. Par exemple, le genre *Bombus* niche dans de grandes cavités trouvées soit au-dessus du sol, soit à la surface du sol dans les herbes, les mousses ou même dans des nids de souris abandonnés (Amiet & Krebs, 2012).

## 2.5 Abeilles sauvages en milieux urbains :

Malgré les pertes d'habitats et de connectivité dans les zones agricoles et urbaines, certaines espèces d'abeilles ont trouvé des conditions favorables dans les villes pour se réfugier (Fortel, 2014). L'urbanisation peut avoir des effets néfastes sur les abeilles, en détruisant et fragmentant leurs habitats (Anderson et al., 2023) mais peut également favoriser une augmentation de la diversité spécifique (McKinney, 2008 ; Rasmont, 2008). D'abord, les habitats urbains diversifiés peuvent offrir de nombreux sites de nidification pour les abeilles (Baldock et al., 2015 ; Fortel, 2014) et les ressources florales nécessaires sont parfois plus abondantes en milieu urbain qu'en zones agricoles (Cane, et al., 2006 ; Fortel, 2014). Ces ressources proviennent à la fois des plantes indigènes et des plantes exotiques, qui fournissent de grandes quantités de pollen et de nectar (Baldock et al., 2015).

Selon la littérature, les espèces les plus rares dans les milieux urbains sont les espèces terricoles (Matteson et al., 2008 ; Fetridge et al., 2008). Les abeilles cavicoles, quant à elles, ont des populations en augmentation dans les milieux urbains (Cane et al., 2006 ; Matteson et al., 2008). Cela est dû au grand nombre de milieux disponibles pour nidifier, qu'ils soient naturels ou anthropiques avec les hôtels à insectes.

Il est donc difficile de prévoir quelles espèces sont présentes et dans quelle abondance dans les sites d'étude en milieu urbain, mais il est certain que les villes ont une grande capacité d'accueil pour les abeilles sauvages (Fortel, 2014 ; Jeanneret, 2013; Theodorou et al., 2020).

## 2.6 Situation en Suisse et menaces

Il y a plus de 20 500 espèces d'abeilles recensées dans le monde (Okely et al., 2023), dont 1965 sont connues en Europe (Nieto et al., 2020), et 632 ont été observées en Suisse (Andreas & Christophe, 2024). Depuis 1994, plus de 45 % des espèces présentes sur le sol helvétique sont considérées comme menacées selon la liste rouge, avec environ 270 espèces en voie d'extinction (OCAN, 2022). 10% des espèces d'abeilles se sont éteintes en Suisse ce qui est élevé en comparaison à d'autres groupes d'insectes évalués en Suisse. Et pourtant une évolution positive existe aussi avec plusieurs espèces éteintes qui ont été redécouvertes (Andreas & Christophe, 2024).

## 3. Méthodologie

### 3.1 Méthodologie pour la cartographie des micros-habitats

#### 3.1.1 Sites cartographiés

Pour cette analyse, trois parcs de la ville de Genève ont été sélectionnés : le Parc des Eaux-Vives, la Perle du Lac ainsi que le Parc Barton (cf. Annexe III). Ces cartographies permettront de compléter les études réalisées par Heiniger C. en 2021. Le Parc Beaulieu, Mon Repos et La Grange n'ont pas été sélectionnés, car des cartographies complètes des micro-habitats ont déjà été réalisées (Heiniger, 2021).

Les cartographies seront réalisées en fonction des données collectées sur le terrain, ainsi qu'à partir de la carte des milieux du SITG à l'échelle de 1 : 5000. Elles suivront les critères et les typologies proposés par Heiniger C. dans son étude (Fig. 2).



Figure 2 : Listes des micros-habitats observés dans les 3 parcs étudiés de Genève.  
© Heiniger.C

Les cartographies effectuées permettent d'identifier et de quantifier les différents types de micro-habitats présents dans les parcs étudiés, tout en tenant compte de certains critères présentés dans le chapitre suivant.

Les informations obtenues grâce à ces cartographies sont importantes pour orienter les prospections des nids effectuées dans un second temps. Elles complètent également les suivis des buttes en faveur des abeilles terricoles, permettant potentiellement d'expliquer certains résultats selon les différences observées entre les parcs. Elles contribuent ainsi à une meilleure compréhension et conservation de la biodiversité présente dans les parcs urbains.

D'autres habitats ont été ajoutés à la suite des observations effectuées sur le terrain, conformément aux critères proposés précédemment. Une description plus détaillée des typologies proposées est disponible (cf. Annexe IV).

Les cartographies sont réalisées à l'aide d'ArcGIS Pro (version ESRI 3.1.3) ainsi que du Système d'information du territoire à Genève (SITG). Elles sont également produites à une échelle de 1 : 5000.

### 3.1.2 Les critères pris en compte pour les micro-habitats sont les suivants (Heiniger, 2021) :

- L'ensoleillement
- Le recouvrement de la végétation de la strate herbacée
- La présence et le nombre d'arbres isolés
- La formation végétale (cordon boisé, bosquet d'arbres ou de buissons, buisson, milieu herbacé, haie, etc.)
- Le tassement/piétinement du sol
- Le niveau de gestion
- La pente
- La nature du sol et la présence d'annexes du sol (litière, bois mort, pierre, gravier, pavés, copeaux de bois, paille, bryophyte, touffe d'herbe, plate-bande, trou de rongeurs, microtopographie).

### 3.1.3 Méthode d'analyse des résultats pour la cartographie des micro-habitats

Pour analyser l'impact des surfaces des micro-habitats sur le nombre d'individus et de nids observés dans les parcs, nous procéderons à plusieurs tests statistiques adaptés. Tout d'abord, pour explorer la relation entre la surface des différents types de micro-habitats et le nombre d'individus ou de nids observés, nous utiliserons une régression linéaire multiple. Ce modèle permettra d'évaluer comment les caractéristiques des micro-habitats, telles que la surface des zones ensoleillées ou couvertes de végétation, influencent le nombre d'individus et de nids présents. Ensuite, pour vérifier si la répartition des micro-habitats et le nombre de nids observés sont associés de manière significative, nous utiliserons une analyse de corrélation, permettant de mesurer la force et la direction des relations entre les variables continues. Ces analyses nous aideront à comprendre comment les caractéristiques des micro-habitats affectent le nombre de nids et d'individus dans les parcs étudiés.

## 3.2 Méthodologie pour les prospections des nids existants dans les parcs étudiés

### 3.2.1 Avant-propos

Les prospections complètes ont d'abord commencé dans les parcs Barton, des Eaux-Vives et de la Perle du Lac, qui n'avaient pas encore été cartographiés ni prospectés lors des études précédentes (Heiniger, 2022). Dans un second temps, une prospection a été effectuée dans les parcs ayant déjà été étudiés en 2022, c'est-à-dire le Parc La Grange, Beaulieu et Mon Repos, afin d'étoffer les données récoltées.

Ces prospections permettent de mettre en avant les habitats favorables et de caractériser plus finement la capacité des parcs à accueillir les abeilles terricoles.

### 3.2.2 Méthode de capture pour la prospection des nids

Il existe une classification des espèces d'abeilles sauvages selon leur période de vol. Il y a les espèces printanières qui volent entre mars et mai, les espèces estivales entre mai et août, et enfin les espèces estivales tardives entre août et octobre (Amiet & Krebs, 2012). En tenant compte de la période de 10 semaines entre mi-juin et début août pour effectuer ce travail, les captures se réalisent sur des espèces estivales. Les données collectées représentent donc la richesse spontanée des populations locales et non leur totalité.

Pour les identifications et captures, elles devront être effectuée dans des conditions optimales (Birrer, 2010 ; Jeanneret, 2013 ; Vereecken, 2017) :

- Absence de pluie
- Vitesse du vent inférieur à 30km/h
- Température minimale de 15°C
- Captures effectuées entre 9 heures et 17 heures

Si les conditions ne sont pas favorables, il est nécessaire de reporter les captures à une date ultérieure prévue dans le calendrier. Les échantillonnages se dérouleront dans les micro-habitats observés préalablement.

Les méthodes utilisées dans ce travail seront la capture à vue et l'observation directe. Elles se baseront sur les cartographies des micro-habitats réalisées en amont du travail, permettant de mettre en avant les zones favorables pour les abeilles terricoles en fonction du type de milieu et de leur exposition au soleil. Les micro-habitats favorables ont généralement un faible recouvrement de la végétation et un ensoleillement conséquent (Loeffel, 2017). Les prospections se feront donc dans ces micro-habitats.

Les nids sont plutôt facilement repérables dans les zones avec peu de végétation, grâce aux tumulis présents autour de l'entrée des nids ou simplement grâce aux trous parfaitement creusés dans le sol. Un premier balayage sera effectué à la recherche des nids sur la surface choisie.

Dans le cas où la végétation est trop dense, il est nécessaire de rechercher des tumuli, qui peuvent parfois être visibles. Si aucun tumulus n'est trouvé, il faut attendre et observer si des abeilles volent dans les alentours, puis regarder si elles se posent et se dirigent vers un nid. Le cas échéant, il faut garder cette abeille en vue et ensuite chercher le nid où elle rentre.

Une fois le nid repéré, il faut poser un bocal sur le nid et attendre que l'abeille sorte pour la capturer et l'identifier au genre, selon la méthode de prospection des buttes aménagées. Cette méthode utilise le froid pour endormir les abeilles et faciliter leur identification.

Il est fort probable que lors des observations, tous les nids n'ont pas pu être identifiés. C'est pourquoi des fourchettes du nombre de nids observé ont été décidées :

- 1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 20
- 20 - 50
- 50 - 75
- 75 - 100

### 3.2.3 Temps d'observation

Les observations dureront 15 minutes par site. Si des bocaux sont toujours en place après ce temps, un deuxième minuteur de 10 minutes sera lancé. Une fois le temps écoulé, les bocaux seront récupérés et la prospection continuera dans un autre lieu.

### 3.2.4 Contrôles et deuxième prospection

Dans un premier temps, puisque Les parcs de Beaulieu, La Grange et Mon Repos ont déjà été prospectés, seul un contrôle des nids qui ont déjà été observés a été effectué afin de confirmer si les populations présentes continuent d'exploiter ces micro-habitats.

Dans un second temps une seconde prospection de nouveaux nids a été effectuée dans ces trois parcs.

### 3.2.5 Analyse des résultats pour la prospection des nids dans les parcs.

Pour analyser les résultats des prospections de nids dans les parcs, nous appliquerons plusieurs tests statistiques. Tout d'abord, un test de normalité sera effectué pour examiner la répartition du nombre de nids entre les différents parcs. Si les données suivent une distribution normale, nous utiliserons l'ANOVA pour comparer les quantités de nids observés dans chaque parc. En revanche, si les données ne sont pas normalement distribuées, nous opterons pour le test de Kruskal-Wallis afin d'évaluer les différences entre les parcs.

Pour analyser l'impact des caractéristiques des micro-habitats (comme la surface et l'exposition au soleil) sur le nombre de nids, nous appliquerons une régression linéaire multiple. Ce test nous permettra de déterminer comment ces variables influencent la présence de nids.

Enfin, pour comparer le nombre de nids avant et après les nouvelles prospections dans les parcs déjà étudiés, nous utiliserons un test t pour échantillons appariés si les données sont normales, ou le test de Wilcoxon pour échantillons appariés si elles ne le sont pas.

Ces approches statistiques nous aideront à comprendre la répartition des nids et à évaluer les facteurs qui influencent leur présence dans les différents parcs

## 3.3 Méthode du suivi de la colonisation des abeilles terricoles et autres Hyménoptères sur les structures aménagées dédiées

### 3.3.1 Avant-propos

Les buttes ont été créées dans le cadre d'un projet visant à favoriser la nidification des abeilles sauvages terricoles en milieu urbain, notamment dans la ville de Genève. Ce projet s'inscrit dans une démarche de préservation et de réhabilitation des habitats pionniers pour les abeilles sauvages, en réponse à la perte d'habitat due à l'urbanisation et à d'autres activités humaines.

L'expérience lyonnaise de l'association Arthropologia a grandement influencé ce projet (Vyghen et al., 2021). Les résultats positifs obtenus à Lyon ont mis en avant l'efficacité des buttes à Hyménoptères pour attirer et supporter diverses espèces d'abeilles sauvages, validant ainsi cette approche expérimentale.

Les recommandations pour la construction des buttes se basent sur des données issues de la littérature et des observations de terrain réalisées en 2021 et 2022 (Heiniger, 2022). Les structures de nidification expérimentales ont été conçues pour offrir des micro-habitats favorables, comprenant des zones de replat, des pentes, des parois verticales, ainsi que des zones exemptes de végétation et faiblement végétalisées (Heiniger, 2022). La moitié végétalisée fournit des ressources alimentaires aux abeilles grâce à des plantes nectarifères. Cela permet également d'observer si cette végétation a une influence sur le potentiel de nidification des buttes. Un mur en pierres sèches a également été intégré à ces buttes pour offrir un habitat supplémentaire aux espèces saxicoles.

Les buttes de Genève ont été créées en automne 2023, avec la participation du SEVE (Heiniger, 2023). Elles ont été façonnées les 30 et 31 octobre au parc Beaulieu, les 6 et 7 novembre au parc Barton, et les 13 et 14 novembre au parc des Eaux-Vives.

La nouvelle structure spécifique étudiée, appelée dans ce travail butte HEPIA, se distingue par son aspect conçu pour maximiser l'attractivité pour les abeilles sauvages (Fig.3).

Elle comprend une zone de pente, une dépression et une paroi verticale adossée à un mur en pierres sèches. Cette structure, réalisée avec des matériaux locaux, y compris des pierres provenant de la rénovation de la roseraie du parc La Grange, vise à imiter les conditions naturelles favorables à la nidification des abeilles. Les buttes présentent quelques différences en raison des équipes différentes ayant réalisé les aménagements sur la rive gauche et la rive droite.

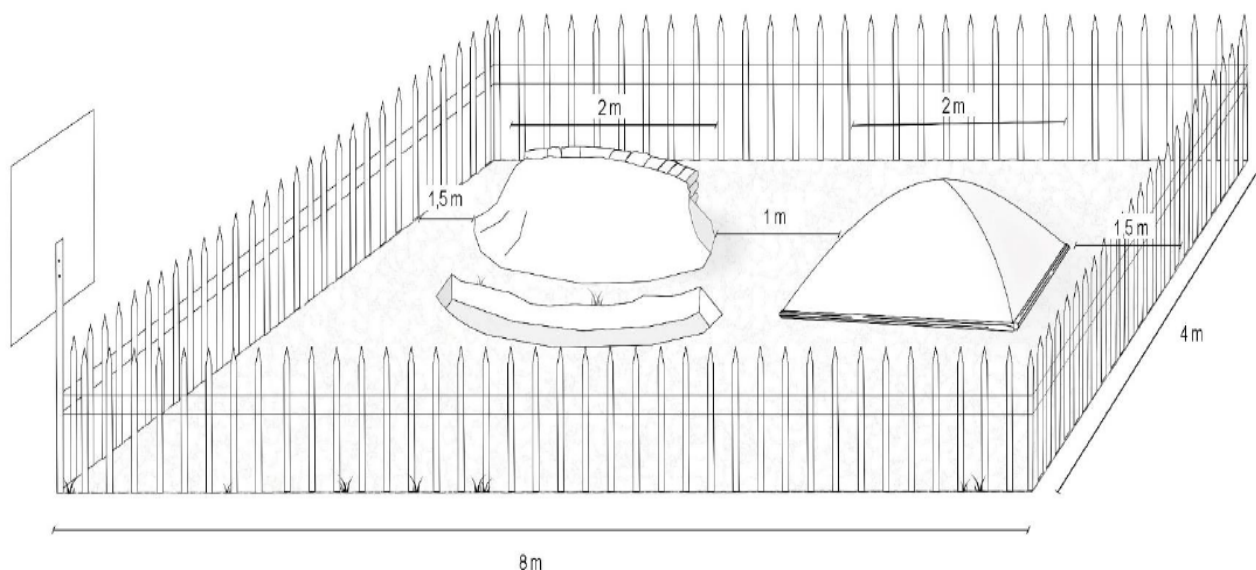


Figure 3 : Schéma des buttes proposées par l'HEPIA avec, à gauche, la butte d'HEPIA comprenant une creuse en avant, une pente exposée dont une moitié est végétalisée, et un mur en pierre sèche sur la face cachée. À droite, la butte lyonnaise est simplement structurée par un amas de matériaux compactés. Le tout est entouré d'une barrière afin de protéger les buttes de tout dommage. Un panneau de sensibilisation est orienté du côté des chemins utilisés par les usagers. © RENEVEY.L

Ce chapitre détaille les méthodes employées pour le suivi de la colonisation des abeilles terricoles et autres Hyménoptères sur les structures aménagées dédiées, incluant les techniques de prospection, les types de pièges utilisés, l'entretien nécessaire et le relevé de la végétation colonisant les aménagements.

### 3.3.2 Méthode de capture pour le suivi des structures aménagées

Les prospections des 6 buttes aménagées dans le parc de Beaulieu, le parc Barton et le parc des Eaux-Vives ont été effectuées entre le 3 et le 18 juin. Cinq suivis ont eu lieu par aménagement selon des conditions météorologiques similaires. Les captures ont commencé au plus tôt à 9h30 et se sont terminées au plus tard à 16h30.

La méthode de capture utilisée pour le suivi des structures aménagées est la même que pour la prospection des nids dans les micro-habitats, à savoir l'observation directe, et requiert les mêmes conditions climatiques. Les heures de suivi, la météo ainsi que la date sera noté sur la fiche de relevé (cf. Annexe IX).

### 3.3.3 Sites d'études des suivis

Les prospections seront effectuées dans le parc Beaulieu, le parc Barton et le parc des Eaux-Vives, de manière identique pour les six buttes aménagées réparties sur les trois parcs (cf. Annexe V, VI, VII).

Objectifs :

- Identifier les genres d'Hyménoptères associés à chaque structure aménagée.
- Évaluer la version la plus efficace pour fournir des ressources de nidification pour un maximum de genre d'abeille sauvage.

### 3.3.4 Méthodologie du suivi des buttes aménagées

Pour les identifications et captures, elles devront être effectuée dans des conditions optimales (Birrer, 2010 ; Jeanneret, 2013 ; Vereecken, 2017) :

- Absence de pluie
- Vitesse du vent inférieur à 30km/h
- Température minimale de 15°C
- Captures effectuées entre 9 heures et 17 heures

Les conditions météo ont été notées avant de commencer chaque séance de suivi (Tab.1).

Tableau 1 : Conditions météorologiques, heures et dates des suivis des buttes aménagées dans le parc Beaulieu, Barton et Eaux-Vives. Les conditions de prospections ont été respectée.

Date	Heure	Parc	Butte	Météo
03.06.2024	10h30-12h00	Beaulieu	Butte Hepia	16.8°C, 20km/h, Couverture nuageuse 100%
	10h30-12h00	Beaulieu	Butte Lyonnaise	16.8°C, 20km/h, Couverture nuageuse 100%
	13h00-14h20	Barton	Butte Hepia	18.5°C, 8km/h, Couverture nuageuse 40%
	13h00-14h21	Barton	Butte Lyonnaise	18.5°C, 8km/h, Couverture nuageuse 40%
	15h00-16h30	Eaux-Vives	Butte Hepia	20°C, 17km/h, Couverture nuageuse 0%
	15h00-16h30	Eaux-Vives	Butte Lyonnaise	20°C, 17km/h, Couverture nuageuse 0%
05.06.2024	11h10-12h15	Beaulieu	Butte Lyonnaise	22°C, 23km/h, Couverture nuageuse 0%
	14h10-15h10	Barton	Butte Lyonnaise	25.°C, 20km/h, Couverture nuageuse 0%
	15h15-16h15	Barton	Butte Hepia	25.6°C, 15km/h, Couverture nuageuse 0%
	9h30 - 11h10	Beaulieu	Butte Hepia	20°C, 12km/h, Couverture nuageuse 20%
06.06.2024	10h35-11h20	Eaux-Vives	Butte Hepia	23°C, 15km/h, Couverture nuageuse 0%
	12H20-13H40	Beaulieu	Butte Lyonnaise	24.5°C, 20km/h, Couverture nuageuse 0%
	9h45-10h30	Eaux-Vives	Butte Lyonnaise	21°C, 11km/h, Couverture nuageuse 0%
07.06.2024	10h30-11h35	Beaulieu	Butte Hepia	21°C, 15km/h, Couverture nuageuse 0%
	12h30-14h00	Barton	Butte Lyonnaise	25.4°C, 21km/h, Couverture nuageuse 10%
	13h30-14h15	Barton	Butte Hepia	25.4°C, 21km/h, Couverture nuageuse 0%
10.06.2024	12h45-13h30	Eaux-Vives	Butte Lyonnaise	19°C, 4km/h, Couverture nuageuse 10%
	13h30-14h15	Eaux-Vives	Butte Hepia	20°C, 4km/h, Couverture nuageuse 0%
12.06.2024	12h00 - 13h30	Beaulieu	Butte Lyonnaise	17°C, 24km/h, Couverture nuageuse 0%
	13h45-14h30	Beaulieu	Butte Hepia	18°C, 18km/h, Couverture nuageuse 0%
	15h10-16h30	Barton	Butte Hepia	21°C, 5km/h, Couverture nuageuse 50%
13.06.2024	11h00-12h25	Beaulieu	Butte Hepia	18°C, 10km/h, Couverture nuageuse 25%
	12h30-13h15	Beaulieu	Butte Lyonnaise	18°C, 10km/h, Couverture nuageuse 25%
	14h00-15h00	Eaux-Vives	Butte Lyonnaise	20°C, 10km/h, Couverture nuageuse 25%
	15h00-16h00	Eaux-Vives	Butte Hepia	20°C, 5km/h, Couverture nuageuse 25%
17.06.2024	13h15-13h50	Barton	Butte Lyonnaise	23°C, 11km/h, Couverture nuageuse 40%
	13h50-14h45	Barton	Butte Hepia	24.6°C, 10km/h, Couverture nuageuse 0%
	15h15-16h10	Eaux-Vives	Butte Hepia	25°C, 11km/h, Couverture nuageuse 0%
	16h15-17h00	Eaux-Vives	Butte Lyonnaise	25°C, 11km/h, Couverture nuageuse 0%
18.06.2024	10h45-11h45	Beaulieu	Butte Hepia	21°C, 4km/h, Couverture nuageuse 30%
	11h45-13h00	Beaulieu	Butte Lyonnaise	23°C, 4km/h, Couverture nuageuse 40%
	13h30-14h15	Barton	Butte Lyonnaise	23°C, 11km/h, Couverture nuageuse 40%
	14h20-15h15	Barton	Butte Hepia	23°C, 8km/h, Couverture nuageuse 20%
19.06.2024	13h10-14h00	Eaux-Vives	Butte Hepia	23°C, 11km/h, Couverture nuageuse 40%
	14h00-14h50	Eaux-Vives	Butte Lyonnaise	23°C, 11km/h, Couverture nuageuse 40%

Différentes étapes à suivre lors de la capture et de l'identification des abeilles, détaillées en (cf. Annexe VIII) :

- Observation sur le terrain : Lancez un minuteur de 40 minutes par butte observée et positionnez-vous autour de la butte de manière à pouvoir observer les abeilles revenant d'un vol. Marquez chaque nid lorsque l'abeille y est rentrée, avec un drapeau annoté d'une manière précise correspondant au bocal de capture (Fig.4).

Les drapeaux sont utilisés afin d'éviter de capturer et d'identifier des individus à plusieurs reprises, ce qui pourrait fausser les données ultérieurement.

- Capture et endormissement : Piégez les abeilles dans des bocaux, puis placez-les dans une glacière pour les endormir (5-7 minutes). Méthode non-létale proposée pour sauvegarder les individus capturés lors du suivi.
- Identification et photos : Vérifiez si les abeilles sont endormies, identifiez-les jusqu'au genre, et prenez des photos. Arrêtez le minuteur pendant cette phase et notez toutes les informations sur une fiche de relevé (cf. Annexe IX).



Figure 4 : Bocal en position de capture et des drapeaux bleus et violets indiquant les nids déjà identifiés sur la butte lyonnaise dans le parc de Beaulieu le 06.06.2024. © T.DE MERIS

- Gestion des abeilles endormies : Si les abeilles se réveillent trop rapidement, remettez-les dans le bocal et recommencez le processus d'endormissement.
- Relâcher : Relâchez les abeilles une fois les photos et l'identification terminées.

Si des abeilles sont encore dans leur nid et n'ont pas été identifiées à la fin des 40 minutes, alors réglez un minuteur pour 15 minutes supplémentaires.

Pour la butte HEPIA, positionnez-vous du côté de la face nue de végétation et y rester 40 minutes. Une fois que la végétation de l'autre moitié aura été coupée à 5 cm de hauteur, observez pendant 20 minutes par côté.

### 3.3.5 Entretien nécessaires

Un entretien de la végétation a été nécessaire lors du suivi des structures aménagées, afin de maintenir des conditions favorables à l'observation des individus ainsi que de leurs nids. Sur les buttes lyonnaises, la végétation a demandé peu d'entretien grâce à une colonisation lente, n'obstruant jamais suffisamment la butte pour limiter la qualité des observations. Le désherbage a été effectué lors des quinze minutes supplémentaires prévues lorsque des individus ne sortaient pas de leur nid, ne prenant ainsi pas de temps supplémentaire sur le suivi. Les buttes lyonnaises ont nécessité moins d'entretiens lors de notre période de suivi. Cependant, une tendance à se végétaliser plus rapidement est apparue fin juin, suggérant que, pour un suivi plus long, un entretien régulier sera tout de même nécessaire.

Pour les buttes HEPIA, la végétation était bien plus présente et a nécessité un effort plus conséquent. Lors des premières visites, il a été possible de réaliser l'entretien en même temps que le suivi, de la même manière que pour les buttes lyonnaises. À partir de la troisième visite, une quinzaine de minutes était nécessaire pour désherber avant de pouvoir commencer les suivis et obtenir des conditions favorables aux observations. Les buttes proposées par HEPIA ont donc nécessité deux entretiens lors des deux dernières semaines de juin. A partir de ce stade de végétation, un entretien hebdomadaire est nécessaire.

La végétation a été coupée à une hauteur de 5 à 10 cm pour faciliter la prospection dans la partie herbacée de la butte HEPIA. Les déchets végétaux ont été mis de côté puis par la suite transporté dans un compost.

### 3.3.6 Méthodologie d'analyse des résultats du suivi de la colonisation des abeilles terricoles et autres Hyménoptères sur les structures aménagées dédiées

Après la collecte et l'identification des abeilles sur les buttes aménagées des différents parcs (Beaulieu, Barton, Eaux-Vives), une analyse approfondie des données recueillies a été effectuée pour évaluer l'efficacité des différentes structures en termes de diversité des genres d'Hyménoptères. Les données récoltées incluent l'abondance des nids identifiés sur chaque butte, regroupées par parc et par type de butte, ainsi que le nombre global observé dans les parcs. Une analyse de l'abondance en fonction de l'exposition spatiale des nids sur les buttes a également été réalisée.

Afin d'évaluer si les différences observées dans le nombre d'individus entre les parcs sont statistiquement significatives, nous avons réalisé divers tests statistiques. Le test ANOVA à un facteur permet de comparer les moyennes du nombre d'individus observés dans chaque parc et de vérifier si les différences entre ces moyennes sont significatives.

Un test post-hoc de Tukey HSD a été utilisé après avoir effectué une analyse de variance (ANOVA) pour comparer les moyennes de plusieurs groupes. Cela nous permet de déterminer quelles paires de moyennes sont significativement différentes les unes des autres. Cela afin de comparer la variable nombre de nid avec les facteurs buttes lyonnaises et HEPIA, ainsi que les parcs.

De plus un test chi-carré comparera le facteur abondance de nids observé avec l'exposition au soleil de ces derniers.

## 4. Biais de l'étude

Dans le cadre de ce travail, il est inévitable de rencontrer certains biais. Il est crucial de les repérer afin de les inclure dans l'analyse des résultats. Par exemple, des facteurs comme la météo, le temps disponible pour mener l'étude, ou encore les perturbations causées par la faune. Voici donc les différents biais que nous avons identifiés au cours de cette étude :

- **Durée de l'étude** : Les données récoltées sur le terrain, que ce soit pour la prospection des buttes ou pour celle dans les micro-habitats, mériteraient une période d'étude plus longue. Le nombre de données récoltées ne permet pas de tirer de réelles conclusions quant à la butte la plus favorable ou à l'influence des micro-habitats sur le nombre de nids et d'individus observés. Par conséquent, les données statistiques obtenues ne sont pas robustes.

- Marquage des nids : Le marquage des nids a posé plusieurs problèmes. Initialement, les nids étaient marqués avec des drapeaux en cure-dent et scotch pour éviter de les prospector deux fois. Cependant, certains drapeaux ont été entièrement sortis de la terre, un phénomène causé par les moineaux se roulant dans la terre et attirés par les drapeaux. Pour remédier à ce problème, les drapeaux ont été enfoncés plus profondément pour les stabiliser durablement. Cette solution a fonctionné jusqu'à l'apparition de gros orages. Après les orages observés fin juin, plusieurs drapeaux ont été brisés ou arrachés. Malgré les plans des positionnements des drapeaux sur les buttes, il a été impossible de relocaliser précisément les nids, ce qui a entraîné un risque de double observation des individus, faussant ainsi les données préalablement récoltées.
- Conditions météorologiques : Les conditions météorologiques lors des prospections des buttes variaient, bien que celles-ci aient été effectuées en rotation, couvrant la majeure partie de la journée entre 9h30 et 16h30. Par exemple, une matinée pouvait être ensoleillée, tandis que l'après-midi pouvait connaître une couverture nuageuse de 50% ou l'apparition de vent. De plus, plusieurs jours de beau temps ont suivi des périodes de fortes pluies, rendant le sol humide pendant un à deux jours. Pendant ces jours, les observations étaient moins nombreuses que lorsque le sol était complètement sec. Cela a évidemment influencé les résultats des suivis.

Ces biais doivent être pris en compte lors de l'interprétation des résultats afin de fournir une analyse plus précise et réaliste des observations réalisées.

## 5. Résultats

### 5.1 Résultats pour les cartographies des micros-habitats

#### Avant-propos

Comme indiqué précédemment, les cartographies ont été effectuées dans le parc de Eaux-Vives, Barton et Perle du Lac à l'aide des cartographies existantes sur le SITG des milieux au 1 : 5000. Ces cartographies (Fig.5 , 6), permettent d'identifier et de quantifier les différents types de micro-habitats présents dans les parcs. Les habitats ont été regroupé et classé selon la typologie proposée par (Heiniger ; 2021).

#### Description

Les micro-habitats les plus présents dans le parc de la Perle du Lac sont le gazon exposé, représentant 48 % de la surface du parc avec une surface d'un peu plus de 10'000 m<sup>2</sup>, suivi du micro-habitat nommé cordon boisé avec 6750 m<sup>2</sup> (Tab.2), soit 30 % de la totalité du parc.

Dans le parc Barton, c'est l'habitat herbacé extensif exposé qui possède la plus grande étendue, avec 9380 m<sup>2</sup> (28 %), suivi de près par le gazon exposé avec 8490 m<sup>2</sup>, occupant 26 % de la surface du parc.

Pour le parc des Eaux-Vives, c'est encore le gazon exposé qui couvre la majeure partie du parc, occupant plus de 47 % de la surface totale, soit plus de 27'000 m<sup>2</sup>. On retrouve ensuite le cordon boisé avec près de 12'000 m<sup>2</sup>.


Tableau 2 : Répartition des micro-habitats prospectés dans les parcs de la Perle du Lac, Barton, Eaux-Vives en 2024, ainsi que le parc Beaulieu, La Grange et Mon Repos étudié en 2021 (Heiniger, 2021). Les typologies suivent celles proposées dans cette dernière étude. Les cellules roses mettent en avant les surfaces et les micro-habitats dominants dans chacun des parcs © T.DE MERIS


n°	Typologies	2024			2021		
		Perle du lac	Barton	Eaux-Vives	Beaulieu	La Grange	Mon repos
		Surface [m2]					
1	Bosquet d'arbre/buisson	1023	4240	8200	159	5187	3867
2	Cordon boisé	6750	5490	11960	3266	56751	3189
3	Cordon clair	2370	275	123	0	8468	5692
4	Formation ligneuse ornementale	0	65	1450	0	0	454
5	Gazon exposé avec buisson	0	0	2990	10857	32935	4379
6	Gazon exposé peu géré	1340	0	600	0	12109	8895
7	Gazon exposé	10650	8490	27266	9323	10943	10842
8	Gazon ombragé	175	520	880	2161	8461	1672
9	Gravier	0	0	315	0	0	580
10	Haies	0	400	279	1017	0	992
11	Herbacé extensif exposé	1513	9380	1715	763	5248	6390
12	Herbacé extensif peu exposé	0	4770	0	5730	2435	575
13	Jeux d'enfants	0	0	0	0	0	821
14	Parcelle cultivée	0	0	0	2590	0	104
15	Parking vert	0	0	0	0	0	290
16	Pied d'arbre	0	0	0	2804	1256	2271
17	Plate bande	164	251	371	512	1424	2952
18	Bambou	0	0	0	0		100
19	Paturage	0	0	0	1146	0	0
20	Prairie sèche	0	0	0	0	1522	0
21	Rocaille	0	0	750	0	0	0
	Surface totale	23980	33881	56899	40328	146739	54065

## Légende


 Périmètre des parcs étudiés


### Micro-habitats


 Bosquet d'arbre/buisson


 Cordon boisé


 Cordon clair

 Formation ligneuse ornementale

 Gazon exposé


 Gazon exposé avec buisson

 Gazon exposé peu géré


 Gazon ombragé


 Gravier

 Haie

 Herbacé extensif exposé

 Herbacé extensif peu exposé

 Pied d'arbre

 Plate bande

 Rocaille



Figure 5 : Cartographie des micro-habitats dans le parc Barton et la Perle du Lac à Genève. © T.DE MERIS



Figure 6 : Cartographies des micro-habitats dans le parc des Eaux-Vives à Genève. © T.DE MERIS

Un nouveau micro-habitat a été observé dans le parc des Eaux-Vives, nommé « Rocaille ». Il est caractérisé par des structures rocailleuses augmentant sa sécheresse. Ce milieu présente une microtopographie variée favorisant des plantes adaptées aux sols bien drainés. Des plates-bandes entretenues complètent ce micro-habitat. La température y augmente rapidement sous l'effet du soleil, créant ainsi un environnement sec et favorable aux espèces thermophiles.

## 5.2 Résultat de la prospection des nids dans les parcs étudiés

### 5.2.1 Avant-propos

La prospection des nids a été effectuée sur cinq jours différents dans les parcs Barton, Eaux-Vives et Perle du Lac, où aucune prospection n'avait été réalisée auparavant, ainsi que dans les parcs de La Grange, Beaulieu et Mon Repos, qui avaient déjà été prospectés (Heiniger, 2022).

Les prospections permettent de compléter les cartographies des micro-habitats et de définir spatialement où sont répartis les espaces de nidification dans les différents parcs, permettant par la suite de proposer des emplacements pour des aménagements potentiels favorisant la nidification.

La méthodologie utilisée, basée sur l'observation directe et la capture, nous a permis de repérer et d'identifier les nids grâce aux cartographies des micro-habitats réalisées en amont. Les micro-habitats favorables ont généralement un faible recouvrement de la végétation et un ensoleillement conséquent. Les observations ont particulièrement été réalisées dans ces zones, en prenant en compte les caractéristiques spécifiques de chaque parc. Des prospections ont également été effectuées dans les milieux moins favorables et plus difficiles d'accès.

### 5.2.2 Descriptions des résultats des prospections des nids

En prenant en compte la totalité des observations, environ 500 nids ont été observés entre le 12 et le 25 juin, lors de 5 journées de prospections. Trente-deux nouveaux sites de nidification ont pu être identifiés dans les 6 parcs étudiés (Tab.3). La majorité des sites possèdent entre 5 et 10 ou 10 et 20 nids, cependant quelques sites présentent une densité plus élevée. Notamment dans les parcs de la Perle du Lac, Barton et Beaulieu, qui possèdent respectivement un site comprenant entre 20 et 50 nids, incluant plusieurs genres comme *Lasioglossum*, *Halictus* et *Andrena*.

De plus, au parc de Mon Repos, il existe deux sites présentant une densité de nids similaire. Aux Eaux-Vives, un regroupement de 50 à 75 nids de *Lasioglossum* a été observé. En revanche, dans le parc de La Grange, aucun site à grande densité n'a été observé pour l'instant.

Tableau 3 : Répartition des nids d'abeilles sauvages prospecté entre le 11 et le 25 juin, dans les parcs de la Perle du Lac, Barton, Beaulieu, Eaux-Vives, Mon Repos et La Grange en ville de Genève. Les données sont regroupées par parc et par densité de nids (5-10, 10-20, 20-50, 50-75). Les genres d'abeilles observés comprennent *Lasioglossum*, *Halictus* et *Andrena*. Les numéros des points suivent les prospections déjà effectuées (Heiniger ; 2022) qui s'étaient arrêtées au n°20, tout comme pour la typologie des micro-habitats (Heiniger ; 2021). © T.DE MERIS

Parcs	Dates	N° du point	Micro-habitats	Genres identifiés	Nb de nid
Perle du lac	24.06.2024	21	Gazon exposé peu géré	Lasioglossum sp. et Halictus scabiosae	20-50
		22	Cordon clair	Lasioglossum sp.	5-10
		23	Gazon ombragé	Lasioglossum sp.	5-10
Barton	24.06.2024	24	Gazon ombragé	Indéterminé	20-50
	12.06.2024	25	Herbacé extensif exposé	Lasioglossum sp.	5-10
		26	Herbacé extensif exposé	Lasioglossum sp.	5-10
24.06.2024	27	Herbacé extensif exposé	Indéterminé	5-10	
Eaux-Vives	11.06.2024	28	Herbacé extensif exposé	Lasioglossum sp. et Halictus sp.	50-75
		29	Gazon exposé	Lasioglossum sp.	1-5
		30	Rocaille	Indéterminé	1-5
	31	Rocaille	Indéterminé	1-5	
	19.06.2024	32	Gazon exposé avec buisson	Lasioglossum sp.	5-10
25.06.2024	33	Gazon exposé	Lasioglossum sp.	5-10	
La Grange	25.06.2024	34	Gazon ombragé	Andrena sp. et Lasioglossum sp.	5-10
		35	Gazon exposé	Lasioglossum sp.	5-10
		36	Cordon	Halictus scabiosae	10-20
		37	Cordon	Lasioglossum sp.	10-20
		38	Gazon exposé	Lasioglossum sp.	5-10
		39	Cordon	Lasioglossum sp.	10-20
40	Cordon	Indéterminé	10-20		
Beaulieu	19.06.2024	41	Gazon exposé	Lasioglossum sp.	10-20
		42	Gazon exposé	Lasioglossum sp.	10-20
		43	Gazon exposé	Lasioglossum sp.	20-50
		44	Gazon exposé	Lasioglossum sp.	20-50
		45	Herbacé extensif peu exposé	Lasioglossum sp.	1-5
Mon Repos	24.06.2024	46	Herbacé extensif exposé	Lasioglossum sp.	20-50
		47	Formation ligneuse ornementale	Lasioglossum sp.	5-10
		48	Gazon exposé	Lasioglossum sp.	10-20
		49	Gazon exposé	Lasioglossum sp.	20-50
		50	Gazon exposé	Lasioglossum sp.	5-10
		51	Gazon ombragé	Lasioglossum sp.	5-10
		52	Gazon ombragé	Indéterminé	5-10
53	Cordon clair	Indéterminé	1-5		

Les résultats montrent que le « Gazon exposé » est le micro-habitat qui accueille le plus de nids abeilles terricoles, avec 171 nids observés. Viennent ensuite le "Gazon ombragé" (63 nids) et le "Cordon" (60 nids), suivis de près par "l'Herbacé extensif exposé" (56 nids). En revanche, les "Gazon exposé peu géré" et "Cordon clair" comptent respectivement 35 et 10 nids. Les "Formations ligneuses ornementales" et "Gazon exposé avec buisson" ont chacun 7 nids, tandis que la "Rocaille" en compte 6. Enfin, "l'Herbacé extensif peu exposé" est le micro-habitat avec le moins de nids (3) (Fig.7)

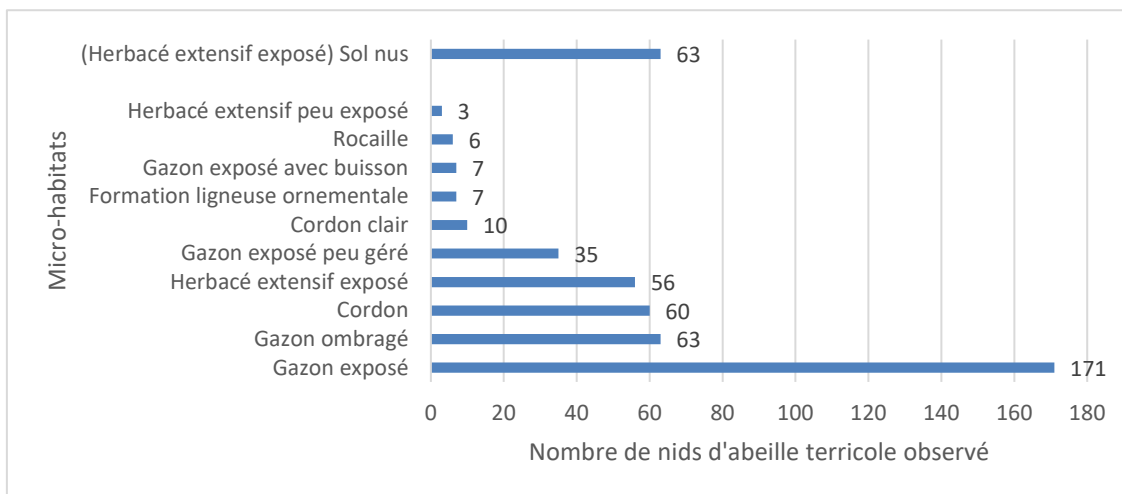


Figure 7 : Nombre total de nids observés lors de la prospection des micro-habitats dans les parcs de la Perle du Lac, Barton, Beaulieu, Eaux-Vives, Mon Repos et La Grange en ville de Genève. © T.DE MERIS

De plus, en regroupant les données par parc, les résultats montrent que le parc Mon Repos possède le plus grand nombre de nids identifiés, avec un total de 116 nids. Le parc Beaulieu suit avec 93 nids, puis le parc des Eaux-Vives avec 86 nids, et le parc La Grange avec 81 nids. Le parc Barton compte 56 nids identifiés, tandis que le parc de la Perle du Lac en compte 49 (Fig.8). Ces données montrent une variation dans le nombre de nids entre les différents parcs prospectés.

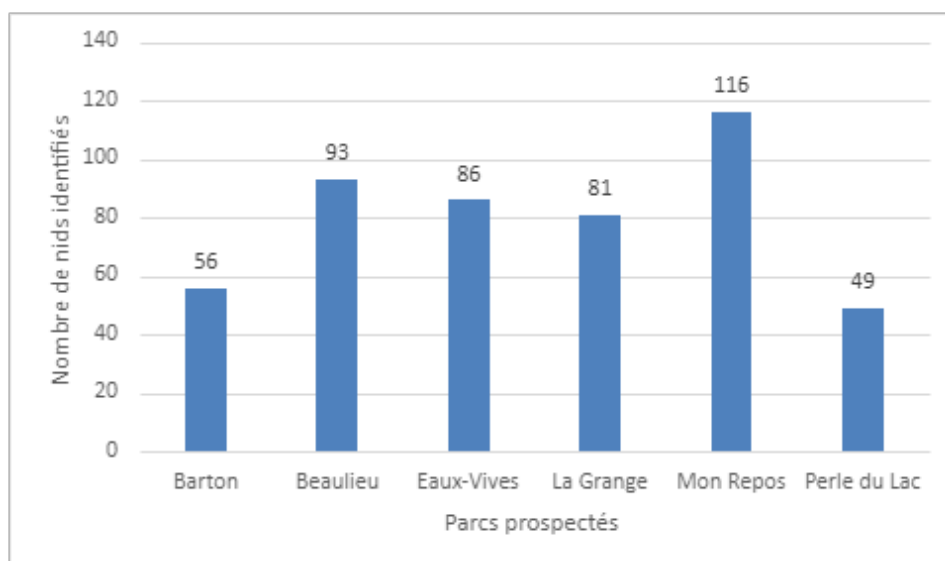


Figure 8 : Répartition des nids observés dans les parcs de Perle du Lac, Barton, Beaulieu, Eaux-Vives, Mon Repos et La Grange en ville de Genève. Les nombres au-dessus des barres représentent le nombre de nid qui ont été identifié dans les parcs concernés. © T.DE MERIS

Tous les sites de prospection effectués par observation directe en 2022 (Heiniger, 2022) présentent à nouveau des nids. Cependant, les zones où des pièges à émergence avaient été installés en 2022 possèdent une végétation trop dense, rendant l'observation directe et les captures impossibles. Finalement, un total de 32 nouveaux sites de nidification a pu être identifié dans les six parcs (Fig. 9,10, 11).

## Légende

- Nids prospectés en 2022 par piège à émergence
- Nids prospectés en 2022 par observation directe
- Nids prospectés en 2024 par observation directe
- ▭ Périmètre des parcs étudiés

### Micro-habitats

- Bosquet d'arbre/buisson
- Cordon boisé
- Cordon clair
- Formation ligneuse ornementale
- Gazon exposé
- Gazon exposé avec buisson
- Gazon exposé peu géré
- Gazon ombragé
- Gravier
- Haie
- Herbacé extensif exposé
- Herbacé extensif peu exposé
- Pied d'arbre
- Plate bande
- Rocaille



Figure 9 : Cartographie des emplacements des anciens et nouveaux nids prospectés dans les micro-habitats du parc La Grange et des Eaux-Vives à Genève. Les ronds et les carrés noirs sont des lieux nidifiés déjà observé en 2022 (Heiniger, 2022), les ronds rouges représentent les nouvelles observations. © T.DE MERIS

Suivi de la colonisation d'infrastructures écologiques dédiées à la nidification des abeilles et autres Hyménoptères terrioles dans trois parcs de la ville de Genève

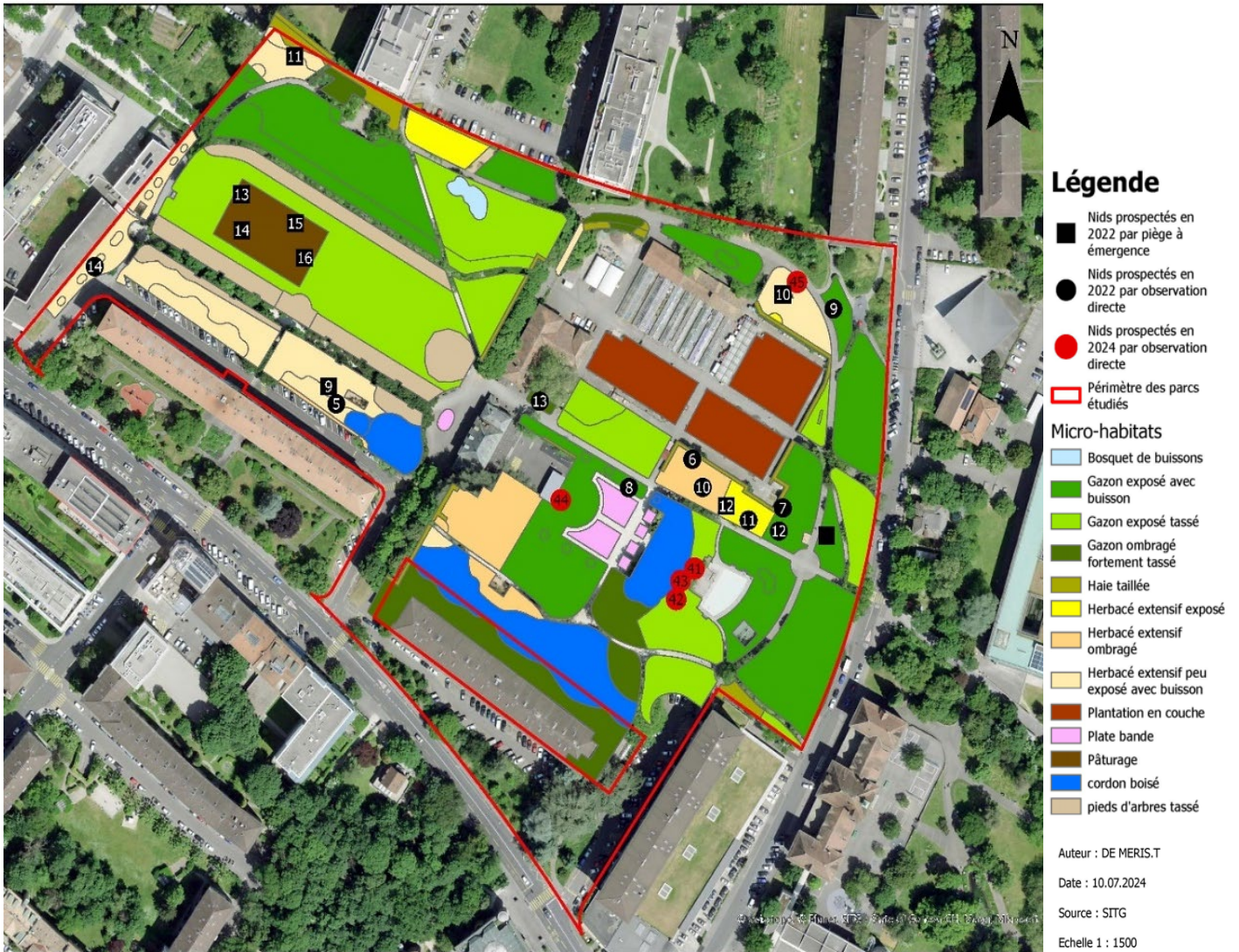


Figure 11 : Cartographie des emplacements des anciens et nouveaux nids prospectés dans les micro-habitats du parc Beaulieu à Genève. Les ronds et les carrés noirs sont des lieux nidifiés déjà observé en 2022 (Heiniger, 2022). © T.DE MERIS

### 5.2.3 Analyse des résultats de la prospections des nids

Sur un total de 481 nids observés, 338 nids (70 %) ont été trouvés dans des micro-habitats exposés, et 143 nids (30 %) dans des micro-habitats ombragés (Fig. 12). Selon le test Chi-Carré,  $p = 0.0001$ , ce qui indique une différence significative entre le nombre de nids observés dans les micro-habitats exposés et ombragés.

Cette observation est cohérente avec la littérature existante, qui confirme l'importance de l'exposition dans les habitats des abeilles terricoles (Pouvreau, 2004).

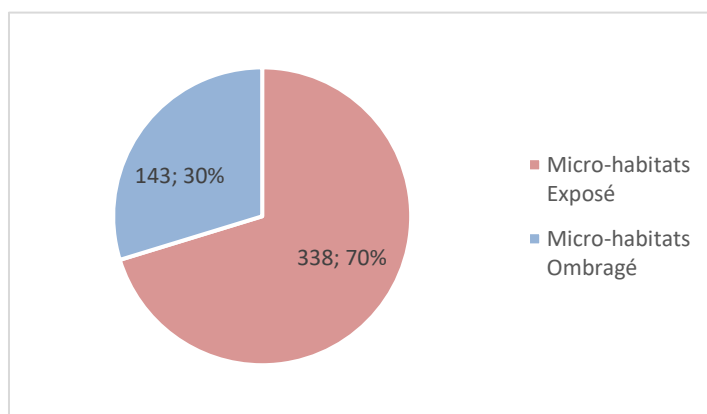


Figure 12 : Répartition des nids entre les micro-habitats exposés en bleu et ceux ombragés en rouge, dans les six parcs étudiés. © T.DE MERIS

Le test de Kruskal-Wallis a mis en évidence que la valeur  $p$  est supérieure à 0.05, indiquant qu'il n'y a pas de preuve suffisante pour conclure à une différence significative entre les médianes des différents micro-habitats. En d'autres termes, nous acceptons l'hypothèse selon laquelle toutes les médianes sont égales. Cela indique qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative dans le nombre de nids observés entre les différents types de micro-habitats étudiés.

## 5.3 Résultats du suivi de la colonisation des abeilles terricoles et autres Hyménoptères sur les structures aménagées

### 5.3.1 Avant-propos

Les parcs urbains de Genève, tels que le Parc Beaulieu, le Parc Barton et le Parc des Eaux-Vives, offrent un cadre idéal pour la réalisation d'études écologiques et de biodiversité. Dans le cadre de notre projet de prospection sur les buttes aménagées, nous nous sommes fixé deux objectifs principaux : identifier les genres d'Hyménoptères associés à chaque structure aménagée et évaluer l'efficacité des différentes versions de buttes pour fournir des ressources de nidification à un maximum de genres d'abeilles sauvages.

En adoptant une méthodologie rigoureuse et standardisée, cette étude vise à apporter des données précieuses sur la biodiversité urbaine et à contribuer à la conservation des abeilles sauvages en milieu urbain.

### 5.3.2 Description des résultats du suivi des buttes

Les résultats des prospections menées sur les buttes aménagées dans les trois parcs révèlent une abondance totale de 169 nids observés, avec une prédominance importante du genre *Lasioglossum* (Fig. 13). Les buttes lyonnaises et HEPIA du parc de Beaulieu confirment cette tendance, enregistrant respectivement 56 et 48 nids de ce genre, avec une densité particulièrement élevée.

Le parc Barton montre des chiffres similaires avec 18 nids de *Lasioglossum* sur la butte lyonnaise et 17 sur la butte HEPIA, contre trois nids du genre *Halictus* répartis entre les deux buttes.

Le parc des Eaux-Vives, bien que présentant une densité très faible avec 19 nids au total répartis sur les deux aménagements, compte 10 nids de *Lasioglossum* sur la butte lyonnaise et 5 sur la butte HEPIA.

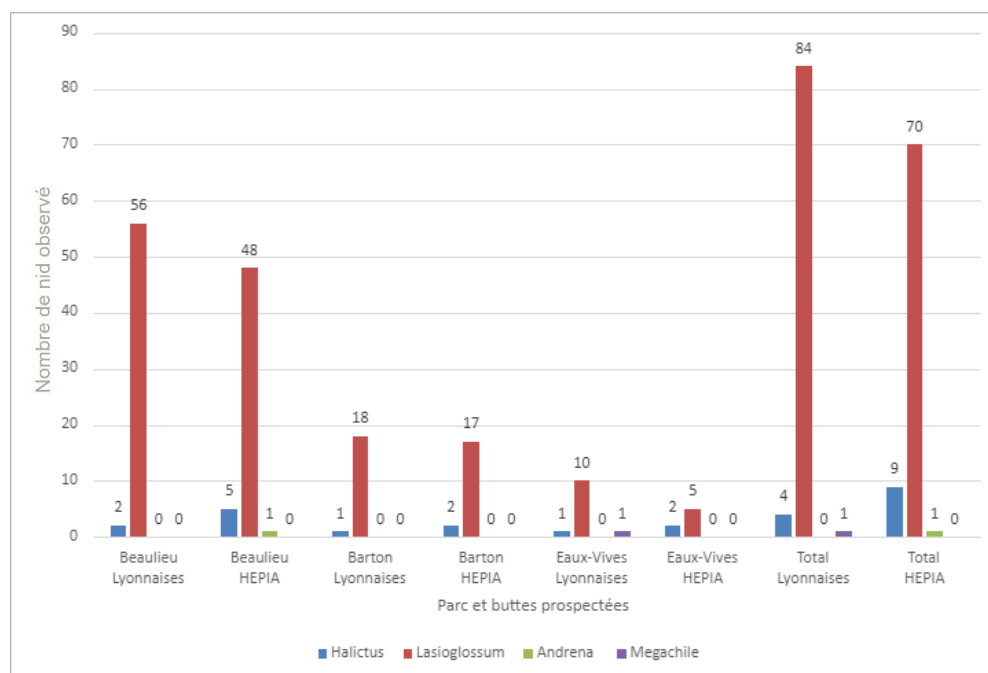


Figure 13 : Graphique en barres montrant la répartition du nombre de nids observés pour différents genres d'abeilles terricoles dans les parcs de Beaulieu, Barton et Eaux-Vives selon les deux types de buttes suivis. Les différents genres d'abeilles sont représentés par des couleurs distinctes : *Halictus* en bleu, *Lasioglossum* en rouge, *Andrena* en vert et *Megachile* en violet. Les valeurs au-dessus des barres indiquent le nombre exact de nids observés pour chaque combinaison de butte, parc et genre d'abeille. © T. DE MERIS

En comparaison, le genre *Halictus* est observé en nombre beaucoup plus réduit : 7 fois à Beaulieu, 3 fois à Barton et 3 fois aux Eaux-Vives. Le genre *Andrena* est identifié uniquement à Beaulieu avec un seul individu, tandis que le genre *Megachile* est observé exclusivement aux Eaux-Vives, également avec un seul individu. Ces observations mettent en évidence une distribution inégale des genres d'abeilles, largement dominée par *Lasioglossum*, avec une présence limitée des genres *Halictus*, *Andrena* et *Megachile*.

*Lasioglossum* est le genre le plus abondant avec un total de 149 individus identifiés entre les trois parcs. *Halictus*, avec un total de 15 individus, est réparti de manière plutôt équitable entre la butte lyonnaise et la butte HEPIA. Les genres *Andrena* et *Megachile* sont présents par un seul individu chacun : *Andrena* sur la butte HEPIA dans le parc de Beaulieu et *Megachile* sur la butte lyonnaise aux Eaux-Vives.

Une grande majorité des nids, soit 131, sont exposés au sud-est, contre une répartition plus faible des 26 nids exposés au nord-ouest (Fig. 14). Les 9 nids présents au sommet des buttes lyonnaises n'ont pas été pris en compte.

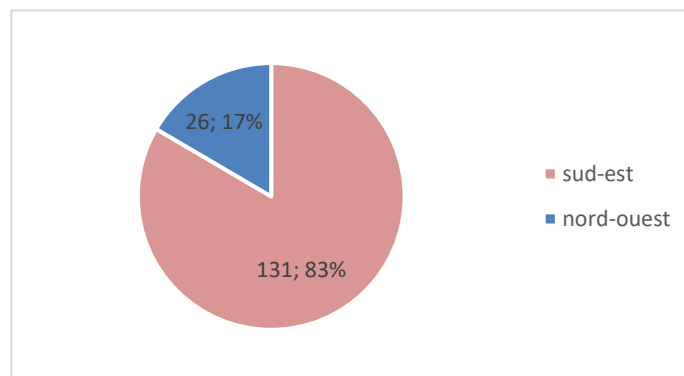


Figure 14 : Exposition globale des nids identifiés sur les buttes aménagées lyonnaises et HEPIA dans les parcs de Beaulieu, Barton et Eaux-Vives. Le bleu représente les nids exposés au sud-est et le rouge ceux orientés au nord-ouest. Les 9 nids présents aux sommets des buttes lyonnaises n'ont pas été pris en compte. © T. DE MERIS

### 5.3.3 Analyse des résultats du suivi des buttes aménagées

Les données ont été analysées afin de déterminer s'il existe une différence significative dans le nombre de nids observés sur les buttes entre les parcs de Beaulieu, Barton et la Perle du Lac. Un test ANOVA à un facteur a été réalisé pour comparer les moyennes du nombre de nids entre les trois parcs. Les résultats de l'ANOVA ont montré une différence significative entre les parcs avec ces résultats : ( $p = 0.000426$ ). Pour identifier quels parcs diffèrent les uns des autres, un test post-hoc de Tukey HSD a été effectué.

Les résultats montrent une différence significative entre Barton et Beaulieu (différence moyenne = -18.667 nids, avec  $p = 0.001$ ), ainsi qu'entre Beaulieu et Eaux-Vives (différence moyenne = 13.00 nids, avec  $p = 0.004$ ). En revanche, il n'y a pas de différence significative entre Barton et Eaux-Vives (différence moyenne = -5.667 nids, ayant  $p = 0.337$ ). En moyenne, les parcs présentent les valeurs suivantes pour le nombre de nids observés : Beaulieu ( $21.0 \pm 8.28$ ), Barton ( $6.5 \pm 4.23$ ), et Eaux-Vives ( $3.8 \pm 1.92$ ), comme illustré dans la (Fig.15). Ces résultats indiquent que le parc Beaulieu a significativement plus de nids que le parcs Barton et Eaux-Vives, et montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre ces deux derniers.

Les données ont été analysées afin de déterminer s'il existe une différence significative dans le nombre de nids observés sur les buttes entre les parcs de Beaulieu, Barton et Eaux-Vives. Un test ANOVA à deux facteurs a été réalisé pour comparer les moyennes

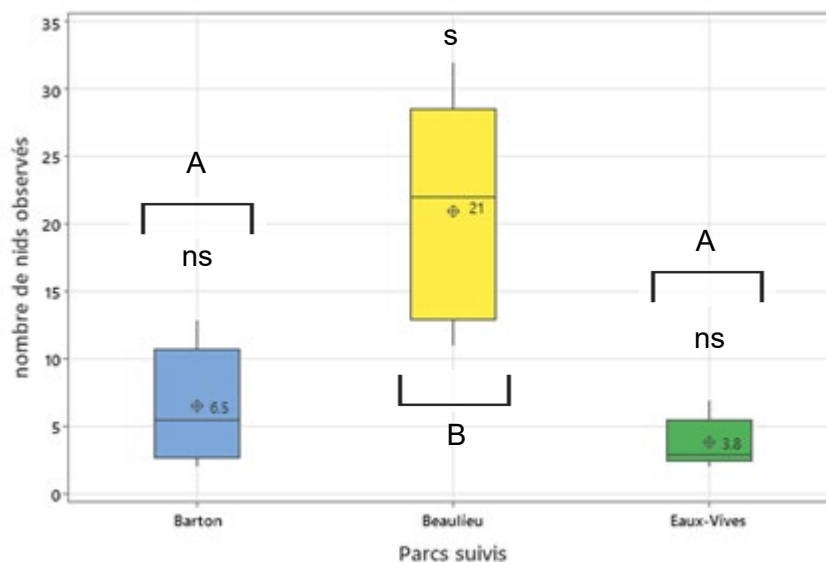


Figure 15 : Diagramme en boîte montrant la distribution du nombre de nids observés dans les trois parcs suivis : Barton en bleu, Beaulieu en jaune et Eaux-Vives en vert. Les boîtes représentent l'intervalle interquartiles (IQR) avec une ligne à l'intérieur de chaque boîte indiquant la médiane, ainsi qu'un cercle avec une croix représentant la moyenne. Les moustaches s'étendent aux valeurs minimales et maximales. Les écritures « ns » montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre le parc Barton et Eaux-Vives mais Beaulieu avec le « s » a une différence significative. Les lettres A et B sont pour montrer quels parcs ont des données similaires ou différentes © T. DE MERIS

du nombre de nids en fonction des parcs et des types de buttes. Les résultats de l'ANOVA ont montré une différence qu'il n'existe pas de différence significative entre les types de buttes ( $p = 0.545778$ ). De plus, il n'y a pas d'effet d'interaction significatif entre les parcs et les buttes ( $p = 0.738379$ ).

Les résultats indiquent donc que le parc Beaulieu a significativement plus de nids que le parcs Barton et des Eaux-Vives, et montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les types de buttes HEPIA et Lyonnaise.

Il est possible d'observer que la différence entre les aménagements Lyonnais et HEPIA est relativement faible. Les aménagements Lyonnais totalisent 89 identifications d'abeilles, tandis que les aménagements HEPIA en comptabilisent 80. La répartition globale entre les sites est également comparable, bien que les chiffres varient très légèrement (Fig.16).

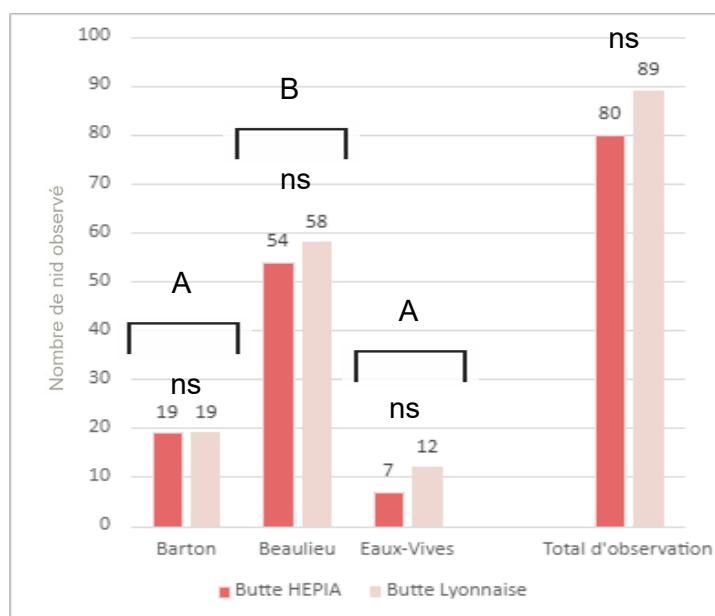


Figure 16 : Le graphique en barres montrant la répartition du nombre de nids observés entre les buttes HEPIA et Lyonnaise dans les parcs de Barton, Beaulieu et Eaux-Vives, ainsi que le total des observations combinées. Les barres rouges représentent les observations sur la butte HEPIA, tandis que les barres roses représentent les observations sur la butte Lyonnaise. Les chiffres au-dessus des barres indiquent le nombre exact d'individus observés pour chaque combinaison de parc et type de butte. Les écritures ns montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les buttes. Les lettres A et B sont pour montrer quels parcs ont des données similaires ou différentes © T. DE MERIS

L'exposition des nids varie également. Afin d'avoir des données statistiques plus fiables, seules les expositions sur les buttes lyonnaises ont été gardées. Pour les aménagements HEPIA, les données révèlent que l'exposition sud-est représente la totalité des nids (79). Aucun nid ni individu n'ont été identifiés sur le versant ouest où se trouve le mur en pierre sèche, ou sur le versant nord. Les données n'ont donc pas été regroupées.

Parmi les 78 nids des buttes lyonnaises dont l'exposition est identifiable, 52 sont orientés sud-est (66,7 %) et 26 sont orientés nord-ouest (33,3 %). Les 9 nids situés au sommet n'ont pas été pris en compte. Selon le test du Chi-carré,  $p = 0,0032$ , ce qui indique que la différence observée entre les nids exposés sud-est et nord-ouest est statistiquement significative.

Les buttes aménagées dans les parcs de Beaulieu, Barton et Eaux-Vives ont été colonisées par diverses espèces végétales, parmi lesquelles plusieurs sont mellifères.

Ces plantes mellifères jouent un rôle crucial en fournissant des ressources en nectar et pollen indispensables pour les abeilles terricoles. Les espèces identifiées comme particulièrement bénéfiques pour les abeilles comprennent *Convolvulus arvensis* (Liseron des champs), *Trifolium hybridum* (Trèfle hybride), *Trifolium pratense* (Trèfle des prés), *Trifolium repens* (Trèfle blanc), *Achillea millefolium* (Achillée millefeuille), *Leucanthemum vulgare* (Marguerite commune) et *Papaver rhoeas* (Coquelicot) (Tab 4).

Tableau 4 : Taxons ayant colonisés les buttes aménagées lyonnaises et HEPIA dans les trois parcs étudiés. En vert les espèces ayant colonisé les buttes de Beaulieu, en rouge Barton et en orange celles des Eaux-Vives. © T. DE MERIS

Beaulieu		Barton		Eaux-Vives	
Butte lyonnaise	Butte hepia	Butte lyonnaise	Butte hepia	Butte lyonnaise	Butte hepia
<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Achillea millefolium</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>
<i>Conyza canadensis</i>	<i>Conyza canadensis</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>	<i>Chenopodium sp.</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>
<i>Digitaria sanguinalis</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>	<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Papaver rhoeas</i>
<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Trifolium pratense</i>	<i>Conyza canadensis</i>		<i>Polygonom aiculare</i>
	<i>Polygonom aiculare</i>		<i>Crepis biennis ou setosa</i>		<i>Portulaca oleracea</i>
	<i>Portulaca oleracea</i>		<i>Digitaria sanguinalis</i>		<i>Veronica agrestis</i>
	<i>Trifolium hybridum</i>		<i>Leucanthemum vulgare</i>		
			<i>Papaver rhoeas</i>		
			<i>Portulaca oleracea</i>		
			<i>Trifolium repens</i>		
			<i>Trifolium pratense</i>		
			<i>Veronica agrestis</i>		

## 6 Discussions des résultats

### 6.1 Discussion des résultats des cartographies des micro-habitats

Il est possible de remarquer une différence notable entre les micro-habitats dominants dans les parcs. Les gestions y sont différentes, tout comme les mesures liées à la biodiversité. Les cartographies nous ont permis de mesurer chaque type de micro-habitat et, par conséquent, de décrire chaque parc en fonction de ses spécificités propres et de la quantité de chaque type de micro-habitat qu'il contient.

Nous avons constaté que le parc Barton possède la plus grande quantité de végétation herbacée extensive, offrant ainsi de nombreuses plantes mellifères pour les abeilles terricoles et autres Hyménoptères associés. Ce parc possède donc la capacité de nourrir et d'accueillir des populations d'abeilles sauvages. Il est important de noter qu'en raison de l'échelle nécessaire pour créer les cartes, il a été difficile de mettre en évidence les zones avec moins de couverture végétale, favorables à la nidification, tout en conservant une bonne lisibilité des cartes.

Le parc des Eaux-Vives présente une faible diversité de micro-habitats, avec plus de 27 000 m<sup>2</sup> de gazon exposé et près de 12 000 m<sup>2</sup> de cordon boisé. Ces milieux ne sont pas

les plus favorables aux abeilles, en raison des nombreux entretiens dans les zones de gazon exposé, du manque de ressources alimentaires et d'une exposition limitée dans les cordons boisés. Le parc de la Perle du Lac possède une répartition des micro-habitats assez similaire à celle observée dans le parc des Eaux-Vives, mais offre un peu plus de zones moins entretenues, favorables en tant que source alimentaire pour les abeilles. Ces parcs ne sont donc peut-être pas les plus adaptés pour accueillir les aménagements proposés.

## 6.2 Discussion des résultats de la prospection des nids

Les résultats montrent que trois genres d'abeilles sauvages terrioles, *Lasioglossum*, *Andrena* et *Halictus*, ont pu être observés, et qu'il existe une grande variation du nombre de nids en fonction des types de micro-habitats et des parcs étudiés. Différents types de nids ont été observés sur le terrain. Certains forment des cheminées (Fig. 17), d'autres présentent des tumuli (Fig. 18) ou sont creusés à même le sol (Fig. 19). Les micro-habitats avec un faible recouvrement de la végétation et un bon ensoleillement semblent être les plus favorables à la nidification des abeilles terrioles, en particulier pour le genre *Lasioglossum* sp. Les parcs de Mon Repos et Beaulieu présentent les nombres de nids les plus élevés, indiquant des conditions particulièrement favorables pour ces espèces. Il est important de noter que dans 99 % des cas, lorsque les individus ont été observés dans des micro-habitats dits herbacés, les observations se sont presque toujours faites sur des zones où la végétation était bien moins dense, moins entretenue et où le sol était partiellement à totalement visible. Seules quelques observations (Fig. 18) ont été faites dans des gazons très denses, montrant que malgré des conditions pas forcément idéales, certaines espèces s'adaptent totalement.



Figure 19 : Nid d'abeille du genre *Lasioglossum*, creusé à même le sol, avec un faible recouvrement de la végétation, dans le parc de Beaulieu, le 19 juin 2024 © T. DE MERIS



Figure 18 : Nid d'abeille du genre *Lasioglossum*, avec présence d'un tumulus et un recouvrement élevé de la végétation, dans un micro-habitat herbacé exposé, dans le parc des Eaux-Vives, le 11 juin 2024 © T. DE MERIS



Figure 17 : Nid d'abeille du genre *Lasioglossum* en forme de cheminée de quelques millimètres, avec un faible recouvrement de la végétation, situé dans un cordon dans le parc La Grange le 25 juin 2024 © T. DE MERIS

Les prospections ne représentent bien évidemment pas tous les nids dans les parcs. Certains micro-habitats possèdent une végétation trop dense pour que les nids soient visibles ou que l'observation directe soit efficace. Les gazons ainsi que les milieux herbacés extensifs sont particulièrement difficiles à prospector, leur végétation ne permettant pas de voir le sol et, par conséquent, les tumuli ou les trous formés par les abeilles.

Afin d'obtenir des résultats plus robustes, il pourrait être bénéfique d'augmenter la taille de l'échantillon sur une période plus longue, dans tous les micro-habitats. Les milieux trop difficiles à prospector devront être étudiés à l'aide de pièges à émergence modifiés similaire à ceux proposé lors des prospections passées (Heiniger, 2022) mais en version non létale, de manière à vérifier s'ils accueillent des populations ou non.

Il est intéressant de noter que plusieurs groupes de nids ont été observés à proximité du lac, à moins de 50 mètres, malgré les conditions plus fraîches et humides venant du lac. Cependant, ces lieux étaient tous dépourvus de végétation, n'ayant pas de mousse et très peu d'herbacées, en raison du passage des promeneurs, garantissant une exposition des nids au soleil plus importante.

## 6.3 Discussion des résultats des prospections des buttes

### 6.3.1 Disparités des résultats entre le nombre de nid sur les différents sites

Une forte disparité dans la répartition des genres est observée, avec une forte prédominance du genre *Lasioglossum* sur toutes les buttes, particulièrement marquée dans le parc de Beaulieu. Il y a une différence significative entre les genres, mais justifiable peut-être simplement par la présence des *Lasioglossum* bien plus accrue dans tous les micro-habitats aussi prospecté. De plus, il y a une grande inégalité dans le nombre total de nids observés entre les parcs, avec 106 nids à Beaulieu, 41 à Barton et 19 aux Eaux-Vives.

Voici les potentielles raisons des inégalités observées :

Parc Barton :

Les buttes présentes dans ce parc sont situées à une cinquantaine de mètres du lac, impliquant des conditions climatiques plus fraîches et humides. Cette humidité persistante se manifeste par un fort recouvrement des buttes par des bryophytes sur

toutes leurs faces. De plus, l'ensoleillement matinal est tardif, commençant vers 11 h 00. Malgré la disponibilité de ressources alimentaires proches, avec de grandes surfaces de prairies extensives, les conditions présentes ne sont pas idéales pour accueillir de manière optimale les abeilles terricoles. Cela impacte potentiellement le nombre d'individus observés sur ce site.

Parc des Eaux-Vives :

Les deux buttes aménagées sont également exposées plus tardivement aux rayons du soleil. Cependant, les conditions climatiques y sont plus favorables, avec moins de vent et d'humidité, et peu de bryophytes sur les buttes. Néanmoins, la proximité avec des espaces de nourrissage est limitée. Une seule prairie extensive amaigrie à l'aide d'un décapage l'automne dernier propose des espèces mellifères intéressantes. La prairie extensive en amont des aménagements est riche en graminées, avec un sol encore trop riche pour favoriser des plantes mellifères et nectarifères. Malgré les bonnes conditions climatiques et les quelques zones de nourrissage, ces deux buttes accueillent le moins d'individus, douze sur la butte lyonnaise et sept sur la butte d'HEPIA. Une explication potentielle pourrait être la présence d'une zone de terre nue, résultant de travaux récents, située à une quinzaine de mètres en amont des aménagements, où un grand nombre de nids de *Lasioglossum* ont été observés. Les individus ont alors peut-être privilégié ce milieu pionnier aux buttes aménagées. Il sera intéressant d'observer l'évolution de la colonisation de ce lieu et des buttes aménagées l'année prochaine, lorsque la végétation aura recolonisé tout ce milieu. Le nombre d'observations sur les buttes pourra alors potentiellement augmenter.

Parc Beaulieu :

Dans ce parc, les buttes sont exposées au soleil plus tôt que sur les autres sites. Elles sont également moins recouvertes de bryophytes, indiquant une humidité probablement plus faible. Le parc offre un grand potentiel de nourrissage grâce aux jardins en couches et aux quelques prairies extensives présentes. Ce parc semble être un bon exemple d'un lieu où les aménagements profitent grandement aux espèces terricoles, comme en témoigne le nombre d'individus observés : cinquante-huit sur la butte lyonnaise et cinquante-quatre sur celle d'HEPIA.

Les deux aménagements n'ont pas montré de différence significative quant au nombre de nids observés comparé entre eux. Cependant, il est crucial de noter que 50 % de la surface des aménagements HEPIA était recouverte de végétation dense, rendant le suivi et la détection des nids plus difficiles. Cette partie végétalisée a permis de vérifier l'impact de la végétation sur la colonisation des buttes, et le résultat est sans appel :

un seul nid a été observé dans la partie végétalisée, situé dans le parc de Beaulieu, sur l'ensemble des parcs Il est possible que quelques autres nids soient présents mais n'aient pas été identifiés à cause de la difficulté de l'observation directe ; leur proportion reste néanmoins moindre par rapport aux surfaces dénudées. Il est donc plausible que, sans la partie végétalisée qui n'a accueilli qu'un seul nid parmi les trois aménagements, le nombre de nids aurait probablement dépassé celui des buttes lyonnaises.

### 6.3.2 Contraintes

Les prospections ont permis d'observer 169 individus et nids, cependant cela ne représente qu'une partie des populations réels nidifiant dans les buttes aménagées. Un suivi de plus longue durée permettrait d'avoir des données conséquentes et plus robustes permettant de faire des tests statistiques plus réaliste. En commençant le suivi à partir de mars, jusqu'à octobre, cela permettra de recouvrir toutes les périodes de vol des abeilles sauvages (Amiet & Krebs, 2012).

La météo peu clémente du mois de juin nous a contraints à réaliser les prospections durant les rares jours de beau temps, ce qui a parfois conduit à des visites successives sur les mêmes sites. Cette situation ne laissait pas suffisamment de temps pour espérer une réelle évolution. Par exemple, sur la butte lyonnaise dans le parc de Beaulieu, 13 observations ont été effectuées le 5 juin et 9 nouvelles le lendemain, montrant qu'il est parfois possible d'observer de nouveaux nids et individus. Cependant, lors des dernières visites, alors que les buttes avaient déjà été largement prospectées, le nombre de nouvelles identifications a diminué. Il aurait été préférable de laisser passer une semaine avant de continuer le suivi à un rythme hebdomadaire, si la météo l'avait permis.

### 6.3.3 Diversité des expositions

Les buttes lyonnaises présentent une répartition plus variée des nids (cf. Annexe X) que les buttes d'HEPIA (cf. Annexe XI). Cela est dû au fait que le mur en pierre sèche n'a accueilli aucun individu, ainsi que la face nord, naturellement moins favorable, qui possédait un fort recouvrement de la végétation limitant les observations.

Les résultats de cette étude indiquent que les abeilles sauvages préfèrent les expositions bien ensoleillées, telles que le sud et l'est, dans les deux types d'aménagements. Cependant, la répartition des nids dans la butte lyonnaise est plus diverse, suggérant que même les orientations moins favorables peuvent être utilisées pour la nidification, bien que dans une moindre mesure. Ces observations peuvent guider les futures initiatives de gestion des habitats des abeilles sauvages, en mettant l'accent sur l'optimisation des expositions sud et est pour favoriser au maximum la nidification.

---

Suivi de la colonisation d'infrastructures écologiques dédiées à la nidification des abeilles et autres Hyménoptères terricoles dans trois parcs de la ville de Genève

Un choix devra donc être fait pour les futurs suivis. Il s'agira soit de conserver la moitié végétalisée, ce qui nécessitera un entretien conséquent de la butte et l'utilisation d'une autre méthode de prospection pour identifier plus facilement les individus présents, soit de retirer toute la végétation. L'impact de la végétation ayant été prouvé, cette dernière option réduirait seulement l'esthétique de la butte mais faciliterait les suivis ainsi que son entretien.

#### 6.3.4 Sensibilisation de la population

C'est dans le parc de Beaulieu que les passants étaient les plus intéressés par les aménagements. Très peu d'entre eux connaissaient l'existence des abeilles terricoles et me remerciaient pour la sensibilisation effectuée lors de nos discussions. Ces échanges ont pris quelques heures sur la totalité du temps passé sur le terrain, mais me semblaient très importants pour recueillir l'avis des usagers des parcs sur les aménagements. La sensibilisation a également eu lieu dans les deux autres parcs, mais en raison de leur position plus isolée, il y avait moins de passage et, par conséquent, moins d'interactions.

## 7. Propositions d'améliorations

### 7.1 Micro-habitats

Il est toujours possible d'améliorer la capacité d'accueil des parcs moins favorables en modifiant légèrement leur gestion. Par exemple, réduire la fréquence des entretiens dans certaines zones de gazon exposé et moins fréquenté permettrait l'apparition de plantes mellifères spontanées. De plus, la création de petites parcelles de végétation herbacée extensive dans le parc des Eaux-Vives et de la Perle du Lac pourrait augmenter les ressources alimentaires disponibles pour les abeilles terricoles. Ces parcelles devraient être décapées afin de laisser un sol pauvre, favorisant des plantes plus riches en nectar et en pollen et réduisant la dominance des graminées. La parcelle en amont des aménagements des Eaux-Vives serait un bon point de départ, car elle est actuellement moins entretenue. Si elle est laissée en gestion extensive, elle pourrait devenir un habitat précieux pour les abeilles terricoles, bien qu'elle ne propose actuellement que des graminées en raison de la richesse de son sol. Il serait également bénéfique d'intégrer des zones de sol nu ou peu végétalisé pour favoriser la nidification des abeilles terricoles. Une gestion adaptative et ciblée par le SEVE (cf. Annexe XII) pourrait transformer ces parcs en habitats plus accueillants pour les pollinisateurs, contribuant ainsi à la préservation de la biodiversité urbaine.

## 7.2 Prospection des nids

Afin de prospecter dans les habitats ayant une couverture végétale dense, réduisant fortement la visibilité du sol, des pièges à émergence modifiés, similaires à ceux utilisés lors des prospections effectuées en 2022 (Heiniger, 2022), pourraient être employés. Cependant, pour garantir des prospections non létales, des modifications seraient nécessaires. Il faudrait conserver le concept du piège en dirigeant les abeilles capturées vers un point où elles ne peuvent plus s'échapper, puis fermer cet espace pour capturer les abeilles avec un gant de protection dans des bocal. Ensuite, les abeilles pourraient être endormies dans une glacière, comme cela a été fait lors des suivis des buttes et de la prospection des nids.

## 7.3 Buttes aménagées

### 7.3.1 Réduire l'entretien

Dans le cadre de l'aménagement d'habitats pour les abeilles sauvages, les buttes en terre sont une solution efficace pour créer des sites de nidification. Cependant, un problème majeur a été identifié concernant l'entretien de ces buttes. Ces structures ont tendance à se végétaliser rapidement, notamment la version d'HEPIA, nécessitant un désherbage fréquent. De plus, pendant la période de prospection de ce travail, la météo a fortement favorisé la croissance des végétaux, avec des intempéries suivies de jours ensoleillés et des températures moyennes avoisinant les 20°C.

En décidant de supprimer la moitié végétalisée, on réduira l'entretien pour l'année suivante en empêchant le stock de graines dans le sol de se renouveler, ce qui favorisera la colonisation des abeilles sur toute la surface aménagée. Cependant, le désherbage restant nécessitera tout de même un investissement en temps important de la part des équipes en charge du suivi des buttes.

De plus, à l'intérieur des secteurs aménagés délimités par des barrières (Fig.3), de la végétation peu entretenue, grasse, était présente. Il serait possible de ralentir la vitesse de colonisation en décapant la terre végétale afin de laisser un sol maigre, sans stock de graines, favorisant ainsi dans le temps des plantes intéressantes et limitant partiellement la colonisation par la prairie grasse. Les matériaux excavés pourraient être utilisés lors de la création des buttes.

Des collaborations avec des associations environnementales, leurs bénévoles, des civilistes ou des écoles pourraient être envisagées, bien qu'elles risquent d'être difficiles à mettre en place et à maintenir dans le temps. C'est pourquoi ce besoin constant d'entretien pourrait compromettre la pérennité de ce type d'aménagement pour les abeilles sauvages.

### 7.3.2 Réduire l'entretien avec la désinfection du sol

Pour pallier le problème d'entretien des buttes, une solution serait d'éliminer la banque de graines présente dans les matériaux terreux utilisés lors de la fabrication des buttes. Des techniques telles que la désinfection du sol par vapeur basse pression peuvent être employées. C'est une méthode efficace pour supprimer les graines présentes dans le sol. Cette technique consiste à chauffer le sol à une température suffisamment élevée pour détruire les graines sans affecter la structure du sol. Les espaces verts possèdent souvent la machine nécessaire pour ce type de désinfection, ce qui facilite sa mise en œuvre.

La désinfection du sol par vapeur basse pression peut se réaliser en plaçant une cloche métallique au-dessus de la surface du sol destiné à la création des buttes. La vapeur est ensuite injectée et maintenue pendant environ une demi-heure, selon la taille et la profondeur de la zone à traiter (Gilli & Michel., 2016). Cette méthode est non seulement efficace mais aussi respectueuse du sol, car elle n'utilise pas de produits chimiques nocifs. Elle ne pollue pas le sol, mais élimine tous les organismes vivants dedans. Cependant, elle est énergivore en carburant pour la production de la vapeur depuis le véhicule.

En termes de coûts, la désinfection du sol par vapeur basse pression peut varier. Si l'espace vert possède déjà la machine, les coûts se limiteront principalement à l'énergie nécessaire pour produire la vapeur et au temps de travail des opérateurs, et ne devraient pas dépasser 1000 à 1500 CHF pour nos petites surfaces concernées. Le coût d'une désinfection à la vapeur à 25-30 cm de profondeur et à 60°C est de 3,65 CHF/m<sup>2</sup> selon des calculs de ProfilCost (Gilli & Michel, 2016).

### 7.3.3 Nouveau type d'aménagement

Une autre alternative serait de créer une paroi de terre. Ce concept consisterait à construire des caissons de terre rectangulaires compactés dans des palettes en bois, couverts sur le dessus, l'arrière et les côtés et libres sur la face frontale, de la même manière que les hôtels à insectes, pour limiter la végétalisation.

La mise en place pourra être effectuée à l'aide de modules en bois rectangulaires de type palette CFF empilables. Cela permettrait de déposer une partie des matériaux, de les tasser, puis d'ajouter un nouveau module pour augmenter la hauteur. Avec seulement deux modules, la hauteur atteindrait 80 cm.

Cette méthode permet de créer une structure en bois qui stabilise et maintient les différents matériaux en place. La dimension des cadres de palettes serait de 1200 x 800 x 400 mm. Les coûts engendrés viendraient majoritairement de la main-d'œuvre nécessaire à la création des aménagements et de l'utilisation d'une petite pelle rétro pour remplir et compacter les matériaux nécessaires dans les palettes. Cette proposition aura un coût plus faible que les aménagements HEPIA et lyonnais.

### 7.3.4 Marquage des nids

Le second problème observé lors du suivi des buttes concerne le marquage des nids à l'aide de drapeaux en cure-dents. Il s'est avéré que cette méthode de marquage n'est pas durable sur le long terme. D'une part, certains cure-dents ont été arrachés par des moineaux lorsqu'ils n'étaient pas suffisamment enfoncés. D'autre part, après de fortes pluies et des tempêtes, certains cure-dents ont été déplacés ou se sont cassés. Il est crucial de trouver une solution pour garantir le maintien de ces marqueurs pendant toute la durée du suivi, afin d'éviter de comptabiliser plusieurs fois les mêmes nids, ce qui biaiserait les résultats.

Une solution pourrait être d'utiliser des clous inoxydables d'une longueur de 10 cm, qu'on pourrait enfoncer suffisamment dans la terre pour garantir leur stabilité à long terme. La durabilité des drapeaux en scotch doit encore être vérifiée. Il semble que l'écriture au marqueur indélébile ait tenu le premier mois, mais cela reste à confirmer sur le long terme. Si ce n'est pas le cas, il faut se demander si leur utilisation est réellement nécessaire. Bien que pratiques pour trier les données et associer les photos des nids aux individus, les drapeaux pourraient perdre leur utilité si les informations sont directement notifiées lorsque l'individu rentre dans le nid. Ils facilitent principalement l'observation des photos des nids et le suivi sur le terrain, mais cela n'est pas indispensable.

Si l'on souhaite vraiment conserver l'information sur le nid, il est possible d'utiliser des porte-clés en plastique avec un film protecteur sur l'étiquette, où le nid serait numéroté. Une fois le suivi annuel terminé, les porte-clés pourraient être récupérés pour l'année suivante.

### 7.3.5 Proposition d'espace pour de future buttes

Afin de proposer des sites potentiels pouvant accueillir de futurs aménagements, il a été nécessaire d'observer différents sites sur le terrain susceptibles d'être favorables.

Les critères suivants ont été définis, avec la pondération suivante :

Présent = 2 / Modéré = 1 / Absent = 0

- Un lieu avec un bon ensoleillement dès le matin, favorable à nos espèces thermophiles.
- Des sources de nourriture proches et abondantes.

Ainsi que quelques critères spécifiques :

- Distance raisonnable du lac : Une distance minimale d'environ 100 mètres est recommandée. Si l'aménagement est trop proche du lac, les conditions seront plus humides et fraîches, ce qui est moins favorable pour les abeilles terricoles. Une pondération de (-1) est attribuée aux sites trop proches du lac.
- Promotion de la biodiversité : Les parcs disposant déjà d'aménagements favorables à la biodiversité (abeilles, insectes du bois, flore, etc.) reçoivent une pondération positive (+2). Ces parcs, en favorisant déjà une partie de la biodiversité, sont plus aptes à accueillir de futurs aménagements potentiels.
- Proximité des écoles ou associations : Les aménagements situés à proximité des écoles ou associations ont un fort potentiel pour la sensibilisation et peuvent faciliter les entretiens grâce au bénévolat et aux collaborations. Ce critère obtient une pondération de +1, car il est potentiellement favorable, bien que non garanti.

Ces critères ont permis d'identifier les sites les mieux adaptés pour l'implantation future d'aménagements destinés aux abeilles terricoles.

Selon ces propositions idéales (cf. Annexe XIII), cinq lieux se distinguent par un score élevé de 6 et 7 (Tab.5) : deux sites dans le parc Rigot, La Grange, et le parc Mon Repos. Ensuite, il serait pertinent de considérer le site dans le parc Beaulieu, ainsi que ceux de Trembley et du dernier site de Mon Repos, suivis par ceux de Barton et Bertrand. Il semble qu'il n'y ait pas de site adapté dans le parc de la Perle du Lac ni de site meilleur que celui exploité cette année dans les parcs des Eaux-Vives, bien que le parc La Grange présente un fort potentiel.

Tableau 5 : Proposition de nouveaux sites pour l'installation de buttes destinées aux abeilles terricoles dans les parcs de Barton, Beaulieu, Bertrand, La Grange, Mon Repos, Rigot, et Trembley. Les emplacements désignés par P1 à P10 sont illustrés sur les cartes présentées en annexe XIII. Le score total est basé sur la pondération décrite précédemment. Le vert le plus brillant indique les sites les plus favorables, le vert moyen représente les sites de second choix, et le vert clair correspond aux sites moins favorables. © T. DE MERIS

Positions idéales des futurs aménagements					
Parc	Position	Ressources florales	Ensoleillement	Critère spécifique	Score total
Barton	P1	Présente	Présent	Distance du lac (55 m) (-1)	3
Beaulieu	P2	Présente	Présent	-	4
Bertrand	P3	Modéré	Présent	-	3
La Grange	P4	Présente	Présent	Biodiversité favorisée (+2)	6
	P5	Présente	Présent		6
Mon Repos	P6	Présente	Présent	Distance du lac (50 m) (-1) et proximité avec association (+1)	4
	P7	Présente	Présent	Biodiversité favorisée (+2)	6
	P8	Présente	Présent		6
Rigot	P9-P10	Présente	Présent	Proximité école (+1) et Biodiversité favorisée (+2)	7
Trembley	P11	Modéré	Présent	Proximité école (+1)	4

Cependant, d'un point de vue pratique, les coûts financiers associés aux parcs déjà dotés de buttes, ainsi que le type de gestion des parcs, peuvent limiter les possibilités d'aménagement pour les abeilles terricoles. Pour le parc La Grange, la gestion conservatrice en raison de son statut archéologique et de son classement historique à Genève pose une contrainte majeure. Cela limite considérablement la possibilité d'introduire des aménagements susceptibles de dénaturer le parc. Ces contraintes peuvent réduire le score des emplacements proposés dans les parcs de Barton, Beaulieu, et La Grange (Tab.6).

Tableau 6 : Positions réalistes pour de futurs aménagements destinés à accueillir des buttes pour les abeilles terricoles dans les parcs de Barton, Beaulieu, Bertrand, La Grange, Mon Repos, Rigot et Trembley. Les problématiques spécifiques à chaque site sont notées, et une pondération est attribuée à chaque position en fonction du degré de la difficulté pour l'installation des aménagements avec (-1) = Potentiellement problématique, (-2) = Problématique, (-3) = Très problématique © T. DE MERIS

Positions réalistes des futurs potentiels lieux aménagés			
Parc	Position	Problématiques existantes	Pondération
Barton	P1	Déjà un aménagement dans le parc, coûts élevés pour un seul parc.	-1
Beaulieu	P2	Déjà un aménagement dans le parc, coûts élevés pour un seul parc.	-1
Bertrand	P3	-	0
La Grange	P4 - P5	Classé monument historique par la ville de Genève, rendant très difficile tout aménagement dénaturant le parc	-3
Mon Repos	P6 - P7 -P8	-	0
Rigot	P9 - P10	-	0
Trembley	P11	-	0

Suivi de la colonisation d'infrastructures écologiques dédiées à la nidification des abeilles et autres Hyménoptères terricoles dans trois parcs de la ville de Genève

Tableau 7 : Classement final des lieux à prioriser pour de nouveaux aménagements dédiés aux abeilles terricoles dans les parcs de Barton, Beaulieu, Bertrand, La Grange, Mon Repos, Rigot et Trembley. Le score total est basé sur la pondération définie précédemment. Les sites sont classés comme suit : Le vert brillant représente les lieux les plus favorables, le vert un peu plus foncé, les lieux en second choix, puis le vert clair pour les sites les moins favorables. Les positions sont liées aux cartographies présentant les positionnements exacts sur les Fig. 21 et 22 ainsi que l'Annexe XIII © T. DE MERIS

Parc	Position	Score final
Rigot	P9 - P10	7
Mon Repos	P7	6
	P8	6
	P6	4
Trembley	P11	4
Barton	P1	3
Beaulieu	P2	3
Bertrand	P3	3
La Grange	P4	3
	P5	3

La problématique des coûts, bien que surmontable, reçoit une pondération de (-1). En revanche, le statut du parc La Grange, qui limite considérablement la possibilité d'aménager des buttes pour les abeilles terricoles, mérite une pondération de (-3). En prenant en compte cette pondération ajustée, le classement des positions idéales est modifié (Tab.7).

Ainsi, le site P9 et P10 dans le parc Rigot (Fig.20), avec un score final de 7, ainsi que les positions P7 et P8 dans le parc Mon Repos (Fig.21), devraient être priorités. De plus, le parc Rigot est considéré par la ville de Genève comme un site pilote pour l'expérimentation de nouveaux espaces publics tout en favorisant une gestion durable et participative.

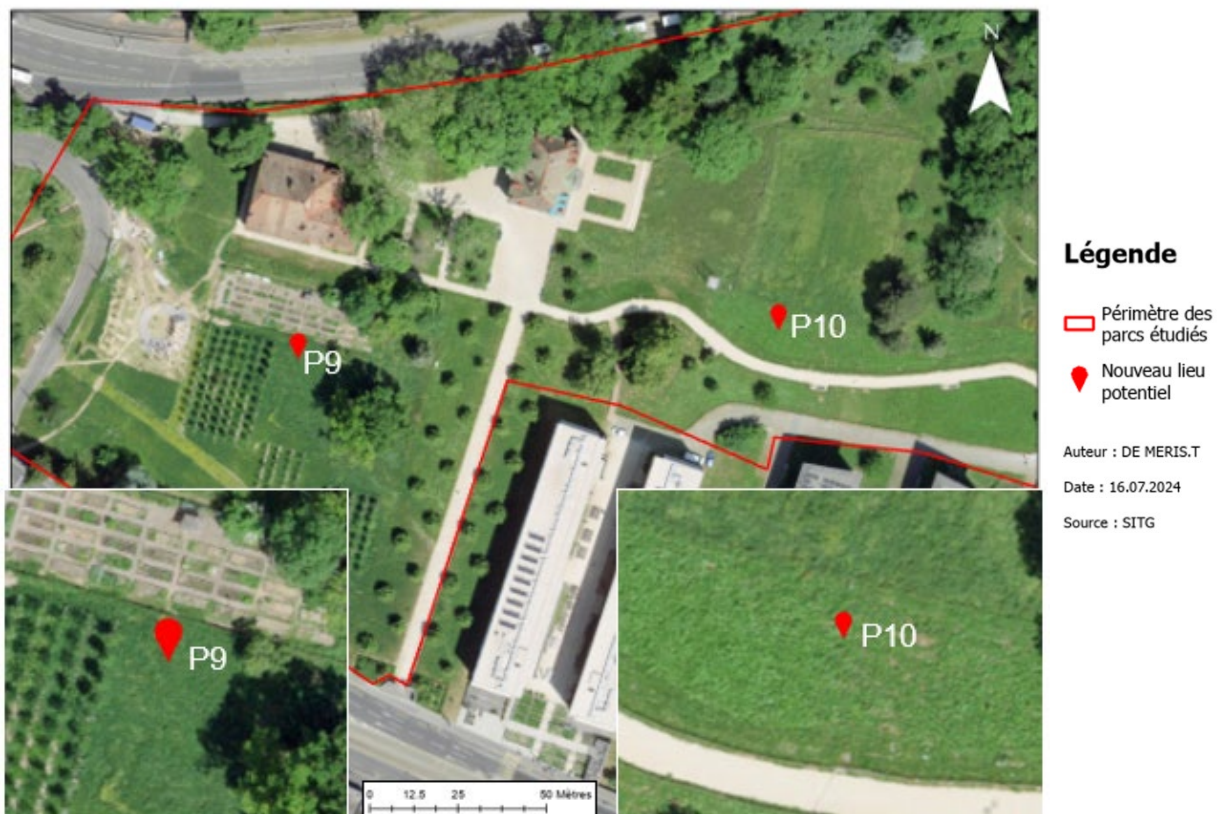




Figure 20 : Propositions spatiales P9 et P10 dans le parc Rigot ayant obtenu le meilleur score, et donc ces sites sont mis en avant pour accueillir de futur aménagement favorisant les abeilles terricoles. © T. DE MERIS

## Légende

-  Périmètre des parcs étudiés
-  Nouveau lieu potentiel

Auteur : DE MERIS.T

Date : 16.07.2024

Source : SITG



Figure 21 : Propositions spatiales P7 et P8 dans le parc Mon Repos ayant obtenu un bon score (6). Ce sont des lieux à mettre en avant pour accueillir de futur aménagement favorisant les abeilles terricoles. La position P6 a obtenu le score de 4 du fait de sa proximité avec le lac pouvant influencer les conditions abiotiques et rendre l'aménagement moins attractifs. © T. DE MERIS

## 8. Conclusion

Ce projet a permis d'évaluer différentes hypothèses concernant l'attractivité de divers aménagements, démontrant l'efficacité de ces structures dans le soutien des populations d'abeilles terricoles et associées en milieu urbain, sans toutefois permettre de déterminer quelle version était la plus attractive.

Quatre genres d'abeilles terricoles (*Lasioglossum*, *Halictus*, *Andrena* et *Megachile*) ont profité de ces aménagements dédiés. Les résultats, très variables selon les parcs, montrent que les lieux doivent être soigneusement choisis pour maximiser leur efficacité. Des propositions spatiales ont été faites pour promouvoir de nouveaux sites de nidification dans les parcs urbains de Genève.

Il est crucial de poursuivre le suivi de ces aménagements afin de comprendre pleinement leur impact et leur évolution à long terme. Des recherches supplémentaires sur les configurations optimales des aménagements permettront d'affiner les recommandations et de maximiser l'efficacité de ces initiatives.

Les prospections des nids ont mis en évidence le potentiel des parcs, avec ou sans aménagement. De nombreux nids ont été observés dans une grande diversité de micro-habitats, montrant que les abeilles peuvent parfois se contenter de conditions moins favorables lorsque des ressources alimentaires sont présentes. Les nids se trouvaient majoritairement dans des zones avec des sols nus de végétation, en bordure de chemin, et sur des chemins naturels. Cela met en avant l'utilité de ces surfaces, moins attrayantes pour les usagers des parcs, mais d'une grande importance pour les abeilles terricoles.

Une gestion différenciée devrait être mise en place dans les parcs urbains de Genève pour favoriser ces sites de nidification naturelle. L'implication continue des gestionnaires de parcs, des associations environnementales et de la population sera essentielle pour l'entretien, améliorer et adapter ces structures.

En fin de compte, ces aménagements peuvent servir de modèle pour d'autres villes cherchant à promouvoir la biodiversité urbaine et à soutenir les populations d'abeilles sauvages, essentielles pour les écosystèmes et l'agriculture.

## 9. Bibliographie

- Amiet, F., Herrmann, M., Müller, A., & Neumeyer, R. (2001). *Apidae 3 : Halictus, Lasioglossum. Fauna Helvetica 6, 208 pp. In German and French.*
- Amiet, F., Herrmann, M., Müller, A., & Neumeyer, R. (2004). *Apidae 4 : Anthidium, Chelostoma, Coelioxys, Dioxys, Heriades, Lithurgus, Megachile, Osmia, Stelis. Fauna Helvetica 9, 273 pp. In German and French.*
- Amiet, F. (avec Krebs, A.). (2019). *Bienen Mitteleuropas : Gattungen, Lebensweise, Beobachtung* (3., korrigierte Auflage). Haupt Verlag.
- Amiet, F., & Schweizerische Entomologische Gesellschaft (Éds.). (2007). *Apidae. 5 : Ammobates, Ammobatoides, Anthophora, Biastes, Ceratina, Dasypoda, Epeoloides, Epeolus, Eucera, Macropis, Melecta, Melitta, Nomada, Pasites, Tetralonia, Thyreus, Xylocopa.* Schweizerische Entomologische Gesellschaft.
- Anderson, M., Crubaugh, F., Greenslit, C., Hill, E., Kroth, H., Stanislawski, E., Ribbons, R., & Del Toro, I. (2023). B.Y.O. Bees : Managing wild bee biodiversity in urban greenspaces. *PloS One, 18*(4), e0281468-e0281468.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281468>
- Andreas, M., & Christophe, P. (2024). *Liste rouge : Espèces menacées en Suisse.*  
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/thema-biodiversitaet/biodiversitaet--publikationen/publikationen-biodiversitaet/rote-listen--gefaehrdete-arten-der-schweiz.html>
- Antoine, C., & Forrest, J. (2020). Nesting habitat of ground-nesting bees : A review. *Ecological Entomology, 46.* <https://doi.org/10.1111/een.12986>
- Bertinat, M.-A. (2023, novembre). *Rapport Conseil Municipal Ville de Genève.*
- Birrer, S. (2010). *Instruction pour le travail sur le terrain de l'indicateur «Z7- Papillons diurnes» 1750 Anleitung Z7-Tagf Fr v17.*  
<https://www.biodiversitymonitoring.ch/images/dokumente/daten/anleitungen/1750%20Anleitung%20Z7-Tagf%20Fr%20v17.pdf>

- Cane, J. H. (2005). 5. Bees, Pollination, and the Challenges of Sprawl. In 5. *Bees, Pollination, and the Challenges of Sprawl* (p. 109-124). Columbia University Press.  
<https://doi.org/10.7312/john12778-008>
- Cane, J. H., & Neff, J. L. (2011). Predicted fates of ground-nesting bees in soil heated by wildfire : Thermal tolerances of life stages and a survey of nesting depths. *Biological Conservation*, 144(11), 2631-2636. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.07.019>
- Chagnon, M. (2008). *Causes et effets du déclin mondial des pollinisateurs et les moyens d'y remédier*. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcqlclefindmkaj/https://www.agrireseau.net/apiculture/documents/D%C3%A9clin%20poll\\_FR\\_MC3\\_M\\_Chagnon.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcqlclefindmkaj/https://www.agrireseau.net/apiculture/documents/D%C3%A9clin%20poll_FR_MC3_M_Chagnon.pdf)
- Chevenier, L. (2015). *Mesures en faveur des abeilles sauvages et domestiques en zone agricole (Bachelor)*. Haute école de paysagisme, d'ingénierie et d'architecture, Genève. Haute école de paysagisme, d'ingénierie et d'architecture, Genève.
- Conseil fédéral. (2016). *Rapport sur la mise en oeuvre du plan d'action national pour la santé des abeilles*.  
[https://www.agroscope.admin.ch/dam/agroscope/fr/dokumente/themen/nutztiere/biene/n/massnahmeplan-bericht2016.pdf.download.pdf/UmsetzungMassnahmenplanBienen\\_2016\\_f.pdf](https://www.agroscope.admin.ch/dam/agroscope/fr/dokumente/themen/nutztiere/biene/n/massnahmeplan-bericht2016.pdf.download.pdf/UmsetzungMassnahmenplanBienen_2016_f.pdf)
- Daniels, B., Jedamski, J., Ottermanns, R., & Ross-Nickoll, M. (2020). A “plan bee” for cities : Pollinator diversity and plant-pollinator interactions in urban green spaces. *PLOS ONE*, 15(7), e0235492. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235492>
- Fetridge, E. D., Ascher, J. S., & Langellotto, G. A. (2008). The Bee Fauna of Residential Gardens in a Suburb of New York City (Hymenoptera : Apoidea). *Annals of the Entomological Society of America*, 101(6), 1067-1077. <https://doi.org/10.1603/0013-8746-101.6.1067>
- Fortel, L. (2014). *Écologie et conservation des abeilles sauvages le long d'un gradient d'urbanisation* [These de doctorat, Avignon]. <https://www.theses.fr/2014AVIG0663>
- Fortel, L., Henry, M., Guilbaud, L., Guirao, A. L., Kuhlmann, M., Mouret, H., Rollin, O., &

Vaissière, B. E. (2014). Decreasing abundance, increasing diversity and changing structure of the wild bee community (Hymenoptera : Anthophila) along an urbanization gradient. *PLoS One*, 9(8), e104679-e104679.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104679>

Frost, E. H., Shutler, D., & Hillier, N. K. (2011). Effects of cold immobilization and recovery period on honeybee learning, memory, and responsiveness to sucrose. *Journal of Insect Physiology*, 57(10), 1385-1390. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2011.07.001>

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>

Gilli, C., & Michel, V. (2016). *La désinfection du sol à la vapeur*. <https://ira.agroscope.ch/fr-CH/publication/35464>

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>

Heiniger, C. (2021). *GInnove\_projetHEPIA\_rapport\_2021.pdf*.

Heiniger, C. (2022). *HEPIA\_B4Bzzz\_rapport\_activites\_22.pdf*.

Heiniger, C. (2023). *Ginnove\_HEPIAB4Bzzz\_Rapport\_scientifique\_2023.pdf*.

Heiniger, C., Rochefort, S., & Prunier, P. (2023). Floral resources used by bees in urban areas : The case of Geneva, Switzerland. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11.

<https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1199438>

Herrmann, M., Müller, A., Neumeyer, R., Amiet, F., & Amiet, F. 19-. (2010). *Andrena, Melitturga, Panurginus, Panurgus*. Centre Suisse de Cartographie de la Faune.

Jeanneret, C. (2013). *Les abeilles sauvages en milieu urbain : Étude au Conservatoire et Jardin botaniques de Genève - diagnostic et propositions de mesure*. HEPIA.

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>
- Loeffel, K. (2017). Abeilles sauvages—Biodivers. [https://www.biodivers.ch/fr/index.php/Abeilles\\_sauvages](https://www.biodivers.ch/fr/index.php/Abeilles_sauvages)
- Matteson, K. C., Ascher, J. S., & Langellotto, G. A. (2008). Bee Richness and Abundance in New York City Urban Gardens. *Annals of the Entomological Society of America*, 101(1), 140-150. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2008\)101\[140:BRAAIN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2008)101[140:BRAAIN]2.0.CO;2)
- Michener, C. D. (2007). *The Bees of the World*. (2nd ed.). Johns Hopkins University Press.
- Müller, A., Praz, C., Amiet, F., & Amiet, F. 19- (avec Müller, A. biologiste 19-, & Praz, C.). (2017). *Apidae 1 : Allgemeiner Teil, Gattungen, Apis, Bombus = Partie générale, genres, Apis, Bombus*. info fauna, Centre suisse de cartographie de la faune.
- Nieto, A., Roberts, S. P., Kemp, J., Rasmont, P., Kuhlmann, M., García Criado, M., Biesmeijer, J. C., Bogusch, P., Dathe, H. H., De la Rúa, P., De Meulemeester, T., Dehon, M., Dewulf, A., Ortiz-Sánchez, F. J., Lhomme, P., Pauly, A., Potts, S. G., Praz, C., Quaranta, M., ... Michez, D. (2014). *European red list of bees*. Publications Office. <http://dx.publications.europa.eu/10.2779/51181>
- Pfiffner, L., & Müller, A. (2016). *Faits et chiffres abeilles sauvages et pollinisation*. 8.
- Rasmont, P., & Terzo, M. (2007). *Les Livrets de l'Agriculture N° 14. Abeilles sauvages, bourdons et autres insectes pollinisateurs*. Ediwall. <https://ediwall.wallonie.be/les-livrets-de-l-agriculture-no-14-abeilles-sauvages-bourdons-et-autres-insectes-pollinisateurs-2007-numerique-080863?ref=79414>
- Tschanz, P. (2023). *Ground-nesting of wild bees – key drivers, impacts of agricultural management, and consequences for soil structure* [Doctoral Thesis, ETH Zurich]. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000655406>
- Vyghen, F., & Mouret, H. (2021). *Rapport de projet de l'association Arthropologia—2021*.

8.4 Thèse de bachelor de Simon Berchy (2025) - Abeilles terricoles dans les parcs de Genève : suivi de la colonisation d'infrastructures écologiques et analyse de facteurs abiotiques de nidification

« Abeilles terricoles dans les parcs de Genève : suivi de  
la colonisation d'infrastructures écologiques et analyse de  
facteurs abiotiques de nidification »



Travail de Bachelor présenté par :

**Simon BERTSCHY**

pour l'obtention du titre Bachelor of Science HES-SO en Gestion de la nature

Genève, le 11 juillet 2025

Répondante HEPIA  
**Charlène HEINIGER**  
(Adjointe scientifique)

Conseillère Scientifique  
**Charlène HEINIGER**  
(Adjointe scientifique)

Responsable de la filière Gestion de la nature  
**Patrice Prunier**



## Déclaration

Ce travail de Bachelor est réalisé dans le cadre de l'examen final de la Haute École du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève, en vue de l'obtention du titre de Bachelor HES-SO en Gestion de la nature.

L'étudiant assume la responsabilité du travail et accepte, le cas échéant, la clause de confidentialité. Par contre, les conclusions et les recommandations qu'il y formule, sans préjuger de leur valeur, n'engagent ni les responsabilités de l'auteur, ni celle du répondant HEPIA ni celle du conseiller scientifique, des experts et de HEPIA.

Les formes d'Intelligence Artificielle utilisées sont ChatGPT versions o4-mini-high et GPT-4.1. Celles-ci ont été utilisées pour la génération de bases de script en langage R qui ont permis la réalisation des statistiques.

« J'atteste avoir réalisé seul le présent travail, sans avoir utilisé des sources autres que celles citées dans la bibliographie. »

Fait à Genève, le 11 juillet 2025

Simon Bertschy

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'S' followed by a horizontal line extending to the right.

## Remerciements

J'exprime ma sincère reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail de Bachelor et en particulier à Charlène Heiniger, pour son suivi tout au long de mon travail. Son expertise ainsi que l'intérêt pour les hyménoptères qu'elle a su me transmettre ont été précieux pour mener à bien cette étude. Merci également à Luce Renevey pour son aide et le prêt du matériel.

Je souhaite remercier les collaboratrices et collaborateurs du « Groupe Sols et substrats » de l'Institut Terre-Nature-Paysage de l'HEPIA, notamment Adrien Matter, Mathis Boisadam, Ophélie Sauzet, Marie Guittonneau, Thomas Caloz et Romain André, pour leurs conseils, leur aide dans la gestion des échantillons et l'utilisation de leurs locaux et matériels. Je remercie également le Dr Sylvain Mischler, responsable du Laboratoire d'analyse des sols de l'HEPIA, pour la réalisation des analyses sur mes échantillons.

J'adresse mes remerciements à Fabienne Mörch, laborantine à l'Institut Terre-Nature-Paysage filière Gestion de la Nature, pour m'avoir accompagné sur le terrain et pour son aide avec les mesures de température.

Je remercie Lucas Villard, assistant HES filière Gestion de la Nature, pour son aide avec la réalisation des statistiques.

Merci à Louissette Chabloz, pour son aide lors de l'étude bibliographique méthodologique.

Merci à Timothé de Meris pour ses conseils dans la réalisation de ce travail.

Merci également à Fabien Orelli du SEVE pour l'intérêt porté à mon travail et sa présence à mon oral de Bachelor.

Je remercie mes parents, ma sœur, mes amis et mes camarades de classe en Gestion de la Nature, pour leur soutien et la motivation qu'ils m'ont apportée durant la réalisation de ce travail.

## Résumé

Cette étude vise à évaluer l'efficacité de deux types de buttes destinées à la nidification des abeilles terricoles dans trois parcs de la ville de Genève. Les résultats du premier suivi des buttes en juin 2024 a démontré leur efficacité, qui est cependant très variable selon les parcs dans lesquels elles ont été aménagées. L'étude de la littérature a révélé l'importance de certains facteurs abiotiques, notamment de la température et de la texture du sol, dans le choix des sites de nidification des abeilles terricoles. Le travail vise à observer si certaines variables du sol peuvent expliquer pourquoi certains parcs sont plus propices à leur nidification que d'autres. Ceux-ci sont les parcs Barton, Beaulieu et Eaux-vives.

Le travail comprend la réalisation de captures des abeilles sur les buttes en mai 2025 dans le but d'évaluer l'abondance et d'identifier les genres d'abeilles terricoles présents. La prospection d'anciens et de nouveaux nids dans les parcs a été effectuée afin d'observer leur répartition. Des mesures de la température du sol ont été effectuées ainsi que des mesures physico-chimiques. Les résultats révèlent une abondance de nids sur les buttes similaire à celle de 2024, une diversité générique plus grande prédominée par le genre *Halictus* et la présence de nids de Crabronidae. Les prospections ont permis de découvrir de nouveaux sites de nidification et d'identifier quels anciens nids sont encore actifs. Les résultats des mesures de température du sol montrent que les sites les moins nidifiés ont les plus grandes variations de température. Les résultats de la physico-chimie du sol montrent que les sites avec le plus d'argile et de matière organique sont les plus nidifiés. Le but est aussi de mobiliser les connaissances acquises pour proposer des pratiques de gestion des espaces verts réalistes et favorables à leur nidification.

## Abréviations

**SEVE** : Service des espaces verts de la ville de Genève

**SITG** : Système d'information du territoire de Genève

**Mots-clés** ; Hyménoptères, Abeilles terricoles, Genève, Parcs, Température du sol, Granulométrie, Pollinisateurs

## Summary

The aim of this study is to evaluate the effectiveness of two types of mound for the nesting of ground-dwelling bees in three parks in the city of Geneva. The results of the first monitoring of the mounds in June 2024 demonstrated their effectiveness, which nevertheless varied greatly depending on the parks in which they were installed. A study of the literature revealed the importance of certain abiotic factors, in particular soil temperature and texture, in the choice of nesting sites for ground bees. The aim of this study is to see whether certain soil variables can explain why certain parks are more suitable for nesting than others. These parks are Barton, Beaulieu and Eaux-vives.

The work involves capturing bees on the mounds in May 2025 in order to assess abundance and identify the genera of ground-dwelling bees present. Old and new nests in the parks were surveyed to observe their distribution. Soil temperature and physico-chemical measurements were also taken. The results revealed a similar abundance of nests on the mounds to that in 2024, with greater generic diversity dominated by the genus *Halictus* and the presence of Crabronidae nests. The surveys enabled us to discover new nesting sites and identify which old nests are still active. The results of the soil temperature measurements show that the sites with the least nesting have the greatest variations in temperature. The results of the soil physico-chemistry show that the sites with the most clay and organic matter have the most nesting sites. The aim is also to use the knowledge acquired to propose realistic management practices for green spaces that are conducive to nesting.

# Zusammenfassung

Ziel dieser Studie ist es, die Wirksamkeit von zwei Arten von Hügeln für die Nisthilfe von Erdbienen in drei Parks der Stadt Genf zu bewerten. Die Ergebnisse der ersten Überwachung der Hügel im Juni 2024 belegten ihre Wirksamkeit, die jedoch je nach Park, in dem sie angelegt wurden, sehr unterschiedlich war. Die Literaturstudie zeigte die Bedeutung bestimmter abiotischer Faktoren, insbesondere der Temperatur und der Bodentextur, für die Wahl von Nistplätzen für erdbewohnende Bienen auf. Ziel der Arbeit ist es, zu beobachten, ob bestimmte Bodenvariablen erklären können, warum einige Parks für ihre Nistplätze besser geeignet sind als andere. Diese sind die Parks Barton, Beaulieu und Eaux-vives.

Die Arbeit umfasst die Durchführung von Bienenfängen auf den Hügeln im Mai 2025 mit dem Ziel, die Abundanz zu bewerten und die vorhandenen Gattungen der Erdbienen zu identifizieren. In den Parks wurde nach alten und neuen Nestern gesucht, um deren Verbreitung zu beobachten. Es wurden Messungen der Bodentemperatur sowie physikalisch-chemische Messungen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen eine ähnliche Häufigkeit von Nestern auf den Hügeln wie 2024, eine größere generische Vielfalt, die von der Gattung *Halictus* dominiert wird, und das Vorhandensein von Nestern von Crabronidae. Bei den Erkundungen wurden neue Nistplätze entdeckt und festgestellt, welche alten Nester noch aktiv sind. Die Ergebnisse der Bodentemperaturmessungen zeigen, dass die Standorte mit den wenigsten Nestern die größten Temperaturschwankungen aufweisen. Die Ergebnisse der physikalisch-chemischen Bodenmessungen zeigen, dass die Standorte mit dem höchsten Anteil an Lehm und organischem Material am meisten genistet haben. Ziel ist es auch, die gewonnenen Erkenntnisse zu mobilisieren, um realistische und nistfreundliche Praktiken für die Bewirtschaftung von Grünflächen vorzuschlagen.

## Table des matières

Déclaration .....	i
<b>1 Introduction.....</b>	<b>4</b>
<b>2 Les abeilles terricoles .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Systématique .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Situation en Suisse et à Genève.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3 Phénologie .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4 Facteurs abiotiques de nidification .....</b>	<b>6</b>
2.4.1 Texture .....	6
2.4.2 Température .....	7
2.4.3 Matière organique et pH .....	8
2.4.4 Humidité .....	8
2.4.5 Compaction .....	9
2.4.6 Eléments à la surface du sol .....	10
<b>3 Présentation de l'étude .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Contexte .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Problématique .....</b>	<b>12</b>
<b>3.3 Questions de recherche .....</b>	<b>13</b>
<b>3.4 Hypothèses .....</b>	<b>13</b>
<b>3.5 Objectifs .....</b>	<b>14</b>
<b>4 Démarche méthodologique .....</b>	<b>15</b>
<b>4.1 Méthodologie pour le suivi de la colonisation des buttes .....</b>	<b>15</b>
4.1.1 Méthode de capture des individus.....	15
4.1.2 Méthode d'analyse des résultats du suivi de la colonisation des buttes .....	16
<b>4.2 Méthodologie pour la prospection des nids dans les parcs .....</b>	<b>16</b>
4.2.1 Méthode de prospection des nids .....	16
4.2.2 Méthode de capture des individus.....	17
4.2.3 Méthode pour l'analyse des résultats de la prospection des nids.....	17
<b>4.3 Méthodologie pour les analyses de physico-chimie du sol .....</b>	<b>17</b>
4.3.1 Méthode pour l'échantillonnage .....	18
4.3.2 Méthode pour la mesure de la densité .....	19
4.3.3 Méthode pour l'analyse des échantillons en laboratoire ..	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.3.4 Méthode d'analyse des résultats des analyses de sol .....	20
<b>4.4 Méthodologie pour l'analyse de la température du sol.....</b>	<b>21</b>

4.4.1	Méthode de mesure de la température .....	21
4.4.2	Méthode d'analyse des résultats de température .....	22
<b>5</b>	<b>Biais de l'étude</b> .....	Erreur ! Signet non défini.
<b>6</b>	<b>Résultats</b> .....	<b>23</b>
<b>6.1</b>	<b>Résultats du suivi de la colonisation des buttes</b> .....	<b>23</b>
6.1.1	Description des résultats du suivi de la colonisation des buttes .....	23
<b>6.2</b>	<b>Résultats de la prospection des nids dans les parcs</b> .....	<b>28</b>
<b>6.3</b>	<b>Résultats de l'analyse de la température du sol</b> .....	<b>35</b>
<b>6.4</b>	<b>Résultats des analyses physico-chimiques</b> .....	<b>40</b>
<b>6.5</b>	<b>Analyse en composantes principales</b> .....	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>Discussion</b> .....	<b>43</b>
<b>7.1</b>	<b>Discussion des résultats du suivi de la colonisation des buttes</b> .....	<b>45</b>
7.1.1	Abondance de nids .....	45
7.1.2	Diversité d'hyménoptères terricoles .....	46
<b>7.2</b>	<b>Discussion des résultats des prospections de nids</b> .....	<b>47</b>
<b>7.3</b>	<b>Discussion des résultats des mesures de température</b> .....	<b>48</b>
<b>8</b>	<b>Propositions</b> .....	<b>53</b>
<b>8.1</b>	<b>Entretien des buttes</b> .....	<b>53</b>
<b>8.2</b>	<b>Chemins d'herbe fauchée</b> .....	<b>53</b>
<b>8.3</b>	<b>Pâturage</b> .....	<b>54</b>
<b>8.4</b>	<b>Suite du projet Bed4Bzzz</b> .....	<b>54</b>
<b>9</b>	<b>Conclusion</b> .....	<b>55</b>
<b>10</b>	<b>Bibliographie</b> .....	<b>56</b>
<b>11</b>	<b>Annexes</b> .....	<b>64</b>

# 1 Introduction

Parmi les animaux pollinisateurs on retrouve de nombreux groupes d'insectes dont le plus grand groupe est celui des abeilles (Buchmann & Ascher, 2005). Les abeilles ont un lien étroit avec de nombreuses plantes à fleurs, dont elles assurent la reproduction en allant à la recherche de pollen ou de nectar. Au fur et à mesure de l'évolution, cette relation mutualiste a permis à de nombreuses angiospermes de produire moins de pollen et de ce fait d'économiser de l'énergie. En effet, la pollinisation par les insectes a plus de chances d'être assurée que la pollinisation par le vent, pour laquelle une quantité considérable de pollen doit être produite (Dibos, 2010). La biodiversité de nombreuses angiospermes, et donc indirectement des écosystèmes qu'elles occupent, dépendent des abeilles, même si cela est difficile à quantifier (Costanza et al., 1997; Vaissière, 2002). Ces insectes ont aussi une importance économique capitale, principalement dans le secteur agricole, qui est avérée (Ashworth et al., 2009; Klein et al., 2007). En Suisse, la contribution des abeilles, qu'elles soient sauvages ou domestiques, à la pollinisation des cultures, est estimée à une valeur annuelle oscillant entre 205 et 479 millions de francs suisses (Sutter et al., 2017).

La majorité des abeilles sauvages du monde, soit environ 70 %, sont terricoles (Christmann, 2022). Ces abeilles, qui vivent dans le sol à un moment donné de leur cycle de vie, sont celles qui sont les plus menacées en Suisse (OFEV, 2024). Les abeilles sauvages peuvent être présentes en ville, mais les habitats urbains bénéficient davantage aux espèces cavicoles (Hinnens et al., 2012). En effet, les abeilles terricoles sont généralement moins nombreuses, car les surfaces de sol nu des milieux urbains sont souvent engazonnées ou imperméabilisées (Wenzel et al., 2020). De ce fait, l'offre en sol nu est un facteur déterminant dans la promotion des abeilles terricoles en milieu urbain (Neame et al., 2013; Rocha-Filho et al., 2018).

## 2 Les abeilles terricoles

### 2.1 Systématique

Il convient tout d'abord de définir le groupe faunistique ciblé par le présent travail, qui est celui des abeilles sauvages terricoles. L'ensemble des abeilles sauvages, tout comme l'Abeille domestique (*Apis mellifera* (Linnaeus, 1758)), appartiennent à l'ordre des hyménoptères et à la super-famille des Apoidea. Ce groupe comprend 7 familles, dont 6 sont présentes en Suisse ; Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae, Megachilidae et Melittidae. Au moment de la publication de la liste rouge des abeilles de Suisse publiée par l'Office fédéral de l'environnement en 2024, ce sont 632 espèces d'abeilles qui sont répertoriées en Suisse (OFEV, 2024).

Les changements dans la phylogénétique des hyménoptères sont fréquents et il est nécessaire de se fier à une systématique précise, qui dans la présente étude est celle d'Amiet (Amiet et al., 2017). Cette systématique est utilisée afin d'avoir une cohérence avec les études réalisées dans le cadre du projet B4Bzzz (voir chapitre 3) ainsi que la liste rouge des abeilles de Suisse, qui l'ont également utilisé.

Au sein de la super-famille des Apoidea, l'écologie des différentes espèces est très variable. On retrouve des différences dans leur mode de vie au niveau de plusieurs traits écologiques, comme le degré de socialité, le lectisme, la nidification ou encore le parasitisme (Westrich, 2019). Au niveau de l'écologie de nidification, il existe deux principales guildes écologiques : les abeilles cavicoles et les abeilles terricoles. Les cavicoles édifient leur nid dans des cavités, telles des galeries présentes dans le bois, des tiges creuses ou des anfractuosités dans les murs par exemple (Cosse, 2019). Les terricoles sont plus ou moins inféodées au sol pour leur nidification : la majorité creusent elles-mêmes les galeries, mais certaines utilisent des fissures présentes dans le sol ou même des nids de micromammifères abandonnés (Heiniger, 2021). Ce travail porte sur l'écologie de nidification des abeilles terricoles, à noter que certaines d'entre elles peuvent aussi se contenter de cavités, donc être à la fois terricoles et cavicoles (Westrich, 2019).

### 2.2 Situation en Suisse et à Genève

Environ 10% des espèces d'abeilles était considéré comme éteint en 2022, une importante proportion par rapport à d'autres groupes d'organismes en Suisse. Mais depuis, certaines ont été réaperçues, peut-être en raison du réchauffement climatique favorisant les espèces les plus thermophiles (OFEV, 2024). En Suisse, parmi les espèces d'abeilles menacées sur liste rouge, il y a davantage de d'espèces nichant dans le sol que d'espèces nichant dans des cavités hors-sols. Cette différence s'explique probablement par le fait que ces espèces

peuvent nicher dans une grande variété de cavités, ce qui leur offre un accès plus facile à des sites de nidification. Les espèces nichant au sol, ayant des besoins précis en termes de substrat, de couverture végétale, de compaction ou de pente du sol, rencontrent davantage de contraintes (OFEV, 2024a; Westrich, 2019). Les espèces estivales, les espèces oligolectiques et les espèces de basse altitude sont également très représentées parmi les espèces menacées de cette liste rouge (OFEV, 2024).

Outre les menaces qui touchent toutes les abeilles sauvages comme la diminution de ressources florales et l'utilisation de produits phytosanitaires par exemple, les abeilles terricoles souffrent d'un manque de sites de nidifications (Maire & Laffly, 2015; Vereecken, 2017). Les surfaces de sol nu ensoleillées sont devenues de plus en plus rares à cause des remaniements parcellaires, de l'intensification de l'agriculture, des améliorations foncières et de la correction des eaux (OFEV, 2024). En effet, les abeilles terricoles ne souffrent pas de la raréfaction d'un habitat en particulier, mais plutôt de la perte d'hétérogénéité des habitats (Delarze et al., 2015; Parreño et al., 2024). Les milieux urbains, comme à Genève, peuvent être plus favorables aux abeilles sauvages que des paysages d'agriculture intensive, notamment grâce à des ressources florales plus abondantes (Coutinho et al., 2018; Fortel, 2014).

## **2.3 Phénologie**

De manière générale, les abeilles sauvages passent l'hiver sous forme de larve et sortent de leur cellule à la belle saison (Amiet et al., 2012). On distingue les abeilles printanières et estivales : les premières peuvent sortir de leur cellule aussi tôt qu'au mois de mars, alors que les estivales sortent dès le mois de juillet (Westrich, 2019). Les individus s'adonnent d'abord à la récolte de nectar et de pollen afin de gagner de l'énergie, puis c'est la période de reproduction (Michener, 2000). Les mâles meurent peu après l'accouplement, mais pour les femelles, c'est le moment de se mettre en quête d'un nid. Elles vont ensuite creuser, créer leur cellule, y créer un pain de pollen puis pondre. Ce pain de pollen servira de nourriture à la larve lorsqu'elle sortira de l'œuf (Westrich, 2019).

## **2.4 Facteurs abiotiques de nidification**

### **2.4.1 Texture**

La texture est une variable qui a une influence sur le choix du site de nidification des abeilles terricoles. La texture est la proportion relative de sables, de limons et/ou d'argiles dans un sol. Il existe une association positive entre les sols sableux et la nidification des abeilles terricoles. Il existe aussi une corrélation entre la taille des abeilles et la préférence pour des sols contenant une part d'argile. Plus les abeilles sont grosses, plus elles semblent nidifier dans des sols contenant une part d'argile (Antoine & Forrest, 2021). Dans une étude réalisée sur

32 espèces d'abeilles terricoles, Cane (1991) a trouvé des espèces dans des sols contenant entre 34 et 94% de sable. Plusieurs études décrivent la texture des sols dans lesquels des nids d'abeilles ont été trouvés : ceci ne reflète pas forcément la préférence d'un sol au profit d'un autre, car pour cela il faudrait analyser les sols contenant des nids avec les sols n'en contenant pas (Harmon-Threatt, 2020).

Au sud-ouest de la Suisse, dans des milieux cultivés en contexte agricole, Tschanz et al. (2023) ont notamment analysé les corrélations entre certains facteurs du sol et la densité/l'incidence de nids. Il a été remarqué que plus la proportion de sable était élevée, plus l'incidence de nids était élevée. Il a été remarqué que même si les nids étaient présents dans des sols de textures différentes, ces sols appartenaient toujours à la classe texturale des loams (Tschanz et al., 2023). Parmi les 105 espèces d'abeilles terricoles relevés dans les parcs de Genève, 61 espèces sont associées aux sols sablo-limoneux. Cependant, tous les types de texture sont mentionnés pour au moins une espèce (Heiniger, 2022).

## 2.4.2 Température

La température exerce une influence sur de nombreux aspects du cycle de vie des abeilles terricoles. Ce sont des organismes ectothermes, à noter que les adultes sont partiellement capables de réguler leur température corporelle en activant leurs muscles thoraciques liés au vol (Stone & Willmer, 1989). Le comportement de reproduction (Larsson, 1991), le nombre de générations par an pour les espèces multivoltines (Forrest et al., 2019), et de manière générale l'activité journalière (Borrell & Medeiros, 2004; Woods et al., 2005) sont tous influencés par la température.

A propos de la nidification, on peut distinguer les effets de la température à la surface du sol de ceux présents sous le sol (entre 20 et 40 cm de profondeur). Pour plusieurs espèces du genre *Anthophora*, plus la température est élevée à la surface du nid, plus les adultes sont actifs tôt dans journée (Stone, 1994). Les structures présentes à la surface des nids d'*Anthophora abrupta* se réchauffent plus vite que l'intérieur des galeries : les adultes s'y posent le matin afin d'augmenter rapidement leur température corporelle (B. Norden, 1984).

Une température élevée sous le sol, quant à elle, va augmenter la vitesse de développement et le taux de survie pour tous les stades larvaires (Jeanne & Morgan, 1992; Whitfield & Richards, 1992). De manière générale, les sols ayant une température plus élevée abritent une communauté ayant une abondance plus élevée, mais des sols très chauds peuvent aussi être associés à une diminution de la taille des individus et une mortalité plus élevée (Kingsolver & Huey, 2008).

La température à la surface du sol varie plus fortement au cours de la journée, et est plus influencée par le contexte local (couvert de végétation, albédo, topographie etc.) que la

température à 20 cm sous la surface (Redding et al., 2003). Comme pour plusieurs espèces de fourmis et de termites, il est possible que le choix du site de nidification des abeilles terricoles soit influencé par l'orientation du nid (Jones & Oldroyd, 2007). Cet aspect a été observé dans le contexte du suivi de la colonisation des buttes (De Meris, 2024).

Bien que les températures en surface et en profondeur soient généralement corrélées, la température en profondeur diffère selon la diffusivité thermique du sol en question (Xu et al., 1997). La diffusivité est plus élevée pour les sols aérés, humides et peu denses (Marshall et al., 1996). De manière générale, en région tempérée, les abeilles terricoles choisissent des sites de nidification qui sont le plus possible exposés au soleil, orientés au sud ou à l'est dans le but d'obtenir un ensoleillement matinal dès le matin (Antoine & Forrest, 2021). Cependant, il n'est pas établi si le choix du site de nidification se fait selon la température à la surface du sol ou selon d'autres facteurs pédologiques, qui comme nous l'avons vu, peuvent indirectement influencer la température plus en profondeur (Antoine & Forrest, 2021).

### **2.4.3 Matière organique et pH**

Les préférences des abeilles terricoles en terme de matière organique et de pH du sol, mais aussi de salinité et de teneur en polluants, sont beaucoup moins connues que les autres facteurs abiotiques (Antoine & Forrest, 2021). Lors d'une étude effectuée dans l'Oregon (Etats-Unis), dans un contexte agricole au climat frais et humide, le taux de matière organique des sols nidifiés était toujours inférieur à 1% et le pH toujours inférieur à 6 (entre  $4.99 \pm 0.08$  et  $5.77 \pm 0.12$ ) (Lybrand et al., 2020).

La matière organique a tendance à retenir l'eau dans le sol, ce qui peut rendre le sol plus facile à creuser pour les abeilles (Bescansa et al., 2006; Tsiolis et al., 2022), mais ne sont pas nidifiées pour les abeilles eusociales qui ont tendance à nicher dans des sols plus denses et ayant moins de matière organique (Potts & Willmer, 1997; Tsiolis et al., 2022). Les préférences de certaines espèces sont connues, mais il est encore difficile d'extrapoler ces préférences à l'ensemble des abeilles terricoles (Harmon-Threatt, 2020).

### **2.4.4 Humidité**

Les larves dépendent de l'humidité du sol, surtout dans leurs derniers stades de développement, durant lesquels l'eau est une composante importante de leur gain pondéral (Potts & Willmer, 1997). L'humidité n'est cependant pas la même dans la cellule à couvain, dans laquelle la larve consomme l'eau, que dans le reste du nid (Ordway, 1984). Dans le monde, des abeilles terricoles ont été observés dans des sols ayant une humidité moyenne très variable, allant de 2,7% à 80% (Cane, 1991; Potts & Willmer, 1997).

Certaines espèces nidifient même dans des sols temporairement submergés, où les cellules des larves sont protégées par une membrane étanche (B. B. Norden et al., 2003). Les

préférences en terme d'humidité se situent au niveau de l'espèce, il n'existe donc pas de taux d'humidité moyen du sol qui soit idéal à l'ensemble des abeilles terricoles.

Cependant, de manière générale, les abeilles terricoles utilisent un substrat un peu humide et bien drainé. La texture influence fortement l'humidité du sol : un sol argileux retiendra plus d'eau qu'un sol sableux. Il n'est pas encore clairement établi si des espèces ont des préférences précises en terme d'humidité du sol, ou s'il s'agit en fait indirectement d'une préférence de texture (Antoine & Forrest, 2021).

Dans une étude effectuée sur différents sites des États-Unis continentaux (Cane, 1991), il a été démontré qu'il existait des corrélations entre certaines variables abiotiques dans l'écologie de nidification de 32 espèces d'abeilles terricoles. Ces variables ont fait l'objet d'une analyse en composantes principales, ce qui a permis de révéler les corrélations. Les résultats montrent que les espèces nidifiant dans les sols sableux sont aussi les espèces vivant dans les climats où les précipitations annuelles (mm) sont les plus élevées. Il a également démontré que les plus grosses abeilles, notamment celles de la famille des Megachilidae, utilisaient davantage des sols contenant de l'argile (Cane, 1991).

#### **2.4.5 Compaction**

La compaction est une contrainte mécanique augmentant la densité apparente et la résistance du sol, tout en diminuant sa perméabilité à l'air et sa conductivité hydraulique (Whalley et al., 1995). L'excavation d'un nid, quel que soit le substrat, représente une dépense de temps et d'énergie considérables pour la femelle. La creuse d'un nid dans un substrat compacté rend la tâche encore plus compliquée. Cependant, un substrat peu compacté menace l'intégrité structurale du nid, car les galeries risquent de s'effondrer. La percolation de l'eau peut aussi détruire le nid et les prédateurs ont aussi plus de facilité à atteindre les nids qui se trouvent dans des sols peu compactés (Antoine & Forrest, 2021).

Plusieurs études indiquent que les sols compactés sont favorables à certaines abeilles terricoles grégaires, car elles ont intérêt à limiter le risque d'effondrement dans les substrats où elles nichent en grande densité. Des agrégations de nids peuvent même être creusées dans des parois de grès. Comme pour beaucoup d'autres caractéristiques du sol, les préférences semblent être spécifiques à chaque espèce (Antoine & Forrest, 2021; Torchio et al., 1988). De plus, Tschanz et al. (2023) ont trouvé une corrélation positive entre la densité du sol et l'incidence de nids dans les milieux cultivés. Mais cette corrélation positive semble plutôt refléter la complète absence de nids dans les sols légers qu'ils ont aussi constatée. Ces sols ne leur permettent probablement pas de creuser des galeries suffisamment stables (Tschanz et al., 2023).

#### **2.4.6 Eléments à la surface du sol**

La préférence pour des fissures existantes dans le sol a été démontrée pour deux espèces, alors que pour d'autres aucune corrélation n'a été trouvée (Cane, 2015). De manière générale, on considère que les abeilles terricoles préfèrent un sol nu à un sol recouvert de végétation. Certaines espèces ont été trouvées nichant dans un sol végétalisé, mais il n'est pas certain qu'il s'agisse d'une préférence.

Un biais peut aussi exister dans la détection des nids, car les nids présents là où la végétation est présente sont plus difficiles à détecter. Pour se repérer dans l'espace et notamment retrouver leur nid, les abeilles s'orientent grâce à des éléments visuels du paysage, et les structures à la surface du sol pourraient également avoir un rôle à ce niveau-là (Brünnert et al., 1994).

## 3 Présentation de l'étude

### 3.1 Contexte

Cette étude se déroule dans le cadre du projet « Bed for Bees » (B4Bzzz). Celui-ci fait suite au projet Bee flora, qui a permis d'améliorer les connaissances sur les abeilles sauvages en milieu urbain à Genève (Heiniger, 2021). Le projet B4Bzzz a quant à lui débuté en 2021. Le but de ce projet est de proposer des structures de nidification artificielles pour les abeilles terricoles de Genève, d'après les données acquises sur leur écologie de nidification. Les responsables de ce projet sont M. Patrice Prunier, responsable de l'institut Terre-Nature-Paysage de l'HEPIA (inTNP) et Mme Charlène Heiniger (adjointe scientifique). Il est effectué en partenariat avec le Service des espaces verts de la Ville de Genève, dans le cadre du programme G'Innove.

La première étape du projet B4Bzzz a été l'analyse de nombreuses ressources bibliographiques parues ces dernières années à propos de l'écologie de nidification des hyménoptères terricoles locaux (Heiniger, 2021). Dans une seconde étape, une cartographie des micro-habitats a été réalisée dans 5 parcs de la ville de Genève, selon différents critères découlant des recherches effectuées lors de l'étape précédente. Les nids d'abeilles terricoles présents au sol ont été prospectés et certaines variables environnementales à proximité des nids ont été notées (De Meris, 2024; Heiniger, 2022). De plus, en 2022, des facteurs édaphiques (densité du sol [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ], texture [%], taux de matière organique [%]) ont été relevés à proximité des nids prospectés (Heiniger, 2022). En novembre 2023, des structures dédiées spécifiquement à la nidification des hyménoptères terricoles ont été aménagées dans 3 parcs de la Ville de Genève, et un suivi de leur colonisation a été effectuée (De Meris, 2024; Heiniger, 2023). Ces structures sont des buttes de matériaux terreux, qui sont de deux types (voir annexe 1). La première est inspirée du modèle créé par l'association Arthropologia (Vyghen & Mouret, 2021) et la deuxième est un type de butte conceptualisé à l'HEPIA (Heiniger, 2021, 2022). Les buttes d'Arthropologia, qui sont appelées buttes Lyonnaise dans le cadre de ce travail. Les buttes Lyonnaise sont constituées d'une couche de graviers sur laquelle est créé un dôme d'argile qu'on recouvre de matériaux terreux déblayés in situ. Les buttes HEPIA, qui ont un aspect différent (voir annexe 1), sont constituées de matériaux terreux déblayés sur place : la butte est adossée à un mur en pierres sèches, et au pied de la butte se trouve une surcreuse (Heiniger, 2023). Les résultats obtenus lors de l'étude effectuée par de Meris (2024), qui seront détaillés au chapitre suivant, montrent que les infrastructures sont utilisées par les abeilles terricoles. De nouveaux nids ont également été trouvés lors des prospections dans les parcs (De Meris, 2024).

### 3.2 Problématique

Les espèces d'hyménoptères terricoles ne sont pas toutes actives à la même période de l'année (Vaissière, 2002). Il semble donc intéressant d'évaluer le nombre et la diversité de ces abeilles à différentes périodes de l'année, autant lors de la prospection des nids que des relevés sur les buttes, afin de compléter les résultats obtenus précédemment. Voici une synthèse des résultats obtenus (De Meris, 2024) :

Concernant la prospection des nids dans les parcs :

- Les micro-habitats contenant le plus de nids d'abeilles terricoles au sol dans les parcs sont les gazons exposés et les zones herbacées extensives exposées.
- Les micro-habitats favorables ont généralement un généralement un faible recouvrement de la végétation et un ensoleillement conséquent.
- Tous les sites prospectés par observation directe en 2022 avaient encore des nids en juin 2024.

Concernant la colonisation des buttes réalisée entre le :

- Il n'y a pas de différence significative entre le nombre de nids sur les buttes HEPIA et les buttes lyonnaises.
- Il y a significativement plus de nids sur les buttes du parc Beaulieu que sur les buttes de Barton et Eaux-Vives.
- Il y a une importante prédominance du genre *Lasioglossum* sur toutes les buttes.
- Les nids sont plus abondants aux expositions sud-est qu'aux expositions nord-ouest.

De plus, autant pour les nids prospectés que pour les nids sur les buttes, deux facteurs potentiels influant la nidification ont été mis en évidence. Tout d'abord, il semble y avoir une corrélation positive entre l'ensoleillement et l'abondance de nids. Plus précisément, il semble y avoir plus de nids aux endroits qui sont exposés au soleil tôt dans la journée. Une corrélation négative existe aussi entre le recouvrement du sol par la végétation vasculaire et l'abondance de nids. De Meris (2024) pose aussi l'hypothèse selon laquelle des conditions climatiques humides, notamment au parc Barton seraient corrélées négativement à l'abondance de nids.

Plusieurs questions d'ordre général se posent à propos des résultats et hypothèses obtenus lors de l'étude de juin 2024. Une exposition matinale aux rayons du soleil semble être corrélée à l'abondance de nids, mais ce postulat doit être vérifié par l'obtention et la comparaison de données quantitatives, comme la température à la surface du sol. Outre les facteurs climatiques, des facteurs édaphiques peuvent potentiellement expliquer le succès de colonisation des abeilles terricoles sur les buttes de Beaulieu et/ou dans les différents micro-

habitats. Le but du projet Bed 4 Bees est de favoriser les abeilles terricoles dans la gestion des parcs, de définir une structure propice à leur nidification, et ce au bon emplacement. L'étude de juin 2024 a notamment apporté des informations sur l'emplacement propice de ces buttes et a proposé des mesures de gestion pour favoriser ces insectes dans les parcs. Il s'agit à présent d'analyser les conditions édaphiques dans les buttes et dans certains autres sites de nidification, et de voir si certaines variables sont corrélées à l'abondance de nids d'abeilles terricoles dans les parcs de la ville de Genève. Ceci participera à définir une structure propice à leur nidification, ce qui est l'objectif principal du projet B4Bzzz.

### 3.3 Questions de recherche

Concernant la prospection des nids dans les parcs :

- Les nids prospectés dans les micro-habitats des parcs en 2024 sont-ils déjà actifs au mois de mai ? Les micro-habitats les plus favorables au mois de juin sont-ils les mêmes au mois de mai ?

Concernant la colonisation des buttes :

- Quelle est l'abondance et la diversité des genres d'abeilles terricoles nichant dans les buttes ? Les résultats sont-ils semblables à ceux de juin 2024 ?
- Quelles peuvent être les facteurs biotiques et/ou abiotiques expliquant l'abondance de nids dans les buttes du parc Beaulieu ?

Concernant la prospection des nids dans les parcs ainsi que la colonisation des buttes :

- Quelle est la texture, le pH et la température à la surface des buttes et des nids prospectés ? et est-ce que cela peut expliquer l'abondance de nids sur les buttes de Beaulieu ?

Les parcs ayant le plus de nids au sol sont-ils aussi ceux qui ont le plus de nids dans les buttes ?

### 3.4 Hypothèses

- Des genres d'abeilles terricoles différents, notamment *Andrena*, pourront être observés vu que l'étude a lieu au mois de mai.
- Un ou plusieurs facteurs biotiques/abiotiques spécifiques à Beaulieu peuvent expliquer l'abondance importante de nids sur les buttes.

### 3.5 Objectifs

- Prospector les nids d'abeilles terricoles existants dans les parcs Barton, la Perle du Lac, Mon Repos, La Grange, Eaux-Vives et Beaulieu
- Relever les nids sur les buttes aménagées aux parcs Barton, Eaux-Vives et Beaulieu
- Comparer les résultats obtenus à ceux de l'étude de juin 2024
- Analyser des facteurs édaphiques, dans les buttes et sur certains sites prospectés. Ces facteurs sont ; la texture (proportion relative [%] de sable, limon et argile), la densité apparente [g/cm<sup>3</sup>] et le taux de matière organique [%]
- Comparer les facteurs abiotiques et biotiques ci-dessus à l'abondance de nids afin de détecter des corrélations potentielles

## 4 Démarche méthodologique

### 4.1 Méthodologie pour le suivi de la colonisation des buttes

La méthode de suivi effectuée lors du présent travail a été effectuée selon la même méthodologie que Timothé de Meris (2024), afin d'obtenir des résultats comparables. Le premier suivi de la colonisation des buttes a été effectué entre le 3 et le 19 juin 2024, et cette année il a été effectué entre le 11 et le 29 mai 2025. Quatre sessions de capture par butte ont eu lieu. Les prospections ont été réalisés lors de 10 jours de terrain ; des prospections étaient souvent effectuées le matin, car les buttes étaient trop à l'ombre à ce moment-là, mais certains jours ont aussi été entièrement dédiés aux prospections (voir annexe 4).

#### 4.1.1 Méthode de capture des individus

Le protocole exact et détails techniques pour la méthode de capture effectuée sur les buttes est présent à l'annexe 2. Les captures se font lorsque les conditions météorologiques sont propices à l'observation d'abeilles terricoles. Quatre critères sont pris en compte ; l'absence de pluie, un vent d'une vitesse inférieure à 30km/h, une température ambiante minimale de 15°C et des heures de capture entre 9 et 17 heures. Si une de ces conditions n'est pas remplie, l'opération devra être reportée ultérieurement. Toutes les dates et conditions météorologiques de capture sont renseignées à l'annexe 4.

Chaque butte est observée durant 40 minutes au total. A chaque étape du protocole qui n'est pas de l'observation, le chronomètre est arrêté. Pour avoir plus de chance d'observer les abeilles, vu leur petite taille, on va se focaliser sur la moitié d'une butte pendant 20 minutes, puis 20 minutes sur l'autre. Dès qu'un insecte volant se pose et entre entièrement dans une galerie, un bocal est posé au-dessus. Si une abeille sort du nid, on ferme le couvercle, on note le numéro du nid sur la boîte-loupe et on la dépose dans une glacière pendant 5 à 10 minutes. La glacière contient 4 kg de glace pilée, concassée avec un marteau avant le début des captures pour y glisser facilement les boîtes-loupes. Le froid permettra d'endormir l'individu, de l'identifier, au minimum au niveau du genre. Les informations sont reportées sur une fiche de terrain présente à l'annexe 3. Après 40 minutes, si des boîtes-loupes sont toujours en place, un chronomètre est lancé à nouveau pour 15 minutes. Lors de ces 15 minutes, on peut attraper les individus qui sortent dans les boîtes-loupes en place, mais on n'en place pas de nouveaux.

L'identification des espèces d'hyménoptères terricoles est compliquée sur le terrain, et il faut généralement s'arrêter au genre ou à la famille de l'individu. La détermination au niveau de l'espèce nécessiterait de tuer les individus, ce qui n'est pas effectué pour des raisons éthiques et parce que de nombreuses espèces de ce groupe sont menacées sur liste rouge. Les individus sont identifiés sur les photos prises lors du protocole et à l'aide d'une loupe botanique à grossissement x10.

#### **4.1.2 Méthode pour l'analyse des résultats du suivi de la colonisation des buttes**

L'abondance de nids par butte, par type de butte et par parc est montrée à l'aide de graphiques réalisés dans Excel. Vu qu'en 2025 les captures ont eu lieu 4 fois par butte et qu'elles ont eu lieu 5 fois par butte en 2024, il faudra supprimer une session de capture par butte dans les données de 2024 en vue de leur comparaison. La similarité avec les données de l'année précédente pourra être observée, dans le but de voir si la butte du parc Beaulieu est aussi la plus nidifiée au mois de mai.

Pour obtenir des boîtes à moustaches, le nombre de nids relevés par session, par butte et par parc a été calculé. Dans chaque parc, il y a eu 4 sessions de capture par butte, soit 8 en tout. Un test d'Anova à 2 facteurs a été effectué pour voir s'il existe une différence significative de nids selon le parc.

Concernant la communauté d'hyménoptères terricoles observée, les statistiques sont essentiellement descriptives au vu du nombre important de biais potentiels (voir chapitre biais). Les résultats sont représentés sous forme de diagramme en secteurs de secteur pour faciliter la lecture (voir figures 6, 7 et 8). Les données ont été regroupées par parc car comme pour l'abondance, il semble que ce paramètre ait plus d'influence que le type de butte.

### **4.2 Méthodologie pour la prospection des nids dans les parcs**

#### **4.2.1 Méthode de prospection des nids**

Les prospections ont eu lieu dans les parcs Barton, la Perle du Lac, Moynier, Mon Repos, La Grange, Eaux-Vives et Beaulieu, afin d'observer la richesse spontanée des abeilles terricoles printanières présentes. La période du travail de bachelor se situe entre le 5 mai 2025 et le 11 juillet 2025 : les prospections de nids ont eu lieu le plus vite possible, afin de prospector un maximum de nids d'espèces printanières et un minimum de nids d'espèces estivales. Les prospections ont eu lieu lorsque les conditions météorologiques sont adéquates pour la capture d'abeilles terricoles. Comme pour les captures sur les buttes, il faut que certaines conditions météorologiques soient respectées.

Les prospections ont eu lieu sur tous les points où des nids ont déjà été trouvés ; sur les sites où ont été placés des pièges à émergence en 2022, sur les points de prospection de 2022 et sur les points de prospection de 2024 (voir annexe 6). Tous les nids existants ont été prospectés à deux reprises durant le mois de mai. De plus, si d'autres zones ensoleillées comportant des sols nus ou à végétation clairsemée sont repérées dans les parcs, de nouveaux points pourront être prospectés dans un second temps.

Les prospections ont été effectuées par observation directe des trous/tumuli à la surface du sol. Là où la végétation est plus dense, il a été nécessaire de les chercher avec plus d'attention. A quelques reprises, même si aucune structure n'a été repérée à la surface du sol, il a été possible d'observer des abeilles en vol jusqu'à ce qu'elles rentrent dans leur nid.

#### **4.2.2 Méthode de capture des individus**

La méthode utilisée a été celle de la capture à vue. En arrivant sur un point, une boîte-loupe sera posé au-dessus de chacun des nids observés, puis un minuteur de 15 minutes a été lancé. Si une boîte-loupe était toujours vide après 15 minutes, un minuteur de 10 minutes a été lancé.

Si une abeille sortait du nid, on fermait le couvercle et on déposait la boîte-loupe dans la glacière. Le froid permet d'endormir l'individu et de l'identifier, au minimum au niveau du genre. Pour chaque point, un nombre de nids a été attribué selon une fourchette, car il est peu probable que le nombre de nids dénombrés à chaque point a été exhaustif, certains étant cachés sous des plantes, des feuilles ou autres. Les fourchettes sont les suivantes ; 1-5, 5-10, 10-20, 20-50, 50-75 et 75-100.

#### **4.2.3 Méthode pour l'analyse des résultats de la prospection des nids**

Vu que le nombre de nids est estimé, des tests statistiques n'ont pas été réalisés. Les nouveaux points de prospection observés ont été cartographiés à l'aide du logiciel ArcGISPro. Le nombre de nids trouvés, selon les parcs et selon les micro-habitats, a été mis en évidence à l'aide de graphes réalisés dans Excel®. Ceci a permis de comparer visuellement les données de 2024 et de 2025. Les nids existants dans les parcs ont été prospectés à deux reprises durant le mois de mai.

### **4.3 Méthodologie pour les analyses de physico-chimie du sol**

Une analyse de sols a déjà été réalisée pour 13 points de prospection et 2 points correspondant à des pièges à émergence lors de l'étude effectuée en 2022 (Heiniger, 2022). Les facteurs ayant été analysés sont ; la texture (proportion relative de sable, de limon et d'argile), la densité apparente sèche [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ] et le taux de matière organique. Ces facteurs seront à nouveau analysés, ainsi que le pH car il est inclus dans l'offre du laboratoire.

Il a été possible de prendre 14 échantillons pour les analyses en laboratoire (pH, matière organique et texture). Afin de simplifier la gestion des échantillons et de réduire le temps passé sur le terrain, il a été décidé que les échantillons prélevés pour la mesure de la densité, qui doivent être non-remaniés, servent ensuite aux analyses chimiques. Le sol sera analysé pour les 6 buttes et pour 8 points de prospection supplémentaires. Ceux-ci sont des points dont le

sol n'a pas encore été analysé. De plus, il s'agit de points pour lesquels un nombre de nids supérieurs à 5 a été relevé en mai 2025, dont au moins un nid actif.

Il a été décidé de mesurer la densité apparente sèche, car c'est déjà elle qui avait été mesurée en 2022, et que c'est cette mesure qui renseigne le mieux sur la compacité du sol. Le but est d'obtenir un échantillon non remanié représentatif de la nature du sol sur une profondeur d'environ 15 cm. Creuser à cette profondeur sur le replat supérieur permet de limiter l'érosion au maximum et de conserver l'intégrité structurelle des buttes. Pour les échantillons pris sur les points de prospection, l'échantillon sera pris de la même manière.

#### **4.3.1 Méthode pour l'échantillonnage**

Le prélèvement des échantillons a été réalisé à l'aide du préleveur pour cylindre de sol extractible développé par l'HEPIA. Avant de prendre l'échantillon, la végétation était désherbée et la litière était déplacée temporairement. La prise des échantillons a été effectuée à la verticale, jusqu'à ce que le cylindre soit au ras du sol, soit à une profondeur d'environ 15 cm. Cette méthode a été choisie car elle est rapide, elle permet de vérifier la qualité des échantillons après extraction et elle permet d'éviter que l'échantillon se casse lors du transport.

Pour les points situés sur des sentiers, l'échantillon a été pris sur le côté du chemin pour éviter que des promeneurs chutent. Sur les buttes, les échantillons ont été pris sur les faces n'étant pas visibles par les promeneurs depuis le chemin pour des raisons esthétiques. Ils ont été pris sur les faces nord ou ouest, là où se trouvent le moins de nids, et surtout sur les parties basses de la butte pour éviter l'érosion du sommet de butte où se trouvent les loggers. Sur les points de prospection, les échantillons ont été pris à au moins 30 centimètres de l'entrée des nids observés pour ne pas détruire les galeries horizontales mais pour tout de même avoir un échantillon représentatif du point.

Les échantillons ont tous été prélevés la même journée. Une pluie modérée a eu lieu durant le matin et l'après-midi sur un sol sec après plusieurs jours de chaud, rendant l'horizon A du sol humide mais pas saturé en eau. Certains points à l'abri de la pluie n'ont donc pas été échantillonnés, et d'autres points soumis au facteur pluie ont été échantillonnés à la place. Ceci est nécessaire pour pouvoir comparer les facteurs physico-chimiques des échantillons entre eux, car à cause du phénomène de retrait/gonflement, le sol gonfle lorsqu'il absorbe de l'eau et se dégonfle lorsqu'il sèche. Dans les sols suisses, le volume apparent du sol peut varier de 30% entre l'état saturé en eau et l'état sec, d'où l'importance de prélever les échantillons dans les mêmes conditions pour pouvoir les comparer (République et canton de Genève, 2024). Le soir-même, les échantillons ont été stockés en chambre froide.

### 4.3.2 Méthode pour la mesure de la densité

La densité sèche apparente est une mesure de masse volumique. Son calcul est le suivant (fig. 1) :

$$\boxed{1} \quad Da = \frac{Ms - Mg}{Vs - Vg}$$
$$\boxed{2} \quad Vg = \frac{Mg}{2,5}$$

Figure 1 : La formule n° 1 calcule la densité apparente  $Da$  ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) à partir de la masse sèche à  $105^\circ\text{C}$   $Ms$  (g), de la masse de grossiers  $Mg$  (g), du volume sec à  $105^\circ\text{C}$   $Vs$  ( $\text{cm}^3$ ) et du volume de grossiers  $Vg$  ( $\text{cm}^3$ ).

La formule n° 2 permet d'obtenir le volume de grossiers en divisant la masse de grossiers ( $Mg$ ) par la densité du quartz qui est  $2,5$  ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ). Les grossiers sont les éléments du sol dont le diamètre est strictement supérieur à  $2$  mm et qui ne contiennent pas de porosité. Sur le plateau suisse, il s'agit presque essentiellement de quartz.

Pour obtenir  $Vs$  (Volume sec à  $105^\circ\text{C}$ ) et  $Ms$  (Masse sèche à  $105^\circ\text{C}$ ), les échantillons qui étaient stockés en chambre froide sont sortis des sachets, placés dans des barquettes en aluminium étiquetées et séchés au four à  $105^\circ\text{C}$  pendant 48 heures. Ils sont ensuite transportés au laboratoire. Ici, le volume apparent sec à  $105^\circ\text{C}$  est mesuré à l'aide du scanner EinScan-SP V2 3D-Scanner de la marque SHINING3D®. Ce dispositif comprend un scanner et une plateforme tournante sur laquelle l'échantillon est placé. Le dispositif est branché à l'ordinateur sur lequel est installé le logiciel de numérisation EXScan®. L'opération dure 1 minute, puis le modèle 3D de l'échantillon est visible sur l'ordinateur. Après quelques manipulations, il est possible d'obtenir le volume en  $\text{cm}^3$ . Cette valeur est relevée, puis l'échantillon est pesé sur une balance de laboratoire. A noter que lors de la pose de l'échantillon sur la plateforme ou durant la mesure, des morceaux se détachent fréquemment. Pour que la masse de l'échantillon corresponde au volume mesuré, les échantillons sont donc pesés après la mesure du volume. La valeur de la masse est notée et les échantillons sont replacés dans leur barquette.



Figure 2 : Plan de travail lors de l'étape du broyage, avec les matériaux concassés dans le tamis, prêts à être broyés.

Pour obtenir Mg (masse de grossiers), plusieurs étapes sont nécessaires. Le but est de séparer les éléments grossiers de la terre fine de chaque échantillon. La démarche est la suivante. L'échantillon est d'abord transféré dans un sac en plastique, puis est cassé à l'aide d'une masse dans un bac en plastique, jusqu'à obtenir des agrégats inférieurs à 5 cm de diamètre environ. Les matériaux sont transférés dans un tamis métallique de maille  $\varnothing$  2mm, posé sur un récipient métallique. L'ensemble est placé sous le broyeur (fig. 2) : on plaque la tête de broyeur sur le tamis à l'aide d'un levier, puis appuie sur le bouton du levier pour enclencher le broyeur durant 30 secondes. La terre fine est passée à travers le tamis ; dans le tamis, il reste les éléments grossiers, autour desquels de la



Figure 3 : Tamisage pour la séparation des grossiers.

terre peut être agrégée, mais aussi des agrégats de terre plus durs qui ne sont pas passés à travers le tamis. Pour chaque échantillon, les grossiers sont placés dans une barquette d'eau pendant 10 minutes. Le contenu de la barquette est ensuite versé dans un tamis de maille  $\varnothing$  2 mm (fig. 3). Les matériaux sont tamisés à la main et transférés autant de fois que nécessaires dans un creuset à bec verseur en céramique pour séparer les derniers éléments terreux. Les matériaux sont soigneusement rincés puis placés dans une barquette propre, que l'on va mettre au four à 105°C pendant 5 minutes. Les éléments grossiers de chaque échantillon sont ensuite pesés avec une balance de laboratoire et pris en photos. Les éléments grossiers sont jetés dans un bac de récupération. Tous les résultats ont ensuite été reportés dans un tableau Excel, et la densité apparente sèche a été calculée pour chaque échantillon avec la formule citée précédemment.

Les échantillons sont ensuite analysés au Laboratoire d'analyse des sols de l'HEPIA pour une analyse physico-chimique comprenant la densité ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), la matière organique (%), le pH et la texture donc la proportion relative d'argile, de limon et de sable (%).

### 4.3.3 Méthode d'analyse des résultats des analyses de sol

Afin d'observer si un des facteurs du sol analysés est corrélé à l'abondance de nids, une analyse en composantes principales a été effectuée dans RStudio®. Ceci permettra notamment de tester l'hypothèse selon laquelle l'abondance de nids significativement élevée de Beaulieu est due à un facteur physico-chimique du sol. Une ACP sera effectuée d'abord pour les buttes, afin de prendre en compte les facteurs physico-chimiques et thermiques, puis

une ACP est effectuée uniquement avec les facteurs physico-chimiques pour les buttes et pour les points de prospection. Ceci permettra de tester l'hypothèse selon laquelle la texture du sol est uniforme au sein des parcs. Les corrélations seront calculées entre l'abondance de nids et chacun des facteurs du sol. Comme avant tout test de corrélation, il faudra d'abord effectuer un test de normalité. Si les données ne sont pas normales, l'ACP pourra tout de même être effectuée, mais il faudra le prendre en compte lors de l'interprétation des résultats.

#### **4.4 Méthodologie pour l'analyse de la température du sol**

##### **4.4.1 Méthode de mesure de la température**

La température a été mesurée à la surface du sol ainsi qu'à 15 cm sous le sol, vu que les deux peuvent avoir de l'importance comme vu dans l'étude bibliographique. Des loggers de la marque de fabrique HOBO Water Temp Pro v2 onset ® ont été pré-réglés à une fréquence d'enregistrement de 30 minutes. Pour chacune des 6 buttes, un logger a été installé à la surface et un sous le sol. Ils ont été installés sur le sommet des buttes pour que ce soit comparable entre les types de butte dont les faces latérales n'ont pas toutes la même topographie et ne sont pas comparables.

Une tarière à main a été utilisée pour creuser des trous de 15 cm de profondeur au sommet des buttes. Ceci a été fait à une distance d'au moins 20 cm de tout nid visible. Les loggers ont été insérés avec le capteur vers le bas, et la terre a été remise en place et modérément tassée pour boucher le trou. Trois cure-dents ont été placés autour du trou afin de pouvoir retrouver le logger, et des photos ont également été prises pour chacun d'eux. Le risque de vol et de déprédation a été pris en compte pour le logger en surface : il a été attaché avec une ficelle à une agrafe métallique plantée dans le sol. L'agrafe a été plantée à une distance de 15 centimètres du logger présent dans le sol afin que la chaleur du métal ne biaise pas les résultats. Une étiquette expliquant la démarche et l'importance de laisser le logger en place a été imprimé, plastifiée et attachée au logger.

Le 15 mai, tous les loggers sont installés. Le 13 juin, les données de tous les loggers ont été téléchargées. Pour ce faire, les loggers sont connectés à un ordinateur portable à l'aide d'une base optique USB HOBO U-4 ® munie d'un coupler. Les données sont téléchargées par le biais du logiciel HOBOWARE® puis au bureau des tableaux Excel ont pu être extraits à partir de la base de données. 12 tableaux ont été obtenus, et les données ont été triées pour avoir uniquement les données entre le 16 mai à minuit et le 12 juin à 23h30. Le logger en surface présent sur la butte Lyonnaise du parc Barton a mal fonctionné et ses données n'ont pas pu être analysées.

#### **4.4.2 Méthode d'analyse des résultats de température**

Les données ont été compilées dans un seul tableau enregistré au format CSV afin de pouvoir effectuer les statistiques dans le logiciel RStudio®. Il a été décidé d'analyser plusieurs variables par jour. Un tableau a été créé avec une ligne pour chaque jour de chaque logger, et chaque colonne représentant une variable semblant pertinente d'après la littérature consultée. Ces variables sont ; la température moyenne journalière, la variance de température journalière, le maximum de température journalier, le minimum de température journalier ainsi que l'amplitude thermique journalière. Au vu du grand nombre de paramètres à analyser et du temps à disposition, il a été décidé de réaliser une analyse en composantes principales. Ceci permettra de mettre en évidence les corrélations entre les variables et l'abondance de nids relevée sur chaque butte. Cette analyse permettra aussi d'analyser les variables physico-chimiques. Des heatmaps sont également créées dans RStudio® afin d'obtenir une représentation visuelle de l'ensemble des données.

#### **4.5 Méthodologie pour les relevés de la végétation**

##### **4.5.1 Méthode de relevé**

Les relevés ont eu lieu le 19 mai sur les buttes de Plonjon et le 22 mai sur les buttes de Beaulieu et de Barton, avant la réalisation du désherbage. Avant le travail de terrain, les résultats du relevé botanique réalisé en 2024 (De Meris) ont été consultés. Sur le terrain, des photos de chaque plante vasculaire ayant un aspect différent a été effectué. Un relevé Braun-Blanquet n'a pas été effectué car la végétation n'est pas analysé de manière approfondie dans ce travail : une idée générale des espèces présente est tout de même souhaitable pour adapter le désherbage et lutter contre les néophytes envahissantes. Sur le terrain, des photos de chaque plante ayant un aspect différent ont été prises. L'identification des espèces a été faite sur la base des photos.

## 5 Résultats

### 5.1 Résultats du suivi de la colonisation des buttes

#### 5.1.1 Description des résultats du suivi de la colonisation des buttes

L'abondance totale de nids recensés sur les buttes en mai 2025 est de 161. Le parc dont les buttes sont les plus nidifiées est le parc Beaulieu, suivi du parc Barton puis de Plonjon (fig. 4). On remarque que l'abondance de nids est fortement inégale selon les parcs ; 88 à Beaulieu, 60 à Barton, contre seulement 13 à Plonjon. A Beaulieu et à Plonjon, la butte Lyonnaise comporte plus de nids que la butte HEPIA, mais l'abondance est égale pour les deux types de buttes à Barton. Au total, plus de nids ont été relevés sur les buttes Lyonnaises que sur les buttes HEPIA. En observant les données d'abondance, on remarque une différence nette entre les parcs et aussi une certaine différence selon le type de butte.

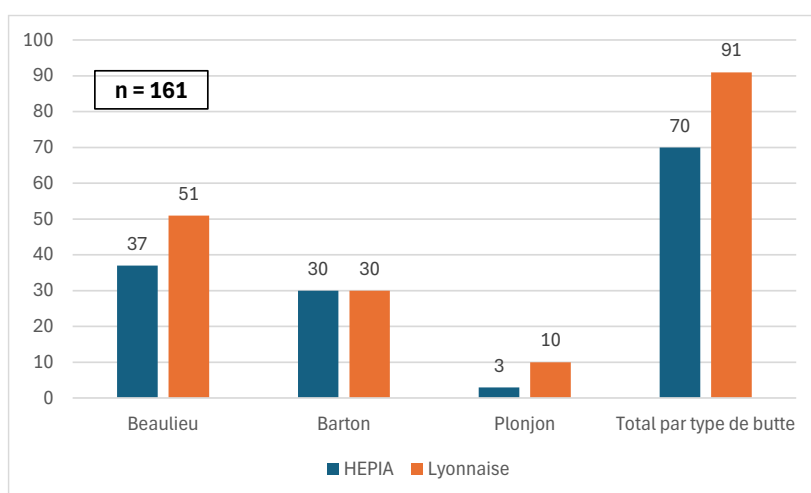


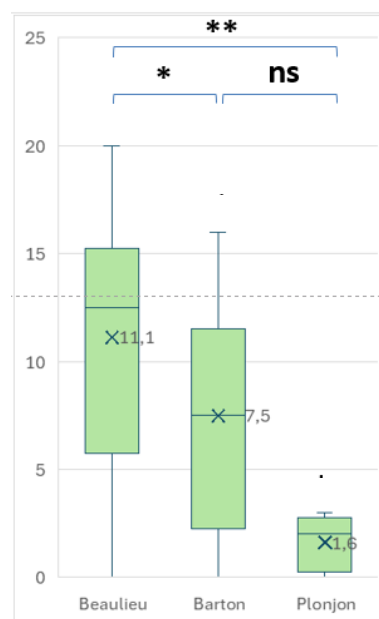
Figure 4 : Graphique en barres montrant la répartition du nombre total de nids observés sur les buttes de type HEPIA et Lyonnaise dans les parcs Beaulieu, Barton et Plonjon en mai 2025. Les valeurs au-dessus des barres indiquent le nombre exact de nids observés pour chaque butte. Le n correspond au nombre total de nids observés sur les buttes en mai 2025.

La normalité des données a été vérifiée à l'aide d'un test de Shapiro-Wilk. Ce dernier est effectué afin de vérifier la normalité des données : la p-value doit être supérieure à 0,05 pour chacun des boîtes à moustaches. Les résultats sont ;  $p = 0,5433$  pour les données de Beaulieu,  $p = 0,8855$  pour Barton,  $p = 0,1679$  pour Plonjon et  $p = 0,1069$  pour les résidus. L'hypothèse de la normalité des données par groupe et des résidus n'est pas rejetée.

Des boîtes à moustaches (fig. 5) représentent le nombre de nids observés sur les buttes par parc. La moyenne de nids relevés par butte par jour est de 11,1 à Beaulieu, 7,5 à Barton et seulement 1,6 à Plonjon.

Une ANOVA à un facteur peut donc être réalisée. Les résultats obtenus par l'ANOVA (tab. 1) montrent un effet hautement significatif du facteur « Parc » sur le nombre de nids observés sur les buttes (p=0,003, p<0,01), ce qui indique que l'influence du facteur « parc » est hautement significative.

**Figure 5 : Boîtes à moustaches montrant la distribution du nombre de nids observés par session de capture sur les buttes de Beaulieu, Barton et Plonjon.** La ligne à l'intérieur de chaque boîte représente la médiane et la croix la moyenne. La valeur de la moyenne est notée à côté de la croix. Les moustaches s'étendent aux minima et aux maxima. Les différences entre sites ont été évaluées à l'aide d'une ANOVA, suivie d'un test post-hoc de Tukey HSD. L'écriture « ns » indique que la différence entre Barton et Plonjon est non-significative, « \* » indique que la différence entre Beaulieu et Barton est significative (p < 0,05), « \*\* » indique que la différence entre Beaulieu et Plonjon est hautement significative (p < 0,01).



**Tableau 2 : Résultats de l'ANOVA à un facteur.** L'écriture « \*\* » indique que l'influence du facteur "parc" est hautement significative.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Facteur "Parc"	2	359,1	179,54	7,76	0.003**
Résidus	21	485,9	23,14		

Code de significativité ; \*\*\*p < 0,001, \*\*p<0,01, \*p<0,05

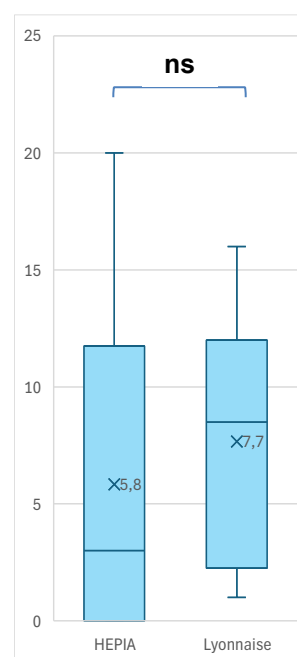
**Tableau 1 : Résultats du test post-hoc de Tukey HSD.** L'écriture « \* » indique que la différence Beaulieu-Barton est significative et l'écriture « \*\* » indique que la différence Plonjon-Beaulieu est hautement significative.

Comparaison	diff	lwr	upr	p adj
Beaulieu-Barton	-1,23	-2,45	-0,01	0,048 *
Plonjon-Barton	0,56	-0,65	1,77	0,645
Plonjon-Beaulieu	1,79	0,58	3	0,005 **

Code de significativité ; \*\*\*p < 0,001 \*\*p<0,01 \*p<0,05

Un test post-hoc de Tukey HSD a ensuite été appliqué pour comparer les moyennes de nids des parcs entre eux et mettre en évidence le parc qui diffère significativement des autres (tab. 2). Le test a révélé que la différence entre Beaulieu et Barton est significative (p=0,048), que la différence entre Beaulieu et Plonjon est hautement significative (p=0,005) et que la différence entre Barton et Plonjon n'est pas significative (p=0,645).

Des boîtes à moustaches représentent le nombre de nids trouvés par type de butte (fig. 6). La moyenne de nids relevés par jour de capture est de 5,8 pour les buttes HEPIA et de 7,7 pour les buttes Lyonnaise. La normalité a été vérifiée à l'aide d'un test de Shapiro-Wilk (tab. 3). Les résultats sont p=0,0162 pour le type de butte HEPIA, p=0,0829 pour le type de butte Lyonnaise et p=0,0323 pour les résidus. La normalité est donc rejetée pour les résidus et pour le type de butte HEPIA, mais pas pour le type Lyonnaise.



**Figure 6 : Boîtes à moustaches montrant la distribution du nombre de nids observés par session selon le type de butte HEPIA ou Lyonnaise.** La ligne à l'intérieur de chaque boîte représente la médiane et la croix la moyenne. La valeur de la moyenne est notée à côté de la croix. Les moustaches s'étendent aux minima et aux maxima. L'écriture « ns » indique que la différence entre le type de butte HEPIA et le type Lyonnaise est non-significative.

Un deuxième test de normalité d'Anderson-Darling (tab. 4) est appliqué, avec un résultat de  $p=0,0216$ . La normalité est aussi rejetée par ce test, un test de Mann-Whitney est donc appliqué. Le résultat est  $p=0,1299$  : une différence statistiquement significative entre le type HEPIA et le type Lyonnaise n'a pas été mise en évidence.

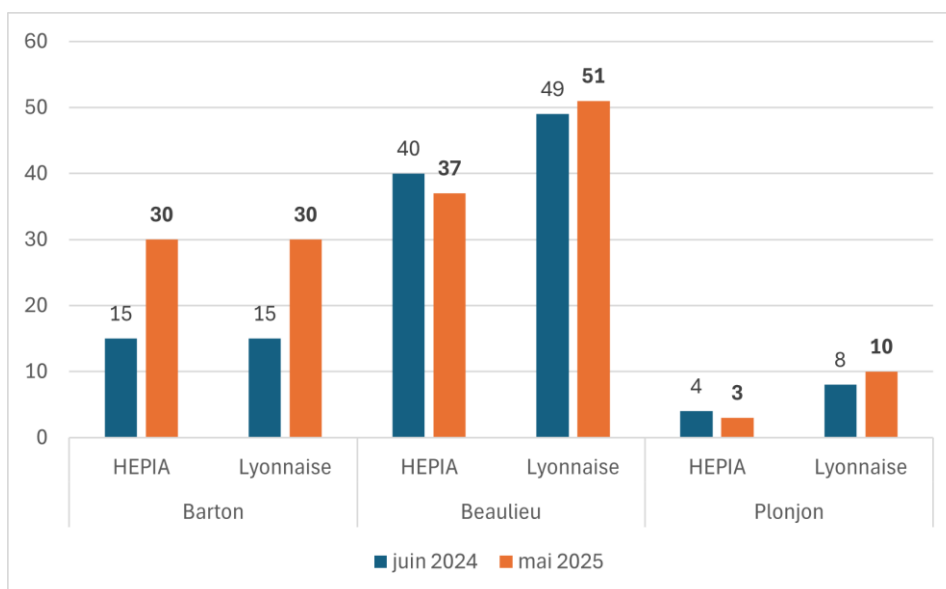
**Tableau 4 : Résultats du test de normalité de Shapiro-Wilk.**

Données	W	p-value	Décision
Résidus	0,90513	0,0323	Rejet de la normalité
HEPIA	0,81802	0,01624	Rejet de la normalité
Lyonnaise	0,87811	0,0829	Normalité non rejetée

**Tableau 3 : Résultats du test de normalité d'Anderson-Darling.**

Statistique	p-value	Taille d'effet (r biserial)	IC 95 % de r	Décision (significatif si $p < 0,05$ )
W = 41	<b>0,1299</b>	-0,38	[-0,71 ; 0,08]	<b>Non significatif</b>

Le diagramme en barres (fig. 7) montre la comparaison entre le nombre de nids relevés par butte en juin 2024 par rapport à mai 2025. A Barton, le nombre de nids était de 15 sur la butte HEPIA et 15 sur la butte Lyonnaise en 2024, contre 30 sur la butte HEPIA et 30 sur la butte Lyonnaise en 2025. A Beaulieu, le nombre de nids était de 40 sur la butte HEPIA et de 49 sur la butte Lyonnaise en 2024, contre 37 sur la butte HEPIA et 51 sur la butte Lyonnaise en 2025. A Plonjon, le nombre de nids était de 4 sur la butte HEPIA et de 8 sur la butte Lyonnaise en 2024, contre 3 sur la butte HEPIA et 10 sur la butte Lyonnaise en 2025. On remarque que le nombre de nids a doublé à Barton entre juin 2024 et mai 2025. A Beaulieu, le nombre de nids total est similaire (89 en 2024, 88 en 2025) mais avec plus de nids sur la butte Lyonnaise et moins de nids sur la butte HEPIA. A Plonjon, le nombre de nids total est similaire (12 en 2024, 13 en 2025), mais avec davantage de nids sur la butte Lyonnaise et moins de nids sur la butte HEPIA.



**Figure 7 : Graphique en barres montrant le nombre de nids observés pour chaque butte en juin 2024 et en mai 2025. Le nombre total de nids trouvés sur les buttes en juin 2024 était de 131 et de 161 en mai 2025. Quatre sessions de capture ont eu lieu par butte en mai 2025, et 5 voire 6 en juin 2024. Des sessions de 2024 ont supprimées arbitrairement pour avoir les données de quatre sessions de capture, ce qui permet la comparaison avec les données de 2025.**

## Diversité d'hyménoptères terricoles

Pour chaque butte, près de la moitié des individus nicheurs sont classés dans la catégorie « indéterminé ». La grande majorité de ces nids sont ceux où un individu a été observé rentrant dans le nid, mais n'en est pas ressorti lors de la session de capture et n'a donc pas pu être identifié. Certains individus ont aussi été classés dans cette catégorie car la qualité des photos effectuées était trop mauvaise pour permettre l'identification. La caméra du téléphone, même avec une loupe botanique, ne permettait souvent pas d'observer le positionnement des franges de poils sur les tergites, et donc de trancher entre les genres *Halictus* et *Lasioglossum*. Dans ce cas-là, l'individu a été classé dans la catégorie « Halictidae », vu que les genres *Halictus* et *Lasioglossum* appartiennent les deux à cette famille. Cependant, d'autres critères d'identification étaient souvent mieux visibles, comme les nervures des ailes, la forme de la tête et l'aspect général. Tous les individus appartenant à la catégorie « indéterminé » sont des arthropodes volants terricoles et sont très probablement tous de la super-famille des Apoidea. Les photos de certains individus sont présentes à l'annexe 7.

Pour le parc Beaulieu (fig. 8), 43% des individus sont indéterminés et 57% ont pu être identifiés. La famille la plus représentée est celle des Halictidae qui représente 47 % des nids (45% si on enlève le genre cleptoparasite *Sphecodes*), suivi des Andrenidae avec 6%, 1% des

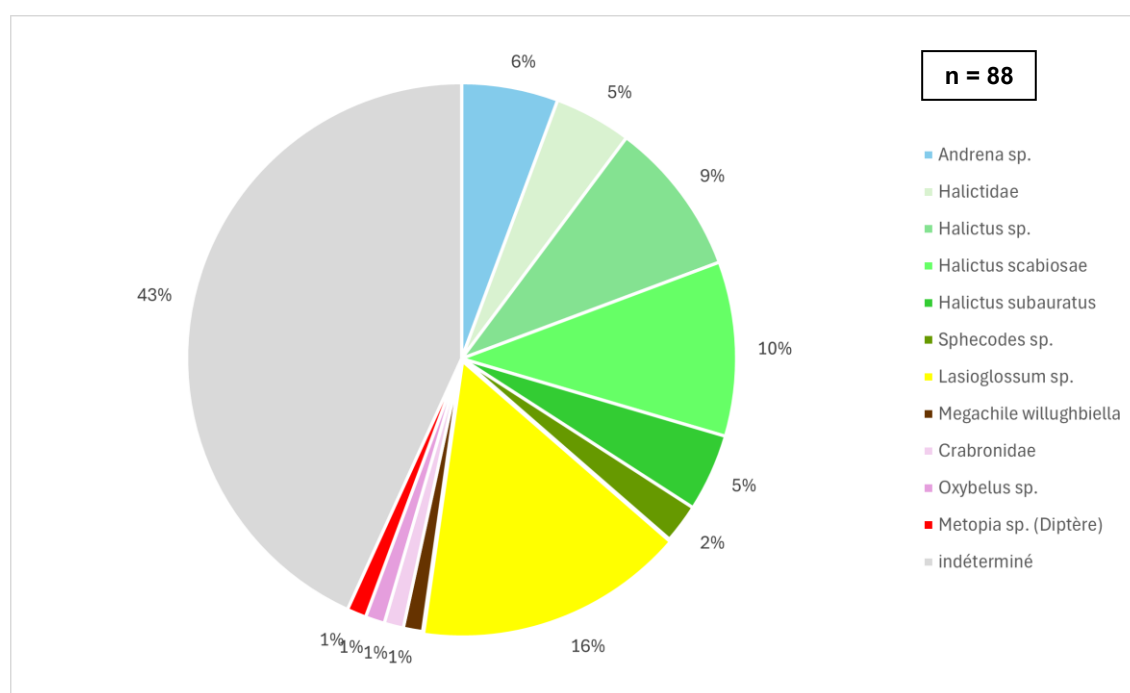


Figure 8 : Abondance relative des espèces, genres ou familles identifiés sur les buttes de Beaulieu en mai 2025. Quarante-deux pour cent des individus n'ont pas pu être identifiés car ils ne sont pas ressortis de leur nid après y être entrés. Les couleurs sont similaires pour les espèces appartenant au même genre, et le code couleur est le même pour les 3 buttes pour permettre une comparaison visuelle. n = nombre total d'individus capturés.

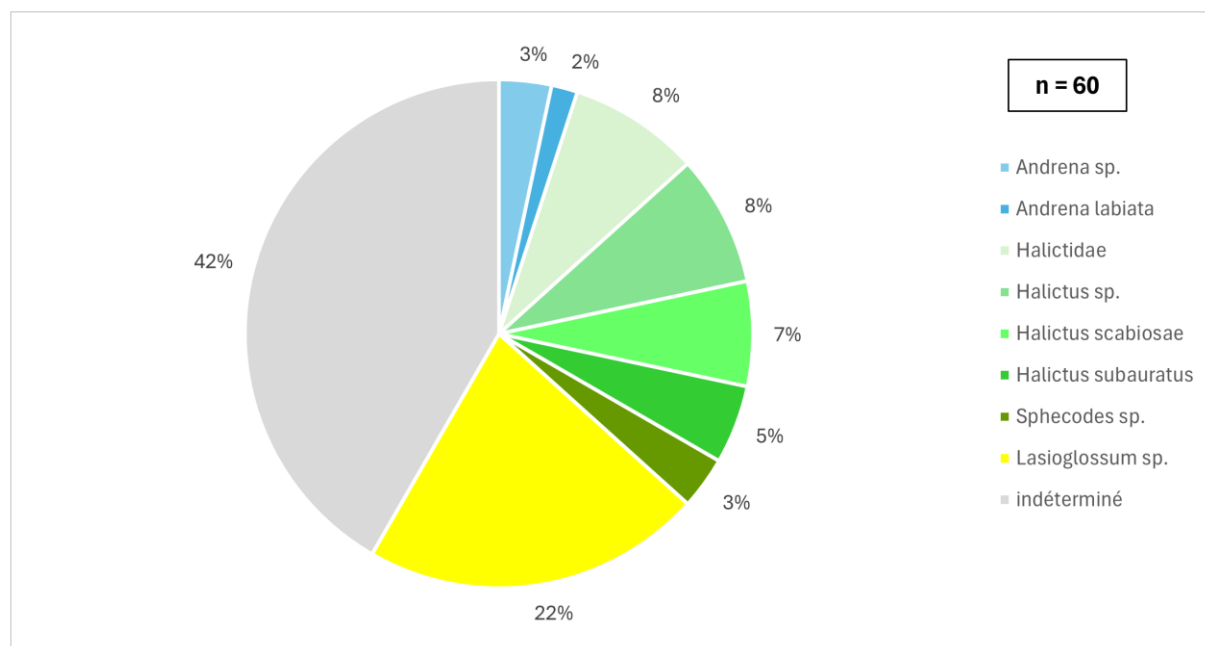
Megachilidae. Cinq pour cent ne sont pas des abeilles terricoles ; 2% sont des abeilles

cleptoparasites des abeilles terricoles (genre *Sphecodes*), 2% sont des Crabronidae et 1% sont des Sarcophagidae, qui est une famille de diptères.

Parmi les Halictidae, le genre le plus représenté est *Halictus* qui représente 24% du total des nids observés à Beaulieu, suivi par *Lasioglossum* avec 16%. Une espèce très présente est *Halictus scabiosae*, qui occupe le 10% des nids trouvés à Beaulieu. Le Sarcophagidae du genre *Metopia* est également un cleptoparasite des abeilles terricoles.

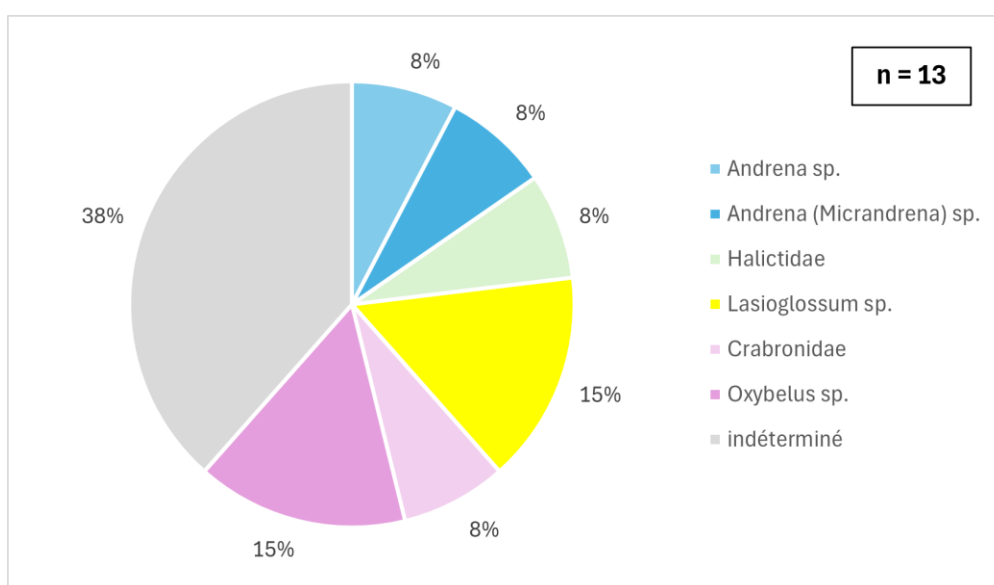
Pour le parc Barton (fig. 9), 42% des individus sont indéterminés et 58% ont pu être identifiés. La famille d'abeilles terricoles la plus représentée est celle des Halictidae qui représente 53 % des nids (50% si on enlève le genre cleptoparasite *Sphecodes*), suivi des Andrenidae avec 5%. Trois pour cent ne sont pas des abeilles terricoles ; ce sont des abeilles cleptoparasites des abeilles terricoles (genre *Sphecodes*). Parmi les Halictidae, le genre le plus représenté est *Lasioglossum* qui représente 22% du total des nids observés, suivi de près par *Halictus* avec 20%. *Halictus scabiosae* est proportionnellement moins présent qu'à Beaulieu mais occupe tout de même le 7% des nids.

Il semble y avoir moins de diversité qu'à Beaulieu ; la famille des Megachilidae n'est pas présente, il n'y a pas de Crabronidae et pas de diptère cleptoparasite. Un individu de la famille des Andrenidae a pu être identifié jusqu'à l'espèce : il s'agit d'*Andrena labiata*. L'assemblage d'espèces est comparable à celui de Beaulieu, avec une proportion semblable de chaque famille, genre et espèce. La communauté de Barton est cependant moins diversifiée que celle de Beaulieu.



**Figure 9 : Abondance relative des espèces, genres ou familles identifiés sur les buttes de Barton en mai 2025. Quarante-deux pour cent des individus n'ont pas pu être identifiés car ils ne sont pas ressortis de leur nid après y être entrés. Les couleurs sont similaires pour les espèces appartenant au même genre, et le code couleur est le même pour les 3 buttes pour permettre une comparaison visuelle. n = nombre total d'individus capturés.**

Pour Plonjon (fig. 10), 38% des individus sont indéterminés et 62% ont pu être identifiés. Les familles les plus représentées sont les Crabronidae avec 23% et les Halictidae avec 23% également, puis les Andrenidae avec 16%. Plonjon abrite la plus grande abondance de Crabronidae parmi les 3 parcs, soit 3 nids, contre 2 à Beaulieu et 0 à Barton. Ceci est remarquable proportionnellement au nombre total de nids de Plonjon ; 23% de nids de Plonjon sont des Crabronidae, contre seulement 2% à Beaulieu et 0% à Barton. *Lasioglossum* est le genre d'Halictidae le plus représenté suivi par *Halictus* avec 8%. Deux individus du genre *Andrena* ont été capturés, dont un du sous-genre *Micrandrena*. Parmi les 3 Crabronidae, 1 n'a pas été déterminé précisément et 2 appartiennent au genre *Oxybelus*, un genre également présent à Beaulieu qui comprend des espèces de guêpes fouisses chasseuses de diptères.



**Figure 10 : Abondance relative des espèces, genres ou familles identifiés sur les buttes de Plonjon en mai 2025. Trente-huit pour cent des individus n'ont pas pu être identifiés car ils ne sont pas ressortis de leur nid après y être entrés. Les couleurs sont similaires pour les espèces appartenant au même genre, et le code couleur est le même pour les 3 buttes pour permettre une comparaison visuelle. n = nombre total d'individus capturés.**

La diversité est donc toute autre à Plonjon que dans les deux autres parcs, les Crabronidae étant autant représentés que les Halictidae. Le genre *Megachile* n'a été trouvé qu'à Beaulieu et le genre *Sphcodes* à Beaulieu et à Barton. Quant au genre *Andrena*, seuls 10 individus ont été trouvés, mais sur toutes les buttes. Sur les buttes HEPIA, plusieurs individus du genre *Andrena* ont été capturés dans la surcreuse.

## 5.2 Résultats de la prospection des nids dans les parcs

Au total, ce sont environ 900 nids qui ont été observés entre le 16 et le 31 mai 2025. Trente-six nouveaux sites de nidification (appelés « points de prospection » dans le cadre de ce travail) ont pu être identifiés. Le statut de nidification a été inclus dans le tableau (tab. 5) suite au travail de terrain. De nombreux trous typiques d'abeilles terrioles ont été trouvés, mais

après les 15 minutes d'observation prévues par le protocole, aucun individu n'était observé. La nidification est « certaine » lorsqu'un individu a été observé sortir ou rentrer dans le trou, la nidification est « probable » lorsque des abeilles sauvages ont été observées volant à moins de 50 cm du trou mais ne pas y rentrer et elle est « possible » si un trou d'abeille terricole a

**Tableau 7 : Liste des nouveaux points de prospection cartographiés en mai 2025 dans les parcs Barton, la Perle du Lac, Mon Repos, Beaulieu, La Grange et Eaux-vives. Les numéros indiqués dans le tableau correspondent aux points de prospection cartographiés (figs. 11-15). La liste commence avec le numéro, qui fait suite au numéro 53 trouvé par De Meris (2024). Le nombre de nids est estimé dans une fourchette (5-10, 10-20, 20-50). La typologie des micro-habitats est conforme à celle établie par Heiniger (2021), avec l'addition du micro-habitat « Gazon exposé tassé » cartographié par De Meris (2024).**

Parc	Code du point de prospection	Date de découverte	Statut de nidification	Micro-habitat	Genre/espèce observé	Nombre de nids
La Grange	54	16.05.2025	certaine	Herbacé extensif exposé	Andrena sp.	20-50
Beaulieu	55	17.05.2025	certaine	Herbacé extensif peu exposé avec buissons	Lasioglossum sp.	10-20
Mon Repos	56	31.05.2025	certaine	Gazon exposé tassé	indéterminé	20-50
	57	18.05.2025	certaine	Gazon exposé tassé	Lasioglossum sp.	20-50
Eaux-vives	58	19.05.2025	certaine	Gazon exposé	indéterminé	10-20
	59	19.05.2025	possible	Cordon clair	indéterminé	1-5
La Grange	60	25.05.2025	probable	Cordon boisé	indéterminé	5-10
	61	25.05.2025	possible	Cordon clair	indéterminé	1-5
	62	25.05.2025	possible	Cordon clair	indéterminé	1-5
Eaux-vives	63	25.05.2025	certaine	Herbacé extensif exposé	Halictus scabiosae et autres Halictidae	5-10
	64	25.05.2025	probable	Herbacé extensif exposé	indéterminé	1-5
Beaulieu	65	27.05.2025	certaine	Haie taillée	indéterminé	1-5
Barton	66	28.05.2025	probable	Gazon ombragé	indéterminé	10-20
	67	28.05.2025	possible	Gazon ombragé	indéterminé	5-10
	68	28.05.2025	probable	Herbacé extensif exposé	indéterminé	1-5
	69	28.05.2025	probable	Herbacé extensif exposé	indéterminé	5-10
	70	28.05.2025	certaine	Herbacé extensif exposé	Lasioglossum sp. et Halictus sp.	20-50
Perle du Lac	71	28.05.2025	certaine	Herbacé extensif exposé	Lasioglossum sp.	10-20
	72	28.05.2025	certaine	Gazon exposé peu géré	Halictus subauratus et autres Halictidae	10-20
Barton	73	28.05.2025	certaine	Herbacé extensif exposé	indéterminé	10-20
	74	29.05.2025	probable	Herbacé extensif exposé	indéterminé	5-10
	75	29.05.2025	probable	Herbacé extensif exposé	indéterminé	1-5
Mon Repos	76	29.05.2025	certaine	Herbacé extensif exposé	indéterminé	5-10
	77	29.05.2025	probable	Gazon exposé	indéterminé	1-5
Barton	78	29.05.2025	possible	Herbacé extensif exposé	indéterminé	1-5
Perle du Lac	79	31.05.2025	probable	Gazon exposé	indéterminé	5-10
Mon Repos	80	31.05.2025	probable	Gazon exposé	indéterminé	1-5
	81	31.05.2025	certaine	Herbacé extensif exposé	indéterminé	10-20
La Grange	82	31.05.2025	certaine	Cordon boisé	indéterminé	10-20
	83	31.05.2025	possible	Cordon boisé	indéterminé	5-10
	84	31.05.2025	certaine	Herbacé extensif exposé	indéterminé	10-20
	85	31.05.2025	certaine	Herbacé extensif exposé	Andrena sp. et Halictidae	20-50
	86	31.05.2025	possible	Cordon boisé	indéterminé	5-10
	87	31.05.2025	possible	Cordon boisé	indéterminé	5-10
	88	31.05.2025	certaine	Gazon exposé peu géré	Lasioglossum sp.	20-50
	89	31.05.2025	probable	Gazon exposé peu géré	indéterminé	10-20
	90	31.05.2025	certaine	Gazon exposé peu géré	Lasioglossum sp.	10-20

été observé, mais qu'aucune abeille sauvage n'a été observée à proximité.

La plupart de ces nouveaux sites possèdent entre 5 et 10 ou 10 et 20 nids. 6 sites possèdent entre 20 et 50 nids. Tous les genres et espèces observés sur ces nouveaux points ont également été observés sur les buttes, et surtout *Lasioglossum* qui a été trouvé sur 6 de ces nouveaux points. Les sites à grande densité se situent dans les parcs La Grange, Mon Repos et Barton. Aucun nouveau point n'a été trouvé dans le parc Moynier. Seulement 2 nouveaux points ont été trouvés dans le parc de Beaulieu et seulement 2 nouveaux points à la Perle du

Lac. Les nouveaux points ont majoritairement été trouvés dans les micro-habitats « herbacé extensif exposé » et « gazon exposé ».

Au sein de ces micro-habitats, sur le terrain, il a été observé que les nids se trouvaient fréquemment le long des chemins d'herbe fauchée (fig. 11), qui sont des lignes fauchées à travers les zones herbacées extensives pour laisser cheminer le public. Les chemins d'herbe fauchée présents lors du travail de terrain ont été cartographiés. Les lignes de désir, ainsi que d'autres zones à faible couverture herbacée (pourtour des bancs, parc à chiens, chemins forestiers) semblaient aussi être très favorables.

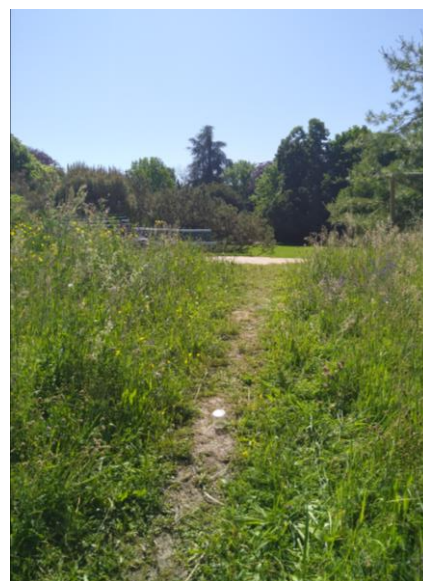


Figure 11 : Chemin d'herbe fauchée au parc la Grange (16.05.25). Dans une zone herbacée extensive, un linéaire d'environ 20 m de long et 1 m de large a été fauché. Il permet aux promeneurs de rejoindre une zone de bancs depuis un chemin goudronné. Le tassement du sol par les promeneurs diminue le recouvrement de la végétation. La densité de nids sur ce linéaire a été estimée entre 20 et 50, et des individus du genre *Andrena* y ont été identifiés à l'aide de boîtes-loupes (centre de l'image). Il s'agit du point de prospection n°54 (fig.14).

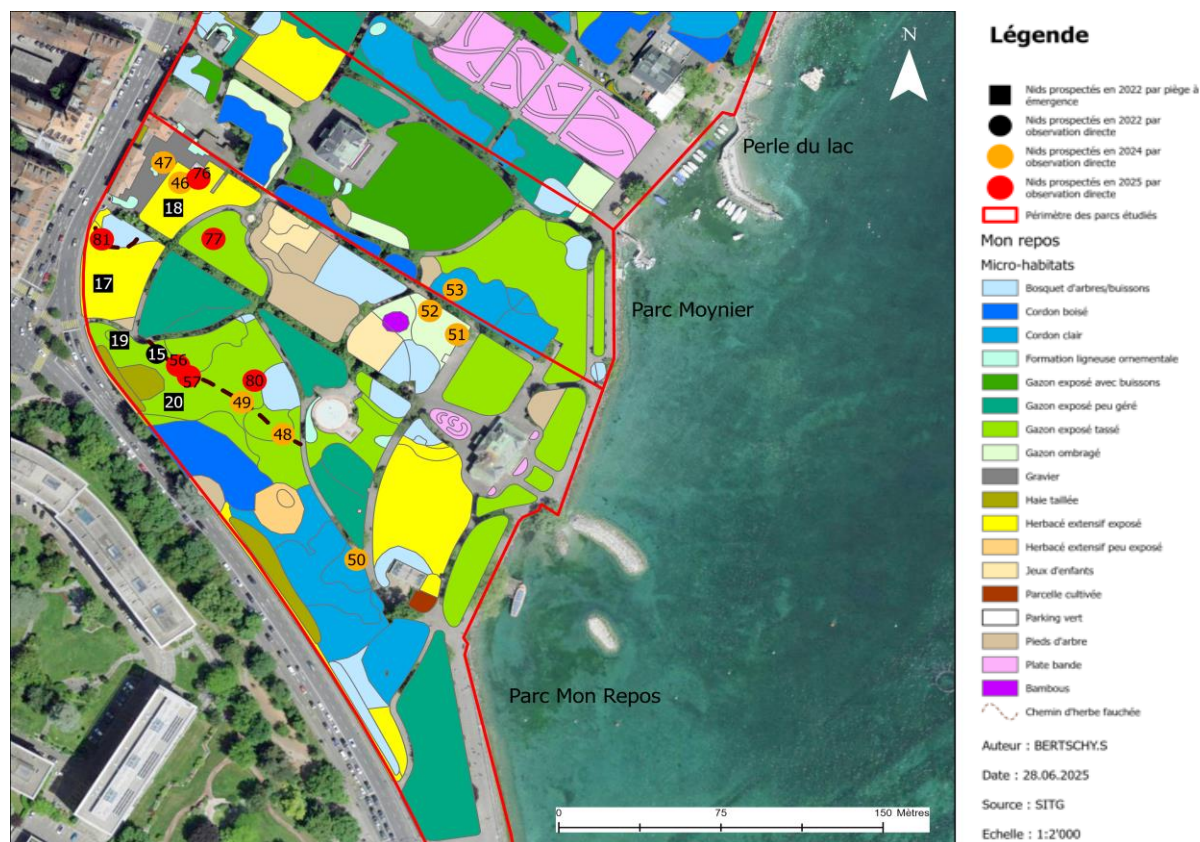


Figure 12 : Cartographie de tous les points prospectés en mai 2025 aux parcs Moynier et Mon Repos. Les carrés noirs sont les sites de pièges à émergence de 2022, les points noirs sont les points de prospection trouvés en 2022, les cercles orange sont les points de prospection trouvés en 2024, les cercles rouges sont les nouveaux points trouvés sur le terrain en mai 2025. Chaque couleur correspond à un type de micro-habitat défini dans la typologie utilisée.

Concernant les points de prospection existants, 12 des 20 sites de pièges à émergence de 2022 possédaient des nids, 8 des 14 points de prospection de 2022 possédaient des nids et 28 des 34 points de prospection de 2024 possédaient toujours des nids. Cependant, le nombre de points de prospection ayant des nids à la nidification « certaine », où l'abeille a été vue rentrer dans son nid, sont peu nombreux ; il y en a 2 sur 20 pour les pièges à émergence, 4 sur 14 pour les points de prospection de 2022, 7 sur 34 pour les points de prospection de 2024 et 18 sur 37 pour les points de prospection de 2025. Les tableaux des sites de pièges à émergence et points de prospection retrouvés ou non sont présents à l'annexe 6.

La nature des micro-habitats présents en 2025 est similaire à celle de 2024. Lors du travail de terrain, il a été remarqué que l'entretien de certaines zones avait changé. Dans le parc La Grange, près du point 54, une zone herbacée extensive exposée a été transformée en pâturage. A Beaulieu, la zone qui était cartographiée en pâturage est désormais un verger, la cartographie a donc été modifiée. De plus, une zone de « gazon exposé avec buissons » de Beaulieu est désormais gérée extensivement : le micro-habitat a été modifié en « herbacé extensif exposé avec buissons ».

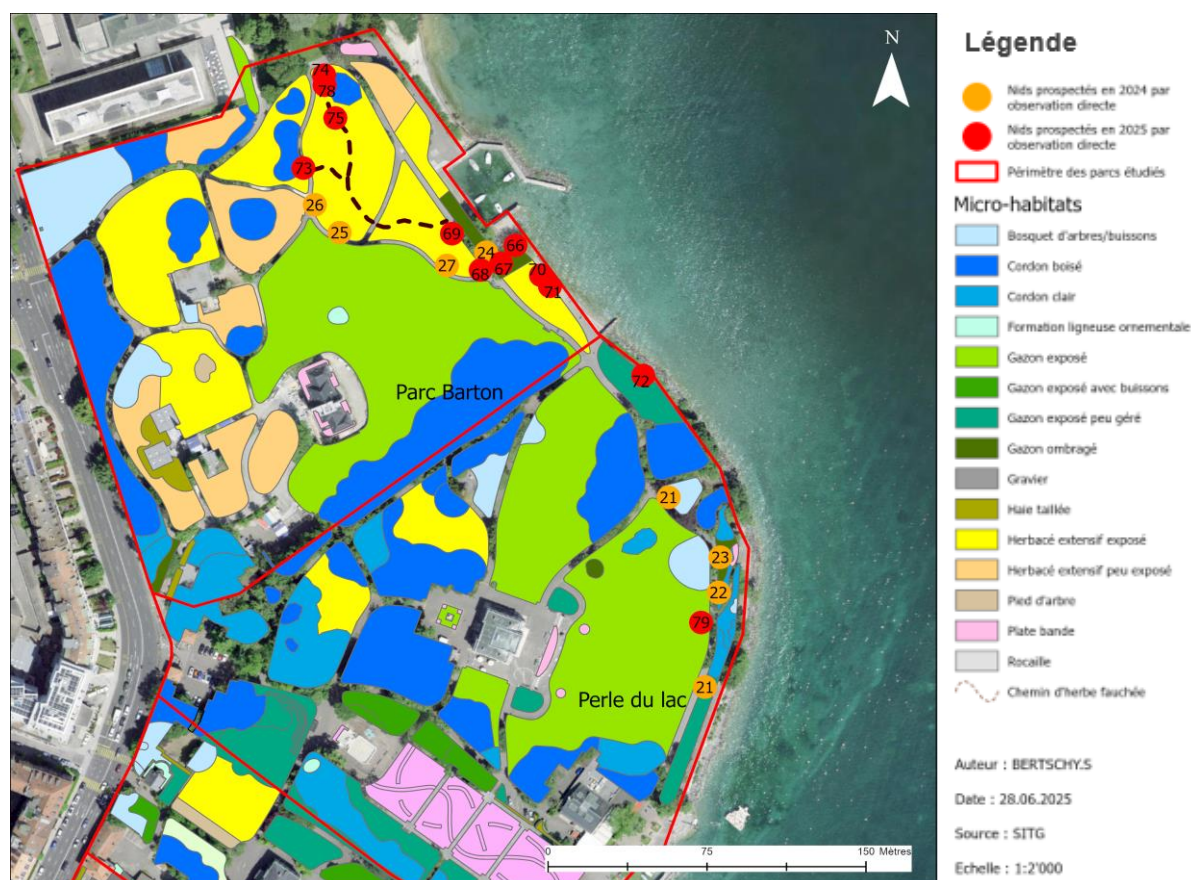


Figure 13 : Cartographie de tous les points prospectés en mai 2025 à la Perle du Lac et au parc Barton. Les cercles orange sont les points de prospection trouvés en 2024, les cercles rouges sont les nouveaux points trouvés sur le terrain en mai 2025. Chaque couleur correspond à un type de micro-habitat défini dans la typologie utilisée.



Figure 15 : Cartographie de tous les points prospectés en mai 2025 au parc La Grange. Les carrés noirs sont les sites de pièges à émergence de 2022, les points noirs sont les points de prospection trouvés en 2022, les cercles orange sont les points de prospection trouvés en 2024, les cercles rouges sont les nouveaux points trouvés sur le terrain en mai 2025. Chaque couleur correspond à un type de micro-habitat défini dans la typologie utilisée.

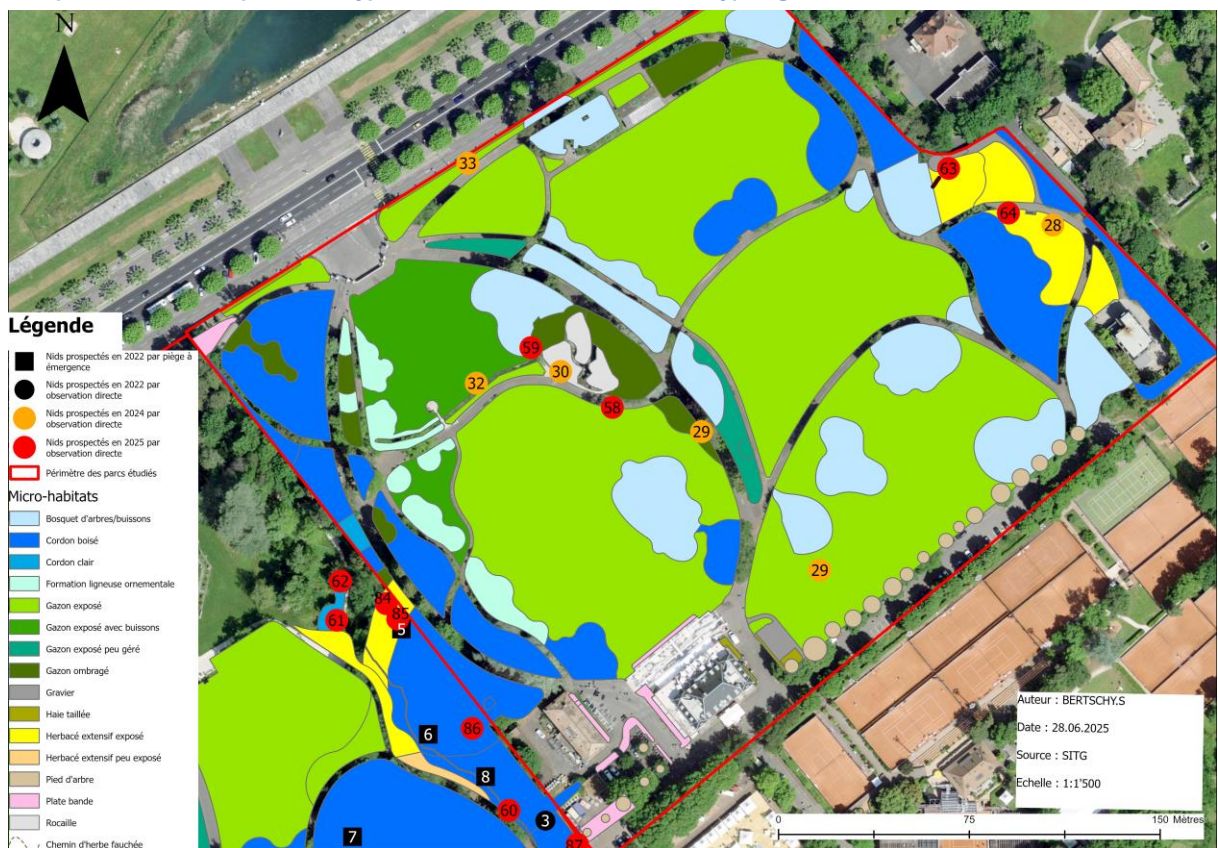


Figure 14 : Cartographie de tous les points prospectés en mai 2025 au parc des Eaux-Vives. Les carrés noirs sont les sites de pièges à émergence de 2022, les points noirs sont les points de prospection trouvés en 2022, les cercles orange sont les points de prospection trouvés en 2024, les cercles rouges sont les nouveaux points trouvés sur le terrain en mai 2025. Chaque couleur correspond à un type de micro-habitat défini dans la typologie utilisée.

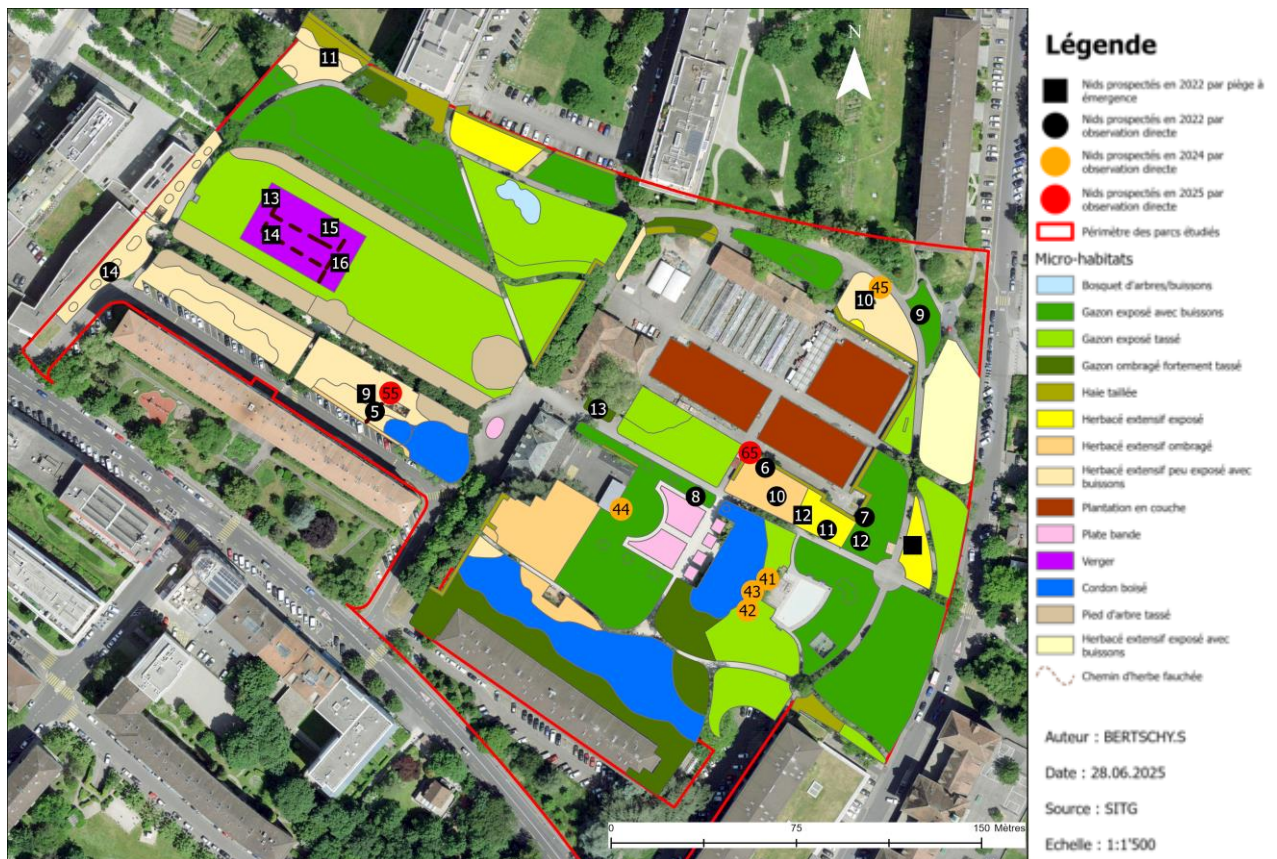


Figure 16 : Cartographie de tous les points prospectés en mai 2025 au parc de Beaulieu. Les carrés noirs sont les sites de pièges à émergence de 2022, les points noirs sont les points de prospection trouvés en 2022, les cercles orange sont les points de prospection trouvés en 2024, les cercles rouges sont les nouveaux points trouvés sur le terrain en mai 2025. Chaque couleur correspond à un type de micro-habitat défini dans la typologie utilisée.

Le nombre estimé de nids trouvés lors des prospections en mai 2025 est de 896. Le parc où le plus grand nombre de nids sont présents est le parc La Grange avec 324 nids, suivi du parc Mon Repos avec 204 nids. Les parcs les moins nidifiés sont le parc Moynier avec 0 nids et le parc des Eaux-Vives avec 25 nids. A noter que pour comparer quel parc est plus nidifié qu'un autre, il faudrait comparer les nombres de nids proportionnellement à la surface des parcs.

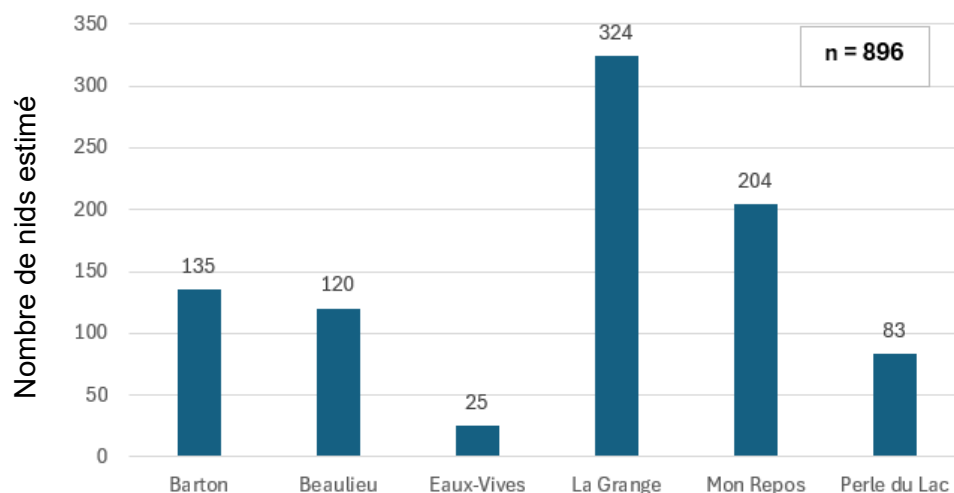
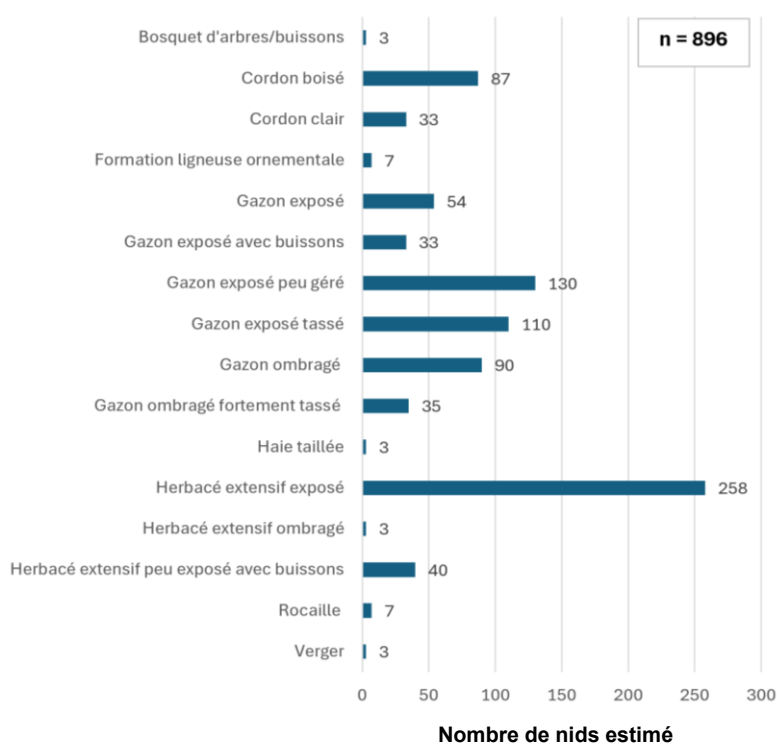


Figure 17 : Diagramme en barres du nombre estimé de nids trouvés lors des prospections. Au-dessus des barres se trouve le nombre de nids trouvés pour le parc en question.

Les micro-habitats possédant le plus de nids sont le « herbacé extensif exposé » avec 258 nids, le « gazon exposé peu géré » avec 130 nids et le « gazon exposé tassé » avec 110 nids (fig. 18). Si on regroupe les sous-types de gazons exposés entre eux, on obtient un total de 327 nids. Si on regroupe tous les sous-types de zone herbacée extensive entre elles, on arrive à 298 nids. Dans les gazons, on remarque que les micro-habitats ombragés comportent nettement moins de nids que les micro-habitats exposés, respectivement 327 et 125. Le constat est le même pour les zones herbacées extensives, avec 258 nids dans les micro-habitats exposés, 40 dans ceux qui sont peu exposés et seulement 13 dans ceux qui sont ombragés.

Les résultats comportent plusieurs différences par rapport aux données de l'année précédente. En juin 2024, aucun nid n'avait été retrouvé sur les sites de pièges à émergence de 2022, alors que 11 sur 20 ont été retrouvés en mai 2025. En juin 2024, des nids avaient été retrouvés pour tous les points de prospection de 2022, alors qu'en mai 2025 seuls 8 sur les 14 ont été retrouvés. Concernant les points de prospection trouvés en juin 2024, des nids ont été trouvés sur 28 des 34 points. Parmi ces 28 points, seuls 7 comportaient un ou plusieurs à nidification « certaine ». Des nids ont été trouvés dans de nouveaux micro-habitats ; 3 dans un bosquet d'arbres/buissons, 3 sous une haie taillée, 3 dans une zone herbacée extensive ombragée et 3 dans le verger de Beaulieu.



**Figure 18 : Diagramme en barres du nombre de nids total observé pour chaque micro-habitat dans les parcs Barton, la Perle du Lac, Moynier, Mon Repos, Beaulieu, La Grange et Eaux-vives.**

### 5.3 Résultats de l'analyse de la température du sol

Afin d'obtenir une représentation visuelle de l'ensemble des données des heatmaps ont été créées pour chaque logger (sauf le logger situé à la surface de la butte Lyonnaise de Barton qui n'a pas fonctionné). Les analyses réalisées en parallèle ont montré que sur chaque butte, le logger en surface et le logger à 15 cm de profondeur étaient similaires. En comparant les heatmaps des loggers situés à 15 cm de profondeur sur les buttes de type HEPIA à ceux des buttes de type Lyonnaise à Beaulieu (fig. 19), on remarque que les variations de température sont similaires. Cependant, les buttes HEPIA ont une meilleure inertie thermique que les buttes Lyonnaise, c'est-à-dire que les buttes HEPIA se réchauffent et se refroidissent plus lentement que les buttes Lyonnaise. Ceci se remarque par le nombre plus important de cases blanches dans les heatmaps des buttes de type Lyonnaise, la couleur blanc correspondant au point médian de la plage de valeurs de chaque heatmap. Sur les buttes Lyonnaise, dès 19h environ, la température commence à diminuer, alors qu'elle reste stable jusqu'à environ 22h sur les buttes HEPIA.

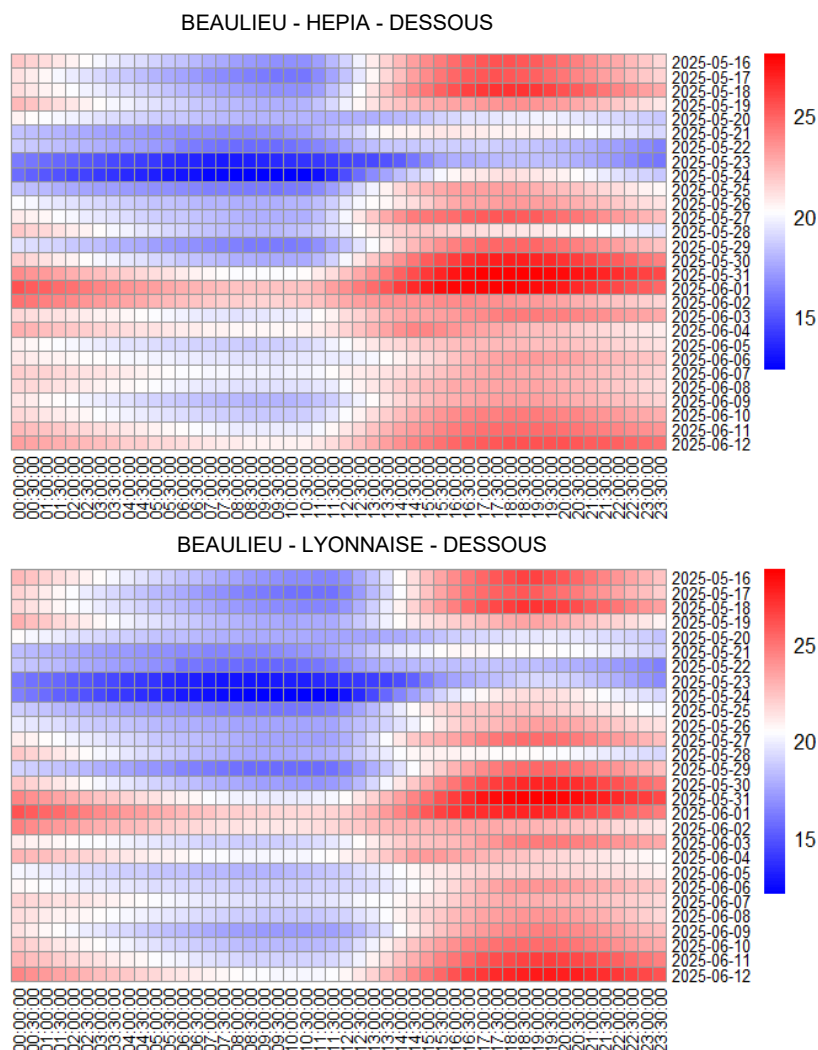


Figure 19 : Heatmaps des deux loggers situés à 15 cm sous la surface du sol des buttes du parc de Beaulieu. Chaque ligne est un jour, du 16 mai au 12 juin compris, et chaque colonne est une donnée par demi-heure.

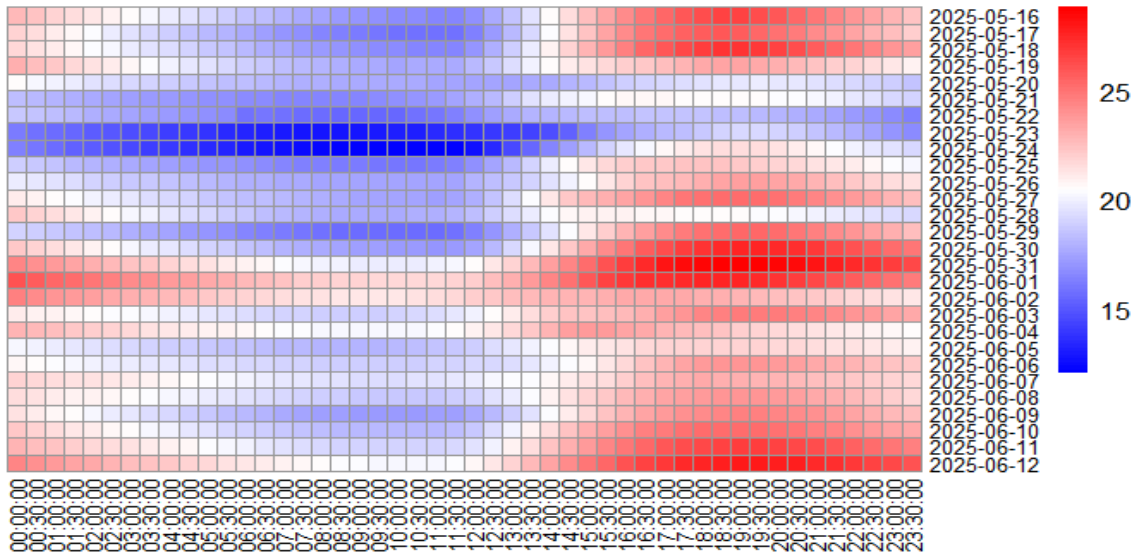
Les heatmaps sont également comparées entre les parcs avec l'exemple des températures à 15 cm sous la surface pour les buttes Lyonnaise des trois parcs (fig. 20). Tout de suite, on remarque une différence rien qu'en observant l'échelle de couleur des trois heatmaps : l'échelle de couleur pour Plonjon est définie pour une plage de valeurs entre 15°C et 35°C, alors que celle-ci est définie pour une plage de valeurs beaucoup plus restreinte dans les deux autres parcs, où elle est entre 15°C et 25°C.

A Beaulieu, les températures les plus élevées au cours de la journée se situent entre 17h et 21h, la température pouvant dépasser les 25°C durant ces heures-ci. On remarque que les températures restent plus stables dans le temps qu'à Barton et à Plonjon. Entre minuit et midi, les températures sont aussi visiblement plus élevées à Beaulieu que dans les deux autres parcs.

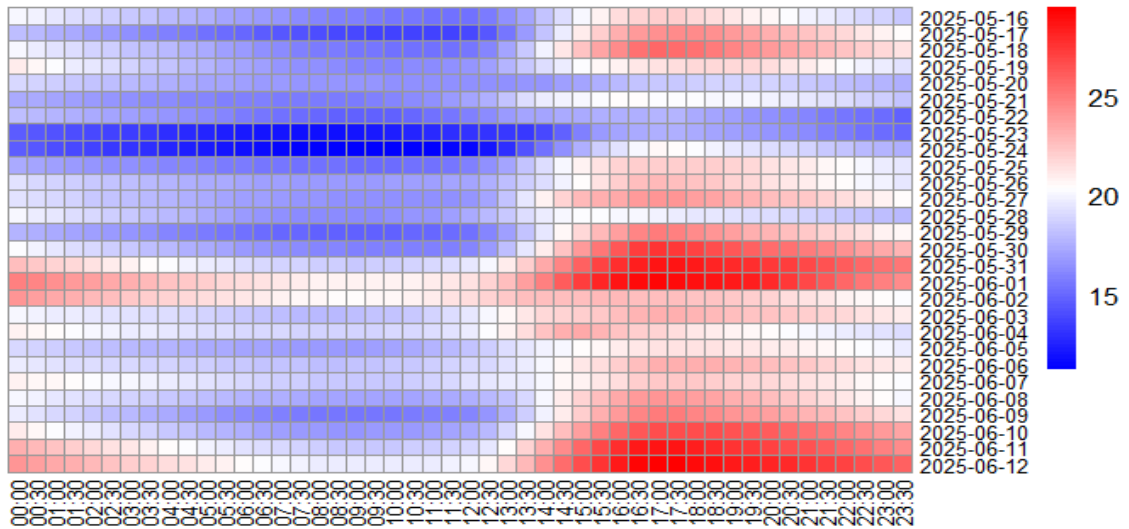
A Barton, les températures sont plus élevées qu'à Beaulieu durant l'après-midi, mais elles sont également plus basses la nuit. De plus, les variations de température sont moins « lissées » dans le temps qu'à Beaulieu. Le soir, la température commence à chuter autour des 20 heures, alors la température à Beaulieu ne diminue qu'à partir de 22 heures.

Plonjon enregistre les maxima de température les plus élevés. La température a atteint les 35 degrés plusieurs jours de suite. A Plonjon, les températures sont les plus élevées entre 17 heures et 19 heures. Les températures les plus basses se situent entre 7 heures et 11 heures, sur une plage horaire de 4 heures durant laquelle la température stagne. En comparaison à Barton, Plonjon semble avoir une inertie thermique encore moins bonne, en plus d'avoir des températures maximales plus élevées.

BEAULIEU - LYONNAISE - DESSOUS



BARTON - LYONNAISE - DESSOUS



PLONJON - LYONNAISE - DESSOUS

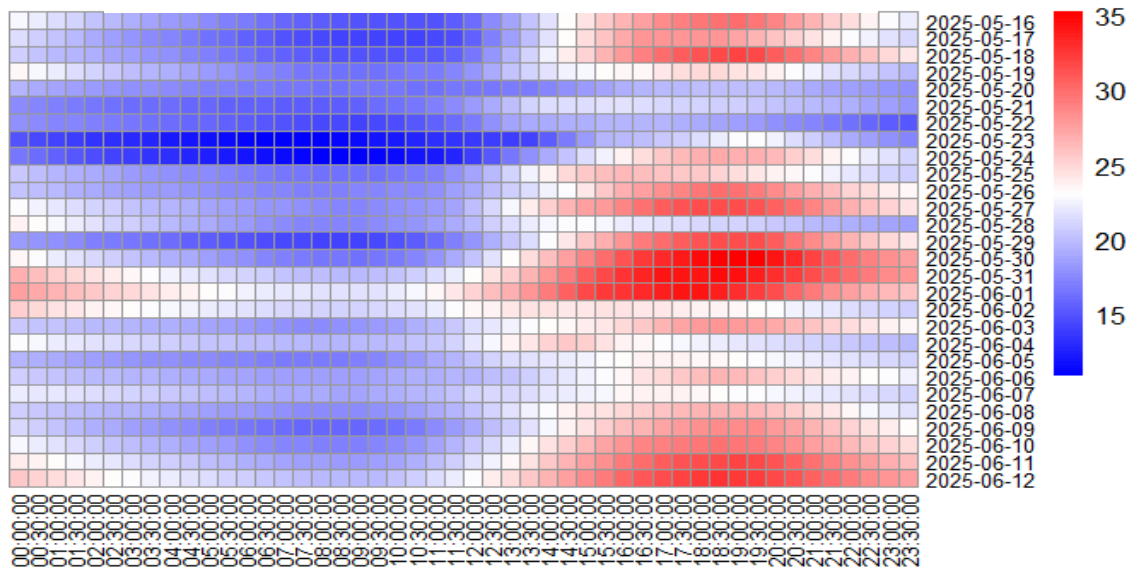
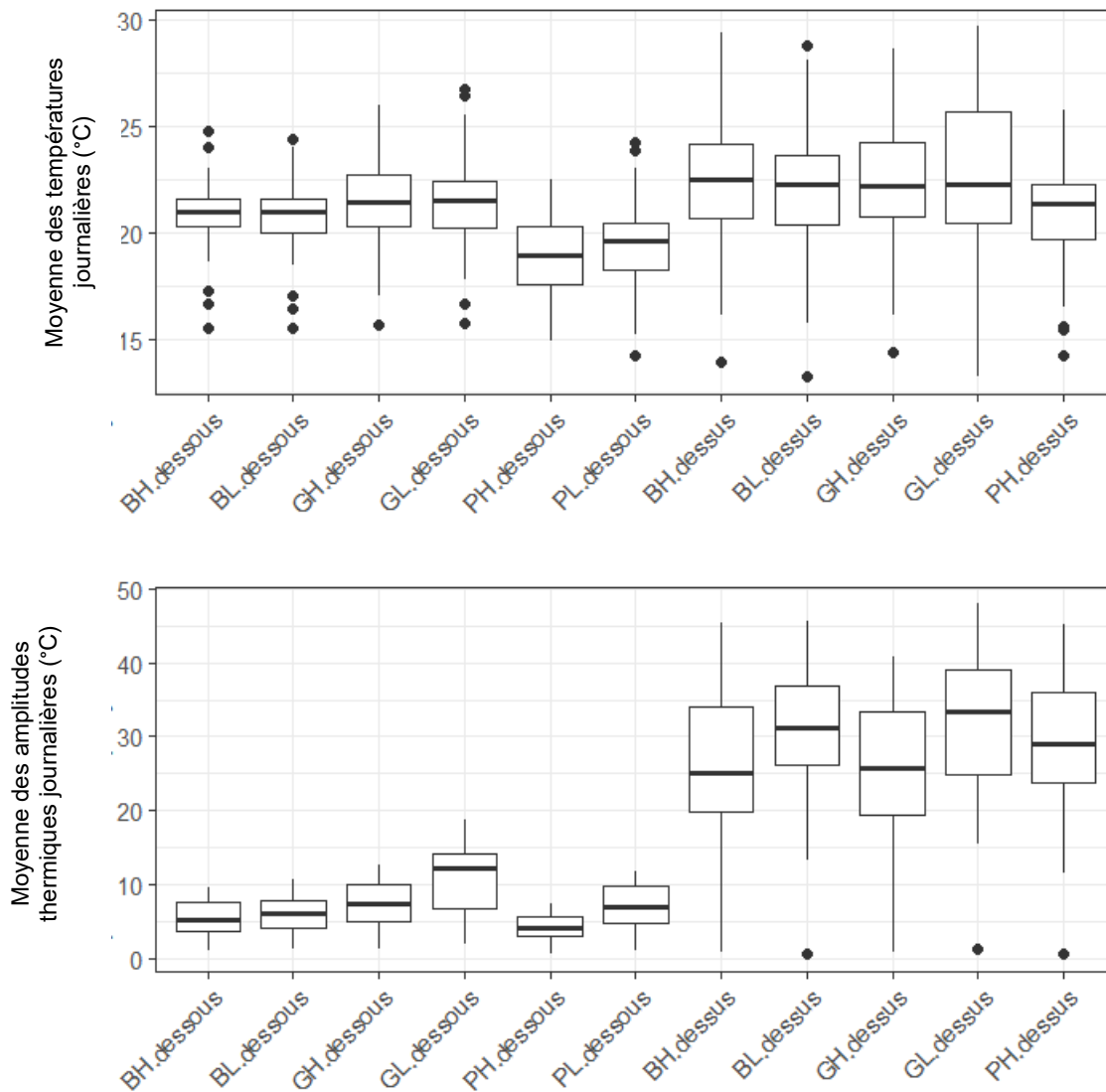


Figure 20 : Heatmaps des trois loggers situés à 15 cm sous la surface du sol des buttes Lyonnaise. Chaque ligne est un jour, du 16 mai au 12 juin compris, et chaque colonne est une donnée par demi-heure.



**Figure 21 : Boîtes à moustaches représentant la moyenne des températures journalières pour chaque logger (graphe du haut) et la moyenne des amplitudes thermiques journalières (graphe du bas). L'amplitude thermique journalière est la différence entre le maximum de température journalier et le minimum de température journalier. Les légendes sont les suivantes ; la première lettre signifie le parc (B pour Beaulieu, G pour Plonjon et P pour Barton), la deuxième lettre signifie le type de butte (H pour HEPIA, L pour Lyonnaise), « dessous » signifie que le logger est à 15 cm sous le sol, « dessus » signifie que le logger est posé horizontalement à la surface du sol. Les boîtes représentent l'intervalle interquartile, la ligne dans la boîte est la médiane, les points sont les valeurs aberrantes et les moustaches s'étendent jusqu'aux valeurs maximales et minimales.**

Pour les boîtes à moustaches représentant la moyenne des moyennes de température journalière de chaque logger (fig. 21), on remarque que la température moyenne des loggers est plus élevée à la surface du sol que sous le sol, ce qui est prévisible. Les prochaines descriptions décrivent les données des loggers présents sous le sol. Ensuite, on remarque que les boîtes à moustaches sont très similaires pour les buttes situées au sein d'un même parc. Les boîtes de Beaulieu ont une valeur moyenne similaire à celles de Plonjon ; à Beaulieu 21,3°C pour la butte HEPIA et 21,2°C pour la butte Lyonnaise, à Plonjon 22,0°C pour la butte HEPIA et 21,8°C pour la butte Lyonnaise. Les buttes de Barton ont quant à elles une valeur

moyenne moins élevée, avec une moyenne de 19,1 pour la butte HEPIA et de 19,8 pour la butte Lyonnaise.

Concernant les boîtes à moustache de moyenne des amplitudes thermiques journalières (fig. 21), on remarque visuellement une grande différence entre les données récoltées sous le sol et les données récoltées en surface, ce qui n'était pas visible sur le graphe précédent. Pour les loggers de surface, les amplitudes thermiques sont en moyenne plus élevées sur les buttes Lyonnaise que sur les buttes HEPIA. Les valeurs d'amplitude thermique moyenne mesurée à 15 cm sous le sol diffèrent selon le type de butte et selon les parcs. A Beaulieu, elle est de 5,53°C pour la butte HEPIA et de 6,31°C pour la butte Lyonnaise. A Barton, elle est de 4,33°C pour la butte HEPIA et de 6,87°C pour la butte Lyonnaise. A Plonjon, elle est de 7,47°C pour la butte HEPIA et de 10,42°C pour la butte Lyonnaise. L'amplitude thermique journalière est donc en moyenne plus importante sur les buttes Lyonnaise que sur les buttes HEPIA. Les buttes où l'amplitude thermique journalière est en moyenne plus élevée sont donc la butte Lyonnaise de Plonjon, suivie de la butte HEPIA de Plonjon, suivie de la butte Lyonnaise de Barton et de la butte Lyonnaise de Beaulieu.

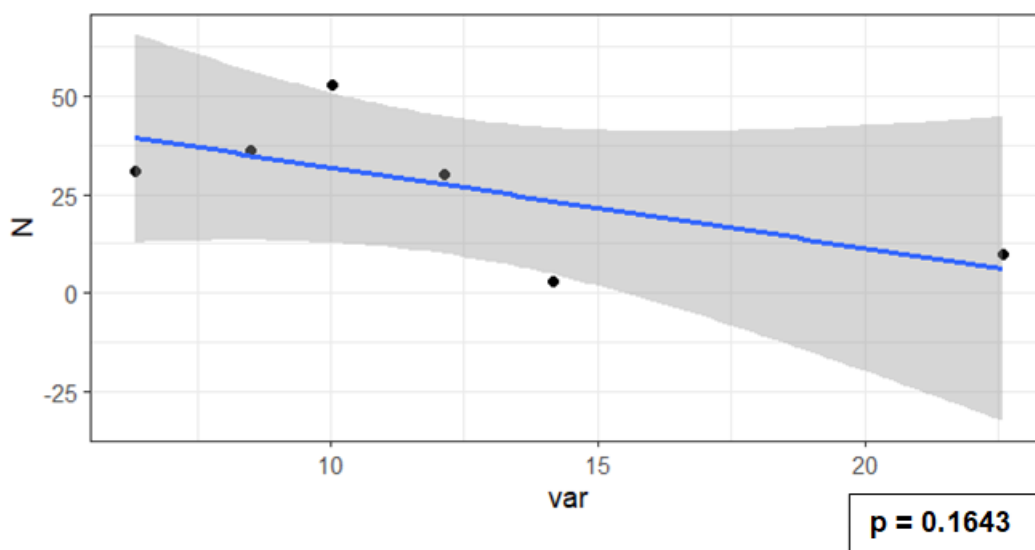


Figure 22 : Régression linéaire entre l'abondance de nids trouvés sur chaque butte (N) et la moyenne des variances journalières de température (var) des loggers de température enfoncés à 15cm sous le sommet de chaque butte. L'axe des ordonnées représente le nombre de nids et l'axe des abscisses représente la moyenne des variances journalières de température. La p-value = 0,1643 : elle est supérieure à 0,05, il n'y a donc pas de relation significative entre l'abondance de nids sur les buttes et la variable thermique étudiée.

Les régressions linéaires effectuées pour tenter d'expliquer la relation entre les variables thermiques et l'abondance de nids sur les buttes n'a pas donné de résultats significatifs. Toutes les régressions linéaires effectuées sont présentes à l'annexe 8. La p-value obtenue qui est la plus proche de 0,05 est  $p = 0,1643$ , qui a été obtenue pour la régression entre l'abondance de nids sur les buttes et la moyenne des variances journalières de température des loggers à 15 cm sous le sol (fig. 22). Sans aucune certitude, on peut tout de même

observer une tendance qui montre que plus les buttes ont une moyenne des variances journalières élevée, plus le nombre de nids observés est faible.

#### 5.4 Résultats des analyses physico-chimiques

Le récapitulatif des analyses physico-chimiques est présenté au tableau 6. Les données sont similaires entre les buttes dans le même parc, mais de légères différences de texture sont visibles. Les densités les plus élevées sont relevées sur les points 13 avec 1,46 g/cm<sup>3</sup>, sur le point 55 avec 1,38 g/cm<sup>3</sup> et sur le point 51 avec 1,37 g/cm<sup>3</sup>. Les buttes de Plonjon sont les buttes au sol le plus dense, avec 1,4 g/cm<sup>3</sup> pour la butte HEPIA et 1,36 g/cm<sup>3</sup> pour la butte Lyonnaise. Parmi tous les sols analysés, ceux des buttes de Barton sont les moins denses, avec 1,05 g/cm<sup>3</sup> pour la butte HEPIA et 1,06 g/cm<sup>3</sup> pour la butte Lyonnaise. La densité est similaire entre les buttes d'un même parc, ce qui confirme la fiabilité de ces données qui ont été complexes à obtenir. Le sol des buttes est supposé moins dense que sur les points de prospection, qui pour beaucoup se trouvent à proximité de chemins ou d'autres zones tassées par le passage du public. C'est effectivement le cas pour Beaulieu et Barton, mais pas pour Plonjon. Comme pour l'abondance de nids et la diversité générique des individus, le site de Plonjon possède des données différentes des deux autres parcs.

Ce sont les buttes de Barton qui ont le plus haut taux de matière organique avec 6,56 % pour la butte HEPIA et 5,41 % pour la butte Lyonnaise. Les plus hauts taux de matière organique sont relevés sur le point 32 aux Eaux-vives avec 8,2 % et au point 54 à La Grange avec 7,67%. Les sols ayant le moins de matière organique sont ceux de Plonjon, avec 3 % pour la butte HEPIA et 3,71 % pour la butte Lyonnaise.

**Tableau 8 : Tableau récapitulatif des analyses physico-chimiques. Les 14 échantillons sont regroupés par proximité géographique. Les échantillons proviennent ont été pris sur les buttes et sur des points de prospection contenant des nids actifs. La localisation du lieu de prélèvement de l'échantillon est indiquée pour chacun d'eux. Pour la densité et la MO, plus la valeur est élevée et plus la couleur de la cellule est foncée. Pour le pH, plus la couleur est bleue plus le pH est alcalin (pH>7) et plus la couleur est rouge plus le pH est acide (pH<7). Les valeurs de texture ont été analysées à l'aide du triangle de texture USDA pour déterminer la classe texturale de chaque échantillon. Le nombre de nids trouvés sur les buttes/points de prospection est noté pour observer quelle est la physico-chimie des points ayant le plus ou le moins de nids. Un nombre exact est noté pour les buttes et une fourchette de valeurs est notée pour les points de prospection. Dans la colonne localisation, les numéros des points correspondent aux numéros des points des figures 11 à 15.**

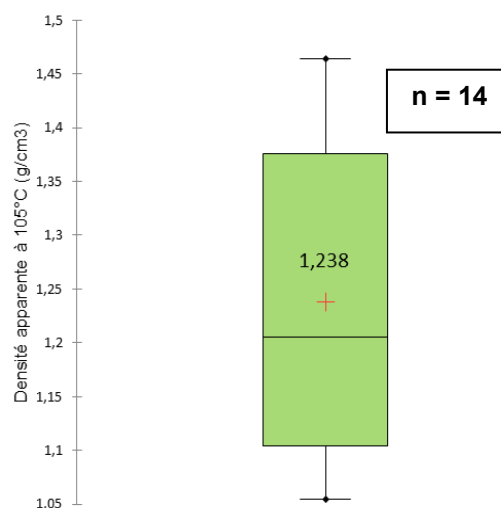
Parc	Localisation	Densité (g/cm <sup>3</sup> )	MO (%)	pH	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)	Classe texturale	Nombre de nids exact (buttes)	Nombre de nids estimé (points)
Beaulieu	Butte Lyonnaise	1,21	3,58	7,74	17,98	29,3	52,96	Limon	51	-
Beaulieu	Butte HEPIA	1,2	4,99	7,37	22,72	28,02	48,89	Limon	37	-
Beaulieu	Point 55	1,38	5,96	7,22	20,43	25,39	53,83	Limon argilo-sableux	-	10-20
Beaulieu	Point 13	1,46	4,94	5,69	28,09	39,71	32,55	Limon argileux	-	20-50
Barton	Butte Lyonnaise	1,06	5,41	6,97	24,41	32,64	41,37	Limon	30	-
Barton	Butte HEPIA	1,05	6,56	6,39	26,57	33,98	38,1	Limon argileux	30	-
Perle du Lac	Point 72	1,12	7,66	7,28	27,43	32,22	37,71	Limon argileux	-	10-20
Mon Repos	Point 51	1,37	4,76	7,54	29,08	34,52	36,29	Limon argileux	-	5-10
Mon Repos	Point 56	1,31	4,82	7,43	23,85	32,18	42,34	Limon	-	10-20
Plonjon	Butte Lyonnaise	1,36	3,71	7,55	19,05	29,86	50,36	Limon	10	-
Plonjon	Butte HEPIA	1,4	3	7,43	18,78	37,24	43,84	Limon	3	-
Eaux-vives	Point 32	1,09	8,2	7,36	26,92	33,5	38,58	Limon argileux	-	5-10
La Grange	Point 85	1,16	6,4	7,41	26,81	32,32	40,95	Limon argileux	-	20-50
La Grange	Point 54	1,36	7,67	6,83	22,17	26,67	51,71	Limon argilo-sableux	-	20-50

Le sol au pH le plus élevé est celui de la butte Lyonnaise de Beaulieu, avec une valeur de 7,74. La majorité des sols analysés sont alcalins ( $\text{pH} > 7$ ). Le sol le plus acide est celui du point 13 de Beaulieu, avec un pH de 5,69. Comme pour le taux de matière organique, on remarque que la valeur de pH peut varier au sein des parcs, comme à Beaulieu où les valeurs de pH varient entre 5,69 et 7,74.

Les sols contenant la plus grosse part d'argile sont ceux du point 51 à Mon Repos avec 29,08% et du point 13 à Beaulieu avec 28,09%. La part d'argile des sols étudiés varie entre 17,98% et 29,08%. Les sols les plus limoneux sont les sols du point 13 de Beaulieu avec 39,71% et de la butte HEPIA de Plonjon avec 37,24%. La part de limon des sols étudiés varie entre 25,39% et 39,71%. Les sols les plus sableux sont ceux du point 55 de Beaulieu avec 53,83% et de la butte Lyonnaise de Beaulieu avec 52,96%. La part de sable des sols étudiés varie entre 32,55% et 53,83% : la part de sable varie beaucoup plus d'un sol à l'autre que la part d'argile ou de limon.

Les sols des buttes appartiennent à la classe texturale « Limon », sauf le sol de la butte HEPIA qui est un « Limon argileux ». Pour les points de prospection, on retrouve 5 sols de type « Limon argileux », 2 de type « Limon argilo-sableux » et 1 de type « Limon ». La texture varie donc elle aussi au sein des parcs et entre les parcs, mais les sols appartiennent tout de même tous à la même catégorie qui est celle des « Limons » (loams en anglais) (*Soil Texture Calculator | Natural Resources Conservation Service, 2025*).

Si on observe plus précisément les valeurs de densité à l'aide d'une boîte à moustaches (fig. 23), on remarque qu'elles varient peu entre elles. En effet, en Suisse, la densité apparente sèche du sol peut varier entre  $0,5 \text{ g/cm}^3$  (sol poreux à forte activité biologique) et  $2 \text{ g/cm}^3$  (horizon minéral compact) (*GLOBE-SWISS: Sol, 2020*). La densité apparente sèche des échantillons prélevés est en moyenne de  $1,24 \text{ g/cm}^3$ , ce qui se rapproche de la densité d'un sol agricole travaillé (Marshall et al., 1996). La valeur maximale est de  $1,47 \text{ g/cm}^3$  et la valeur minimale est de  $1,06 \text{ g/cm}^3$ .



**Figure 23 : Boîte à moustaches montrant la distribution des données de densité apparente sèche à 105°C des échantillons. La ligne à l'intérieur de la boîte représente la médiane et la croix la moyenne. La valeur de la moyenne est notée au-dessus de la croix. Les moustaches s'étendent aux minima et aux maxima. L'écriture « n » correspond au nombre d'échantillons analysés.**

## 5.5 Analyse en composantes principales des valeurs physico-chimiques et thermiques

Deux analyses en composantes principales ont été effectuées. La première vise à mettre en évidence les paramètres physico-chimiques et thermiques qui expliquent le plus la variation de nids observés sur les différentes buttes (figs. 24 et 25). La deuxième vise à mettre en évidence les paramètres physico-chimiques qui expliquent le plus la variation de nids observés sur les buttes et les points de prospection (annexe 9). Le cercle de corrélation (fig. 24) comprend 6 variables physico-chimiques et 5 variables thermiques. L'axe Dim1 représente 65,81% de la variance dans les 11 variables. L'axe vertical Dim2 représente seulement 18,6% de la variance parmi les variables. Les flèches les plus longues sont celles dont les variables sont les mieux représentées par les axes et qu'il est possible d'interpréter. Parmi celles-ci, on retrouve surtout celles de la proportion d'argile et du taux de matière organique qui montrent une forte corrélation positive avec Dim1. Cependant, les flèches de la moyenne des moyennes de température journalières et de la densité apparente sèche montrent une forte corrélation négative avec Dim1. Les flèches du pH et de la moyenne des maxima de température journaliers montrent aussi une corrélation négative avec Dim1. La flèche de la moyenne des minima de température journaliers est négativement corrélée à Dim2. Les flèches de la moyenne des variances journalières de température, de la moyenne des amplitudes journalières de température et de la moyenne des maxima journaliers de température sont proches les unes des autres. Cela signifie qu'une corrélation positive existe entre ces variables thermiques.

Si on observe les variables physico-chimiques, on remarque que les flèches de la proportion d'argile et du taux de matière organique sont très proches. Elles montrent donc non seulement une forte corrélation positive avec Dim1, mais elles sont également positivement corrélées entre elles. Ces deux flèches sont quasiment opposées aux flèches du pH et de la densité apparente. Ces dernières sont corrélées négativement à Dim1, mais sont corrélées positivement entre elles. Sur la projection du nuage de points (fig. 25), on remarque que les buttes qui sont dans le même parc ont des points qui sont rapprochés. Les paires de points sont éloignées les unes des autres. Les points des buttes de Plonjon se situent dans le cadran nord-ouest, ce qui signifie que ces buttes ont en moyenne le plus de variance journalière de température, d'amplitude thermique journalière et les maxima journaliers les plus hauts. Ce sont donc les buttes où les températures les plus élevées ont été enregistrées, où la température varie le plus dans la journée et aussi où le sol est le plus dense. Les buttes de Barton sont celles qui ont le plus haut taux de matière organique, la plus grande proportion d'argile et la température moyenne mensuelle la plus basse. Les buttes de Beaulieu sont celles où les minima de température journaliers sont en moyenne les plus bas, et où la proportion de sable est la plus importante.

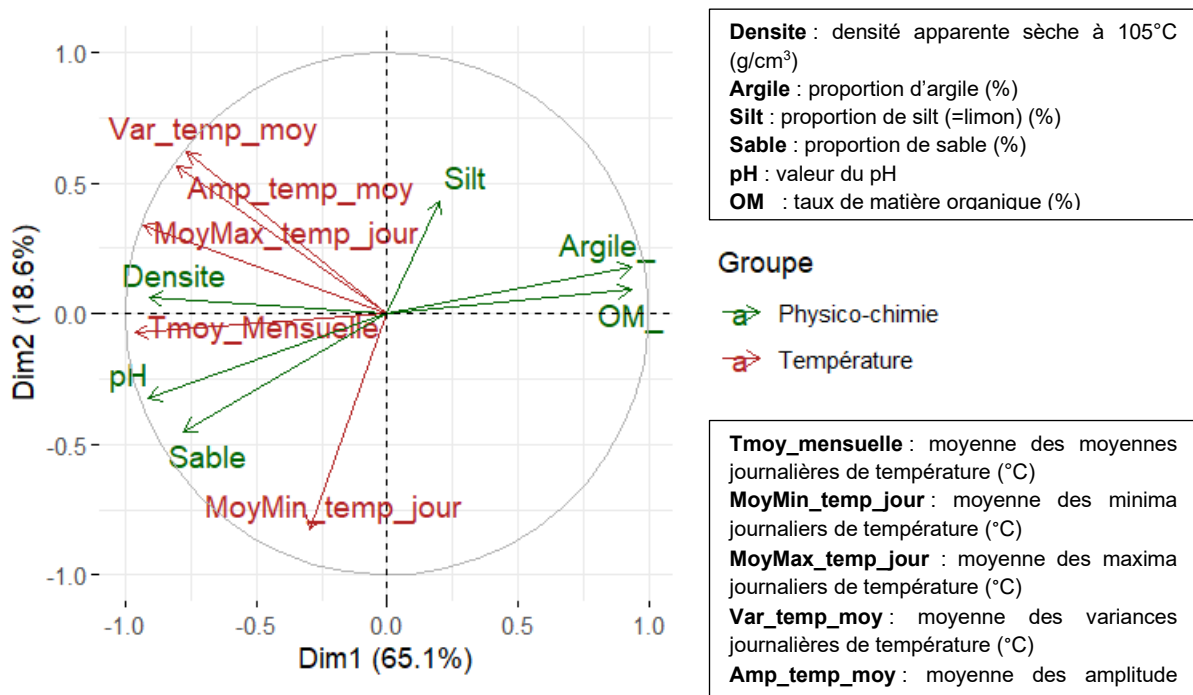


Figure 24 : Cercle de corrélation des variables qui illustre comment les variables physico-chimiques (en vert) et thermiques (en rouge) se répartissent sur les deux axes factoriels principaux de l'ACP. Ces axes sont issus d'une synthèse entre les variables de l'analyse. Une abréviation du nom de chaque variable est noté à côté de chaque flèche. Les abréviations sont explicitées dans les encadrés de légende à droite du cercle. Dim1 est l'axe principal : les flèches longues et proches de cet axe représentent les variables qui contribuent fortement à ce gradient principal. Cet axe explique 65,1% de la variance totale des variables mesurées. Dim2 est l'axe secondaire : les flèches longues et proches de l'axe sont celles qui contribuent le plus à ce gradient secondaire. Cet axe explique 18,6% de la variance totale des variables mesurées. Les angles entre les flèches indiquent leur degré de corrélation mutuelle.

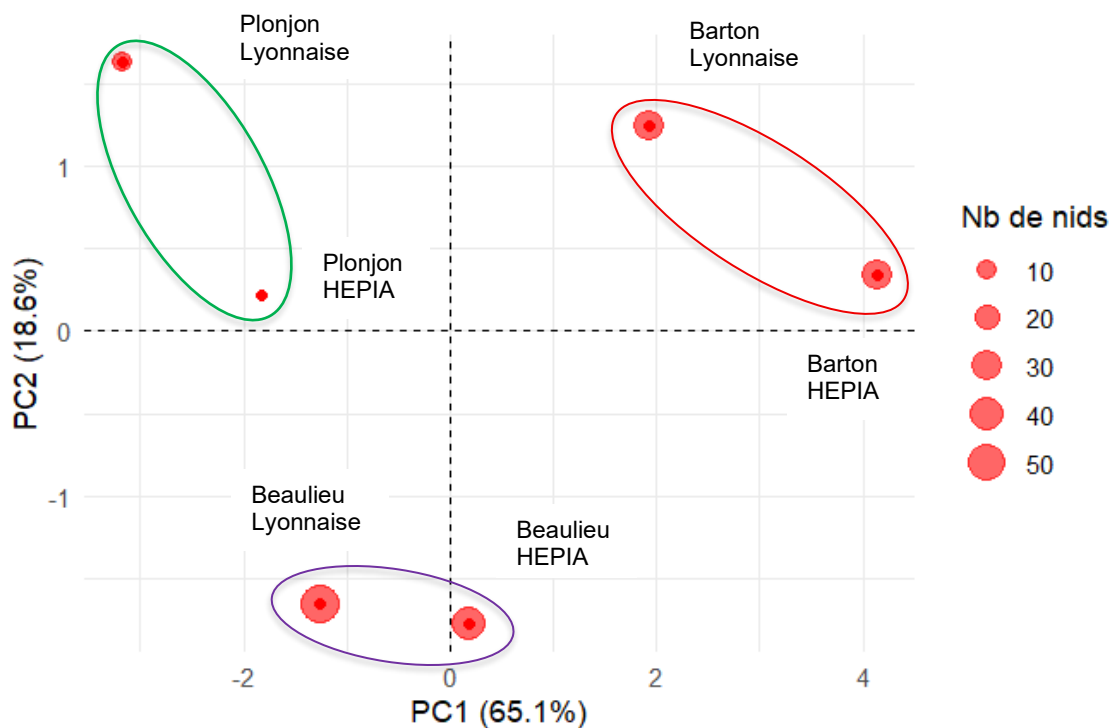


Figure 25 : Nuage de points projeté sur les deux principaux axes factoriels. L'axe PC1 correspond à l'axe Dim1 du cercle de corrélation (voir figure 21) et l'axe PC2 correspond à l'axe Dim2 du cercle de corrélation. Chaque point représente l'abondance totale de nids sur une butte, et la taille du point est proportionnelle au nombre de nids. La position des points sur le graphe est directement liée à leurs valeurs pour chacune des variables du cercle de corrélation. Le parc et le type de butte sont notés à côté du point.

## 5.4 Résultats des relevés de végétation

Les résultats de relevés montrent qu'il y a moins d'espèces sur les buttes Lyonnaise que sur les buttes HEPIA (tab. 7). Les listes d'espèces sont aussi différentes entre les parcs. La butte comptant le plus d'espèces est la butte HEPIA de Plonjon avec 19 espèces relevées et la butte comptant le moins d'espèces est la butte Lyonnaise de Barton avec 6 espèces. De manière générale, il a été observé que l'espèce ayant le plus important recouvrement sur toutes les buttes est *Convolvulus arvensis*, sauf à Barton où *Digitaria sanguinalis* est aussi très représentée. Aucune espèce n'est présente sur la liste rouge fédérale (OFEV, 2016). La seule espèce exotique envahissante présente, selon la liste des néophytes envahissantes et potentiellement envahissantes de Suisse (Info Flora, 2021), est *Erigeron annuus* qui a été relevée sur la butte HEPIA de Barton.

**Tableau 9 : Liste non-exhaustive des espèces de plantes vasculaires observées sur les buttes en mai 2025.**

Beaulieu		Barton		Eaux-vives	
Butte lyonnaise	Butte HEPIA	Butte lyonnaise	Butte HEPIA	Butte lyonnaise	Butte HEPIA
<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Achillea millefolium</i> aggr.	<i>Cerastium glomeratum</i>	<i>Achillea millefolium</i> aggr.
<i>Conyza canadensis</i>	<i>Conyza canadensis</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>	<i>Amaranthus</i> sp.	<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Bellis perennis</i>
<i>Digitaria sanguinalis</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>	<i>Geranium</i> sp.	<i>Bellis perennis</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>	<i>Cerastium glomeratum</i>
<i>Hypochaeris radicata</i>	<i>Geranium</i> sp.	<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Chenopodium album</i> aggr.	<i>Geranium</i> sp.	<i>Convolvulus arvensis</i>
<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Oxalis</i> sp.	<i>Veronica filiformis</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Oxalis</i> sp.	<i>Daucus carota</i>
<i>Veronica arvensis</i>	<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Veronica</i> sp.	<i>Digitaria sanguinalis</i>	<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>
<i>Veronica</i> sp.	<i>Plantago major</i> subsp. major		<i>Erigeron annuus</i>	<i>Ranunculus</i> sp.	<i>Geranium dissectum</i>
	<i>Polygonum aviculare</i> aggr.		<i>Geranium molle</i>	<i>Veronica filiformis</i>	<i>Geranium</i> sp.
	<i>Trifolium</i> sp.		<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Veronica persica</i>	<i>Oxalis</i> sp.
	<i>Veronica arvensis</i>		<i>Polygonum aviculare</i> aggr.		<i>Plantago lanceolata</i>
	<i>Veronica</i> sp.		<i>Trifolium repens</i> .		<i>Plantago major</i> subsp. major
			<i>Veronica filiformis</i>		<i>Polygonum aviculare</i> aggr.
					<i>Potentilla reptans</i>
					<i>Ranunculus</i> sp.
					<i>Stellaria media</i> aggr.
					<i>Trifolium pratense</i> subsp. pratense
					<i>Veronica arvensis</i>
					<i>Veronica filiformis</i>
					<i>Veronica persica</i>

## 6 Discussion

### 6.1 Discussion des résultats du suivi de la colonisation des buttes

#### 6.1.1 Abondance de nids

L'abondance de nids relevés sur les buttes varie beaucoup, surtout entre les parcs. La principale différence est celle entre Beaulieu et Plonjon, qui est statistiquement hautement significative. L'abondance de nids est également significativement différente entre les buttes de Beaulieu et de Barton. Les inventaires sur les buttes n'étaient effectués que lorsque les conditions météorologiques étaient conformes au protocole, et lorsque les buttes n'étaient pas ombragées.

La météo était consultée régulièrement sur le site de MétéoSuisse (*MétéoSuisse*, 2025) pour la station de Genève. La météo est consultable par commune/ville sur MétéoSuisse : la ville de Genève fait près de 16 km<sup>2</sup>, la météo n'est pas uniforme partout dans la ville. Les îlots de chaleur, la végétation, la proximité du lac, la proximité du Rhône et/ou de l'Arve créent forcément des microclimats différents. Sur le terrain, des rafales de vent étaient parfois constatées à Barton et à Plonjon, alors qu'elles n'étaient pas annoncées par les données météorologiques en direct. Il a été constaté sur la fin du travail de terrain que la météo aux Eaux-vives correspondait plus à celle donnée pour la commune de Cologny, située au bord du lac et à seulement 150m des buttes de Plonjon. La vitesse du vent ressentie à Barton correspondait aussi sensiblement plus à celle qui était annoncée pour Pregny-Chambésy, au bord du lac à 600m des buttes, que pour Genève. Des inventaires ont donc probablement été effectués dans des conditions qui n'étaient pas idéales, bien que respectant le protocole, et l'abondance de nids peut être sous-estimée à Plonjon et à Barton. Le 16 mai par exemple, même si le vent était de 25 km/h et la température de 17°C à 14h pour Genève, l'inventaire a été effectué à Plonjon car les conditions étaient remplies : seuls 2 nids ont été trouvés cet après-midi, peut-être à cause de ces conditions pas idéales.



Figure 26 : 1<sup>ère</sup> photo à 11h03, le 15.05.25 : les buttes de Barton sont encore à l'ombre et aucune activité d'abeille terricole n'est constatée. 2<sup>ème</sup> photo à 11h13 : rosée sur les feuilles de *Digitaria sanguinalis*, le soleil commence à atteindre la butte HEPIA. 3<sup>ème</sup> photo à 12h52 : il n'y a plus d'ombrage, l'activité d'abeilles terricoles est constatée et l'inventaire peut commencer.

Les buttes étaient ombragées le matin (fig. 26) : le temps pour effectuer l'inventaire était donc réduit, généralement entre 13h et 16h. Les buttes de Barton et de Plonjon commençaient déjà à être ombragées vers 16h, et celles de Beaulieu vers 16h30. A ce moment-là, les abeilles terricoles étaient encore observables mais leur nombre diminuait graduellement. Ceci a peut-être eu une influence sur l'abondance de nids observés lorsque les inventaires avaient lieu en fin d'après-midi, et l'abondance de nids est peut-être sous-estimé pour certaines des buttes.

L'effectif plus bas qu'en 2024 sur la butte HEPIA de Beaulieu en 2025 est probablement dû à la session de capture du 17 mai, où aucun individu n'a été observé. Certains individus sont rentrés dans leur nid mais n'en sont plus sortis à cause d'un gros passage nuageux en milieu d'après-midi. Les abeilles terricoles ont peut-être réagi à cela en restant dans leur nid. Les différences dans les abondances de nids seront aussi mises en lien avec les facteurs abiotiques dans les chapitres suivants.

### 6.1.2 Diversité d'hyménoptères terricoles

Les buttes du parc Beaulieu possèdent la plus grande abondance de nids et la plus grande diversité d'hyménoptères terricoles. Plusieurs espèces ou genres cleptoparasites d'abeilles terricoles y ont été observés, comme le genre *Sphecodes* et le diptère du genre *Metopia*. Ceci est probablement le signe que la communauté d'abeilles est stable et bien développée à Beaulieu. *Halictus scabiosae* est aussi plus représentée que l'année passée et représente le 10% des nids. Cette espèce pionnière appréciant les sols sablo-limoneux est généralement solitaire, comme la plupart des abeilles terricoles. Dans certains cas, elle peut avoir un comportement social primitif, dont l'organisation est plus flexible que chez les abeilles domestiques. Une ou plusieurs abeilles peuvent grossir et devenir des reines pondeuses, tandis que d'autres plus petites deviennent ouvrières. Les individus peuvent aussi partager leurs nids, et c'est probablement ce qu'il se passe à Beaulieu : certaines abeilles ont été observées rentrer par un trou puis (vraisemblablement) sortir par un autre quelques secondes après. Des différences de taille entre les individus ont aussi été constatées, avec des variations entre 12 et 15 mm. Une nouveauté par rapport à 2024 est la présence de Crabronidae : cette famille regroupe notamment des espèces cleptoparasites d'abeilles terricoles. Ceux-ci sont peut-être présents à Beaulieu, mais celui qui a été identifié pour l'instant appartient au genre *Oxybelus* qui est un genre de guêpes fouisseuses. Celles-ci chassent et stockent des diptères dans leurs galeries pour leur progéniture et apprécient les substrats sableux. Ce genre avait aussi été inventorié dans le suivi des buttes de l'association Arthropologia. Le seul individu de la famille des Megachilidae observé lors de l'étude a été observé à Beaulieu. Il s'agit de *Megachile willughbiella*, qui a été identifié grâce à l'observation de sa brosse ventrale noire caractéristique.

Les buttes du parc Barton sont probablement encore en cours de colonisation : les observations sont de plus en plus nombreuses, et quelques individus du genre *Sphecodes* ont été attrapés. La communauté montre donc de bons signes de développement. *Halictus scabiosae* est aussi présente mais moins qu'à Beaulieu, et un comportement social n'a pas été observé. La butte HEPIA, et particulièrement la partie qui était végétalisée jusqu'en 2025, abrite une grande densité de nids. Ceci est sûrement dû au fait que cette butte est moins ombragée par le conifère présent à proximité que la butte Lyonnaise. C'est également la première à être ensoleillée le matin. Un hyménoptère particulier a été observé sur la butte Lyonnaise de Barton : il s'agit de *Sceliphron curvatum*, une guêpe maçonnerie invasive. Celle-ci était au pied de la butte, peut-être en train de récolter des matériaux terreux. Sa présence ne menace en rien les abeilles terricoles.

Les buttes de Plonjon abritent des Andrenidae et des Halictidae des genres *Halictus* et *Lasioglossum*, comme les autres sites, mais se distingue par sa part importante de Crabronidae. Lors de l'étude effectuée avec les pièges à émergence en 2022, plusieurs Crabronidae avaient été observés à La Grange. Le genre *Oxybelus*, présent à Beaulieu, a aussi été identifié à Plonjon. Leur présence est peut-être due à des facteurs abiotiques spécifiques qui sont expliqués dans les chapitres suivants. Il n'y a pas de *Sphecodes* à Plonjon, ce qui est certainement dû à l'effectif réduit de nids.

## 6.2 Discussion des résultats des prospections de nids

Le nombre de nids trouvés lors des prospections est estimé à environ 900. Le parc avec le plus de nids est celui de La Grange, avec 324 nids estimés. Le parc La Grange est cependant le parc étudié ayant la plus grande superficie, il n'a donc pas forcément la plus grande densité de nids. Ensuite, c'est le parc Mon Repos qui en possède le plus avec 204 nids estimés. Ces deux parcs abritent une densité importante de zones gérées extensivement ainsi que des zones exposées à faible recouvrement de la végétation. 36 nouveaux points de prospection ont été trouvés, abritant des genres/espèces similaires à ceux des buttes. Les plus grosses densités de nids ont été trouvées dans les micro-habitats « Gazon exposé tassé » et « Herbacé extensif exposé », ce qui était également le cas en 2024. De nombreux nids n'ont pas été retrouvés et d'autres ont été retrouvés mais semblaient vides. Ceci est peut-être aux nids d'espèces estivales qui ne sont pas encore actives au mois de mai.

Dans les parcs, il a été constaté que les nids se trouvaient souvent sur les lignes de désir qui sont les tracés créés par les promeneurs lorsqu'ils traversent une zone herbeuse. Plusieurs nids ont été observés autour des bancs. Un type de structure semblait particulièrement favorable : il s'agit des « chemins d'herbe fauchée », qui sont les structures linéaires fauchées à travers une prairie pour laisser le public se déplacer. Grâce au piétinement, la couverture

végétale devient discontinue, et les nids qui y sont creusés se trouvent à proximité directe des ressources alimentaires de la prairie. Des zones particulièrement piétinées, comme le chemin forestier à la limite entre le parc des Eaux-vives et le parc La Grange, abritent une densité remarquable de nids malgré qu'ils soient en situation de mi-ombre. De nombreux enfants ont été remarqués descendre le sentier en VTT, tassant fortement le sol.

C'est également dans cette zone, sur le point de prospection 85, que trois nids ont été observés sur un replat au bord du sentier, en situation de mi-ombre. Seules quelques bryophytes recouvrent le sol. Les nids sont alignés à 20 centimètres les uns des autres et l'intérieur des galeries est recouvert de pétales de fleurs rouge vif agglomérés. Du pain de pollen est présent au fond des galeries, qui ne font que 5 centimètres de profond au maximum. Dans la littérature consultée, il semble que très peu d'espèces réalisent de tels nids. Sur le plateau suisse, plusieurs espèces de Megachilidae peuvent tapisser leurs galeries de pétales, mais toutes semblent nicher dans des murs ou des talus. Une espèce semble susceptible de faire de tels nids est *Hoplitis papaveris*, une espèce jadis présente à Genève au bord du lac mais aujourd'hui éteinte. Cette espèce utilise surtout les pétales de coquelicot pour tapisser ses galeries. De nombreux coquelicots sont dispersés entre les massifs de fleurs à quelques dizaines de mètres des nids. Des observations sur le terrain ont permis l'observation de nombreux Megachilidae, notamment dans les massifs de fleurs mais aussi en grande densité dans la prairie sèche autour du site archéologique. La présence de cette espèce à La Grange reste pour l'heure incertaine.

Un autre site fortement colonisé est la zone de barbecues du parc Barton où des *Lasioglossum* ont été trouvés en grande densité. Le sol y est très compact et la végétation inexistante. L'exposition au sud-est et l'absence d'ombrage en font un site idéal. Ceci est aussi le cas pour d'autres points présents au bord du lac. Les abeilles terricoles peuvent donc nicher en grande densité dans des zones qui sont fréquemment et intensément piétinées. Il a également été observé que les sites qui pouvaient être favorables mais qui étaient recouverts de litière non décomposée (au pied de ligneux non-indigènes principalement) ne comportaient jamais de nids.

### **6.3 Discussion des résultats des mesures de température**

Les résultats obtenus montrent que les buttes HEPIA ont une meilleure inertie thermique que les buttes Lyonnaise. Ceci est certainement dû au mur de pierres sèches adossé aux buttes HEPIA qui permet de réguler la température dans la journée. Les buttes HEPIA restent également plus chaudes la nuit que les buttes Lyonnaise. L'ACP confirme plusieurs observations effectuées avec les heatmaps : l'abondance de nids sur les buttes semble être négativement corrélée à l'amplitude thermique et à la variance journalière de température des buttes. Autrement dit, il y a moins de nids là où la température varie beaucoup et souvent.

Les heatmaps présents en surface montrent des différences entre les parcs, qui sont liées aux différences microclimatiques liées notamment à l'ombrage, à l'ensoleillement et à la végétation des buttes. Celles-ci pourraient être analysées pour faire ressortir ces différences, mais cela n'a pas été effectué dans le présent travail qui s'est plus focalisé sur les aspects liés à la température du sol. Les données de température ont pu être explorées visuellement et montrent des conditions différentes entre les buttes et entre les parcs. Cependant, pour savoir quelles variables sont corrélées à un nombre plus grand de nids, il faudrait réaliser des analyses supplémentaires.

Au niveau de la physico-chimie, on remarque que les données peuvent varier au sein d'un même parc. Certaines tendances sont visibles sur les ACP effectuées (voir figs 24-25 et annexe 9), mais leur interprétation doit rester prudente au vu du faible nombre de données. Les sols ayant une plus grande proportion d'argile et de matière organique semblent avoir plus de nids, alors que les sols les plus denses en ont le moins. Pour affiner les analyses, des régressions linéaires sur les variables de l'ACP pourraient être effectuées.

#### **6.4 Discussion des résultats des relevés de végétation**

Jusqu'au printemps 2025, la moitié de la surface des buttes HEPIA était végétalisée. Dès le printemps 2025, suite aux résultats obtenus par De Meris, il a été décidé de désherber entièrement la surface des buttes HEPIA. Il y avait beaucoup de plantes à arracher, surtout sur les buttes HEPIA. De plus, ces plantes, notamment *Convolvulus arvensis*, *Digitaria sanguinalis* et *Veronica sp.*, avaient eu le temps de développer leurs racines. Il a été décidé de désherber intensivement pour interrompre la reprise de la végétation, et d'arracher entièrement les plantes pour éviter le développement des rhizomes. En effet, les plantes recouvrant le plus les buttes, *Convolvulus arvensis* et *Digitaria sanguinalis*, se reproduisent principalement de manière asexuée, par la formation de rejets ou le développement des rhizomes. Ce désherbage intensif a certainement eu une influence sur l'abondance de nids. Certains ont peut-être été détruits, mais le recouvrement plus faible de la végétation a peut-être déjà permis à de nouveaux individus de creuser leur nid. La modification des ressources alimentaires à proximité des nids peut aussi avoir influencé l'abondance de nids. Sur le terrain, il a été constaté que les fleurs de plusieurs espèces des genres *Geranium* et *Veronica* présentes sur les buttes étaient butinées par des abeilles terricoles. La présence de prairies extensives à proximité directe des buttes dans tous les parcs est certainement favorable, même si certaines comme à Plonjon comportent beaucoup de monocotylédones et peu de dicotylédones nectarifères. Les faibles effectifs des buttes de Plonjon sont peut-être aussi corrélés à la gestion du parc des Eaux-vives qui est plus intensive qu'à La Grange. La communauté végétale abrite des espèces supplémentaires par rapport à 2024, comme *Oxalis sp.*, *Bellis perennis* et *Geranium dissectum*. Des espèces qui étaient présentes en 2024 n'ont pas été observées, telles que *Papaver rhoeas* et *Portulaca oleracea*. La colonisation des

buttes se fait moins rapidement car il y a peu de nids à proximité depuis lesquels les buttes pourraient être colonisées. Le recouvrement de la végétation plus important des buttes HEPIA en mai 2025 est peut-être la raison pour laquelle les buttes HEPIA sont légèrement moins nidifiées que les buttes Lyonnaise. Les effectifs sont similaires à ceux de 2024, mais la principale différence est le nombre plus élevé de captures à Barton, peut-être grâce à l'intensification du désherbage.

## 6.5 Mise en perspective

Dans l'étude effectuée par Alvazzi (2024) sur l'attractivité de la flore ligneuse des parcs de la ville de Genève pour les insectes pollinisateurs, il a été démontré que 87,5% étaient des hyménoptères et que 70% de ces hyménoptères étaient des abeilles domestiques. Dans l'étude effectuée par Heiniger et al. (2023) sur les ressources florales herbacées des parcs de Genève pour les abeilles, il a été démontré que 13 genres d'abeilles étaient présents et que le genre *Apis* (comprenant uniquement l'espèce *Apis mellifera* en Suisse) était le plus représenté avec 29%, suivi du genre *Hylaeus* avec 28% (fig. 27). Les principaux genres d'abeilles sauvages y ont aussi été relevés ; *Lasioglossum* avec 13%, *Andrena* avec 9% et *Halictus* avec 6%. Le genre *Hylaeus* comprend des espèces ayant des écologies de nidification diverses, mais ce genre n'a ni été trouvé lors de l'étude de 2024 (De Meris) ni lors de la présente étude. Les abeilles terricoles semblent minoritaires parmi les hyménoptères pollinisateurs des parcs de Genève. La présence d'abeilles domestiques en contexte urbain peut impacter négativement l'activité d'autres pollinisateurs sauvages (Ropars et al., 2019). Il y a donc potentiellement une concurrence entre les abeilles terricoles et les abeilles domestiques pour l'accès aux ressources alimentaires dans les parcs de Genève. En 2024, des ruchers sont présents dans ou à proximité directe des parcs des Eaux-Vives (Plonjon), La Grange, Beaulieu, Mon Repos et Barton (Alvazzi, 2024).

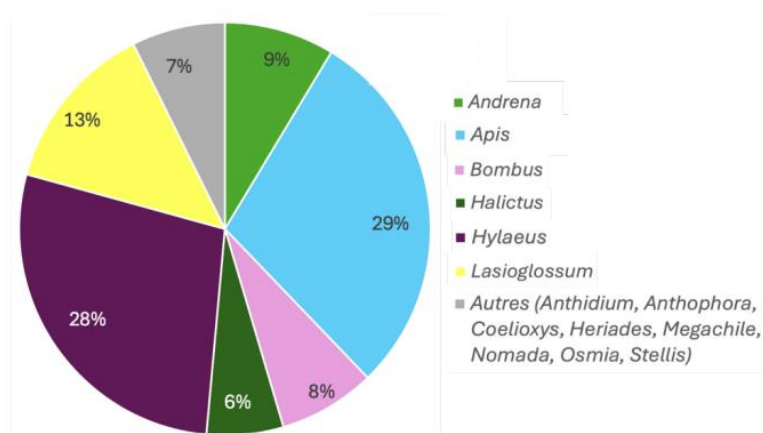


Figure 27 : Pourcentage des genres d'abeilles observés lors de l'étude sur les ressources florales herbacées des parcs de Genève (Heiniger et al., 2023).

## 7 Biais de l'étude

Dans un cadre de recherche appliquée en écologie comme celui du présent travail, le nombre de biais potentiels est élevé. Que ce soit lors du travail sur le terrain, en laboratoire ou au bureau, plusieurs facteurs peuvent influencer les résultats obtenus. Il est de ce fait important d'en tenir compte lors de l'interprétation des résultats. Les biais sont les suivants :

Pour le suivi des buttes et la prospection des nids dans les parcs :

- Le microclimat est différent d'une butte à l'autre et d'un point de prospection à l'autre. Même si les conditions météorologiques de capture sont respectées, il a été observé empiriquement que l'ombrage des nids influence grandement l'efficacité des captures. En effet, aucune abeille n'a été observée rentrer/sortir de sa galerie tant que les buttes ou les points de prospection n'avaient pas été frappés par les rayons du soleil du matin. Cet aspect a été pris en compte et une condition de capture a été rajoutée : les captures ne peuvent commencer que lorsque les buttes/points de prospection sont entièrement dépourvus d'ombrage (sauf l'ombrage occasionnée par la strate herbacée). Cet aspect fait écho à l'étude de Sakagami & Hayashida (1961), qui a mis en évidence que *Lasioglossum duplex* (Dalla Torre, 1896) faisait ses nids préférentiellement dans les zones qui étaient exposées au soleil tôt le matin, même si l'ensoleillement total sur la journée était plus faible dans ces zones qu'ailleurs.
- Quelle que soit la météo, il a été constaté que la durée d'ensoleillement des buttes était courte. Il a été observé qu'aucune butte n'était ensoleillée avant 11 heures. A Barton, il fallait attendre 12h30 et la végétation était encore couverte de rosée à moment-là. Dès 16 heures, les buttes commençaient à se retrouver à l'ombre, et au fur et à mesure que l'ombre avançait, les captures diminuaient aussi. Les captures ont donc en général été effectuées entre 12h et 17h. Le matin, des prospections de nids pouvaient être effectuées mais uniquement dans les zones déjà ensoleillées.
- Les interactions avec le public étaient fréquentes lors du travail de terrain. Le projet Bed4Bzzz ayant aussi une visée de sensibilisation à l'environnement, il a été décidé de prendre le temps d'interagir avec toutes les personnes intéressées. La météo de mai 2025 a été mitigée à Genève, et les jours de beau temps sont tombés en grande partie sur les weekends et les jours fériés. Le temps passé à discuter était considérable : à Beaulieu, pour faire une session de capture sur chaque butte (2 fois 55 minutes), il fallait compter au moins 4 heures. Durant les discussions, des individus étaient observés rentrant ou sortant des nids, mais ils n'étaient pas capturés car le chronomètre était arrêté pour respecter le protocole.

- Le recouvrement de la végétation est un biais, car sur les buttes mais surtout sur les points de prospection, des abeilles ont été observées se posant dans la végétation, mais l'entrée de la galerie n'a ensuite pas été trouvée.
- Le désherbage a été effectué de manière intensive sur l'entièreté des buttes, en conformité avec les recommandations formulées par De Meris (2024). Les désherbages étaient toujours faits au moins 48 heures avant une session de capture, pour que les abeilles aient le temps de retrouver les entrées de leurs galeries. Un biais est le fait que l'arrachage intensif des plantes, y compris des racines, ont pu perturber la communauté d'abeilles en place. Ceci est particulièrement le cas pour les buttes HEPIA, sur lesquelles il y avait plus de plantes à arracher. Certaines abeilles appréciant le couvert végétal ou l'utilisant pour se repérer ont pu être perturbées, et des galeries ont même pu être détruites lors de l'arrachage des racines.
- Le prélèvement des échantillons de terre a été fait soigneusement, et 14 échantillons non remaniés ont été obtenus. Comme expliqué précédemment, il a plu ce jour-là, et même s'il a été fait attention de prendre des échantillons ayant tous une humidité similaire, il se peut qu'il y ait eu des variations à cause de différences entre le contexte local de chaque point de prospection. Les nombreuses manipulations des échantillons ont aussi pu les dénaturer.
- Les abondances de nids et la diversité des taxons observés concernent uniquement la communauté d'abeilles printanières : les buttes où il y a le plus d'activité en mai ne seront pas forcément les plus actives en septembre. Une étude sur la communauté d'abeilles présente en août ou en septembre serait intéressante à ce niveau-là.
- Au vu du temps limité de l'étude, les points de pièges à émergence et de prospection de 2022 ainsi que les points de prospection de 2024 ont chacun été visités 2 fois. Il n'a pas été constaté d'activité pour plusieurs de ces points peut-être à cause de ce nombre réduit de visites, mais certains nids peuvent aussi avoir été abandonnés, prédatés, parasités ou être actifs à une autre période de l'année.

## 8 Propositions

### 8.1 Entretien des buttes

Le désherbage des buttes en place demande beaucoup d'efforts et de temps. Il a été remarqué que le liseron de champs, *Convolvulus arvensis*, et dans une moindre mesure d'autres espèces comme *Digitaria sanguinalis* et *Veronica persica*, se développaient particulièrement. Les plantes qui n'étaient pas entièrement arrachées repoussaient ensuite, et les déchets d'arrachage déposés près des barrières se développaient après leur dépôt, en grimpant sur les barrières ou au sol. Il est donc important d'arracher entièrement les plantes avec leurs racines, en posant la main à la base de la plante pour ne pas arracher la motte de terre. Ensuite, les déchets ne doivent pas être déposés quelques mètres plus loin mais doivent être évacués : ceci est aussi important pour la lutte contre les néophytes qui se développent sur les buttes, comme *Conyza canadensis* et *Erigeron annuus*, qui risquent de se propager dans les prairies alentours. Les liserons et les néophytes présents dans la zone délimitée par les ganivelles devront aussi être arrachés afin de limiter leur développement. Le volume de déchets verts obtenu après un arrachage sur les deux buttes peut facilement être transporté dans des sacs (type sac à commissions) jusqu'à un container pour les déchets verts, en accord avec le SEVE. Ceci permettra de diminuer le temps et les coûts nécessaires dans le futur tout en favorisant encore plus la nidification sur les buttes.

### 8.2 Chemins d'herbe fauchée

Lors des prospections, les zones à faible recouvrement de la végétation, qui sont surtout des zones piétinées, se sont avérées contenir une grande densité de nids. Cependant, ce genre de zone s'avère être inesthétique dans les parcs. Les bancs sont souvent installés sur une dalle pour éviter le sol nu, certaines zones piétinées sont ratissées puis semées comme au terrain de foot du parc La Grange. Le chemin d'herbe fauchée permet d'avoir des zones à faible recouvrement de la végétation qui sont cachées par les hautes herbes et qui sont très favorables à la nidification des abeilles terricoles, tout en ayant une fonction de déplacement pour le public. Les chemins d'herbe fauchée existants aux parcs Barton et La Grange doivent être conservés, et d'autres peuvent être créés. Ils peuvent être créés là où se trouvent des lignes de désir, donc là où les gens se déplacent naturellement en gérant extensivement la zone herbacée attenante. Le chemin fauché récemment près des buttes de Plonjon est particulièrement propice au vu de sa situation ensoleillée. A Mon Repos, certaines zones de gazon exposé tassé seraient également propices à ces aménagements.

### **8.3 Pâturage**

Une autre manière de créer des zones à faible recouvrement de la végétation et sympathique pour les promeneurs est la présence de bétail. Un pâturage existait à Beaulieu en 2024 en lieu et place du verger actuel. Ceci peut être favorable à la nidification des abeilles sauvages en plus de tous les aspects positifs liés à la présence des animaux pour le public. Davantage de zones de pâture pourraient être mises en place, par exemple à Beaulieu où le public est réceptif à tout ce qui touche aux animaux et à la nature.

### **8.4 Suite du projet Bed4Bzzz**

Un résultat marquant obtenu lors de ce travail est la découverte de nids de Crabronidae sur les buttes de Plonjon et de Beaulieu. Ces hyménoptères terricoles intéressent le domaine de l'agronomie. Certaines espèces régulent les ravageurs de culture qu'elles ramènent dans leur nid comme stock de nourriture pour leur progéniture. Les adultes ont quant à eux un rôle de pollinisateurs. Selon les intérêts du SEVE, améliorer les connaissances sur la famille des Crabronidae dans les parcs pourrait permettre de trouver de nouveaux moyens de lutte contre les ravageurs présents dans les parcs.

## 9 Conclusion

Le travail effectué a permis d'améliorer les connaissances sur les abeilles terricoles présentes dans les parcs de la Ville de Genève ainsi que sur les buttes aménagées. Les données récoltées montrent que les buttes possèdent une abondance de nids similaire au mois de juin et au mois de mai. Les genres d'abeilles terricoles sont aussi similaires, mais une nouvelle famille d'hyménoptères terricoles, les Crabronidae, a été identifiée sur les buttes. La présence du genre *Sphecodes* a aussi été constatée.

Les sites de nidification trouvés dans les parcs montrent que des zones très perturbées par le piétinement peuvent convenir à la nidification des abeilles terricoles. Les nouvelles analyses de sol ont permis d'enrichir les données déjà obtenues par Charlène Heiniger (2022). Celles-ci montrent que les sols peuvent posséder des caractéristiques différentes au sein d'un même parc. Les données thermiques quant à elles montrent que les conditions ne sont pas les mêmes entre les parcs, mais également entre les types de buttes. Le grand nombre de données obtenues pourra être valorisé par la réalisation d'analyses plus poussées afin d'identifier quels sont les caractéristiques des sols les plus propices à la nidification des abeilles terricoles à Genève.

Des propositions de gestion extensive des zones herbacées alliant accueil du public, esthétique et étant favorables à la nidification des abeilles terricoles sont proposées sur la base des résultats obtenus. Des modifications dans l'entretien des buttes à abeilles terricoles visent également à réduire le temps et les moyens nécessaires à leur entretien sur le long terme.

## 10 Bibliographie

- Alvazzi, J. (2024). Utilisation de la flore ligneuse par les abeilles sauvages et mellifères dans les parcs urbains de la ville de Genève : Élaboration d'une liste de plantes arbustives pour les gestionnaires et propositions d'implantation. HEPIA.
- Amiet, F., Krebs, A., & Amiet, F. 19- (avec Krebs, A.). (2012). Bienen Mitteleuropas : Gattungen, Lebensweise, Beobachtung. Haupt Verlag.
- Amiet, F., Müller, A., Praz, C., & Müller, A. (2017). Allgemeiner Teil, Gattungen, Apis, Bombus = Partie générale, genres, Apis, Bombus (2e édition revue et corrigée). Centre suisse de cartographie de la faune.
- 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>
- Bescansa, P., Imaz, M. J., Virto, I., Enrique, A., & Hoogmoed, W. B. (2006). Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. *SOIL & TILLAGE RESEARCH*, 87(1), 19-27. <https://doi.org/10.1016/j.still.2005.02.028>
- Borrell, B. J., & Medeiros, M. J. (2004). Thermal stability and muscle efficiency in hovering orchid bees (Apidae:Euglossini). *Journal of Experimental Biology*, 207(17), 2925-2933. <https://doi.org/10.1242/jeb.01121>
- Brünnert, U., Kelber, A., & Zeil, J. (1994). Ground-nesting bees determine the location of their nest relative to a landmark by other than angular size cues. *Journal of Comparative Physiology A*, 175(3), 363-369. <https://doi.org/10.1007/BF00192995>
- Cane, J. H. (1991). Soils of Ground-Nesting Bees (Hymenoptera : Apoidea): Texture, Moisture, Cell Depth and Climate. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 64(4), 406-413.
- Cane, J. H. (2015). Landscaping pebbles attract nesting by the native ground-nesting bee *Halictus rubicundus* (Hymenoptera : Halictidae). *Apidologie*, 46(6), 728-734. <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0364-z>
- Cosse, M. (2019). Etude des communautés d'abeilles sauvages en fonction d'un gradient d'urbanisation au sein de la commune de Mons, Hainaut, Belgique. Université de Mons.
- Coutinho, J. G. da E., Garibaldi, L. A., & Viana, B. F. (2018). The influence of local and landscape scale on single response traits in bees : A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 256, 61-73. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.025>
- De Meris, T. (2024). Suivi de la colonisation d'infrastructures écologiques dédiées à la nidification des abeilles et autres Hyménoptères terricoles dans trois parcs de la ville de Genève. HEPIA.
- Delarze, R., Gonseth, Y., Eggenberg, S., Vust, M., Gonseth, Y., Eggenberg, S., & Delarze, R. (2015). Guide des milieux naturels de Suisse : Écologie, menaces, espèces caractéristiques (3e édition, entièrement révisée et augmentée). Rossolis.
- Forrest, J. R. K., Cross, R., & CaraDonna, P. J. (2019). Two-Year Bee, or Not Two-Year Bee? How Voltinism Is Affected by Temperature and Season Length in a High-Elevation Solitary Bee. *AMERICAN NATURALIST*, 193(4), 560-574. <https://doi.org/10.1086/701826>
- Fortel, L. (2014). Écologie et conservation des abeilles sauvages le long d'un gradient d'urbanisation (p. 208 p.) [Phdthesis, Université d'Avignon]. <https://theses.hal.science/tel-01159781>
- GLOBE-SWISS: Sol. (2020). Consulté 10 juillet 2025, à l'adresse <https://www.globe-swiss.ch/fr/Offres/Sol/>

- Harmon-Threatt, A. (2020). Influence of Nesting Characteristics on Health of Wild Bee Communities. In A. E. Douglas (Éd.), ANNUAL REVIEW OF ENTOMOLOGY, VOL 65 (Vol. 65, p. 39-+). Annual Reviews. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-024955>
- Heiniger, C. (2021). Des lits pour les abeilles en ville de Genève – Rapport d'activités 2021. HEPIA.
- Heiniger, C. (2022). Des lits pour les abeilles en ville de Genève – Rapport d'activités 2022. HEPIA.
- Heiniger, C. (2023). Des lits pour les abeilles en ville de Genève – Rapport d'activité 2023. HEPIA.
- Heiniger, C., Rochefort, S., & Prunier, P. (2023). Floral resources used by bees in urban areas : The case of Geneva, Switzerland. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1199438>
- Hinners, S. J., Kearns, C. A., & Wessman, C. A. (2012). Roles of scale, matrix, and native habitat in supporting a diverse suburban pollinator assemblage. *Ecological Applications*, 22(7), 1923-1935. <https://doi.org/10.1890/11-1590.1>
- Info Flora. (2021). Liste des néophytes envahissantes et potentiellement envahissantes de Suisse (état 2021). <https://www.infoflora.ch/fr/neoptytes/listes-et-fiches.html>
- Jeanne, R., & Morgan, R. (1992). The Influence of Temperature on Nest Site Choice and Reproductive Strategy in a Temperate Zone Polistes Wasp. *ECOLOGICAL ENTOMOLOGY*, 17(2), 135-141. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1992.tb01170.x>
- Jones, J. C., & Oldroyd, B. P. (2007). Nest thermoregulation in social insects. In S. J. Simpson (Éd.), *ADVANCES IN INSECT PHYSIOLOGY*, VOL 33 (Vol. 33, p. 153-191). Academic Press Ltd-Elsevier Science Ltd. [https://doi.org/10.1016/S0065-2806\(06\)33003-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2806(06)33003-2)
- Kingsolver, J. G., & Huey, R. B. (2008). Size, temperature, and fitness: Three rules. *EVOLUTIONARY ECOLOGY RESEARCH*, 10(2), 251-268.
- Larsson, F. (1991). Some Take It Cool, Some Like It Hot—A Comparative-Study of Male Mate Searching Tactics in 2 Species of Hymenoptera (colletidae and Sphecidae). *JOURNAL OF THERMAL BIOLOGY*, 16(1), 45-51. [https://doi.org/10.1016/0306-4565\(91\)90051-3](https://doi.org/10.1016/0306-4565(91)90051-3)
- 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>
- Maire, É., & Laffly, D. (2015). *Abeilles et paysages : Enjeux apicoles et agricoles (1<sup>re</sup> éd.)*. Editions Quae.
- Marshall, T. J., Holmes, J. W., & Rose, C. W. (1996). *Soil Physics*. Cambridge University Press.
- Michener, C. D. (2000). *The Bees of the World*. JHU Press.
- Neame, L. A., Griswold, T., & Elle, E. (2013). Pollinator nesting guilds respond differently to urban habitat fragmentation in an oak-savannah ecosystem. *Insect Conservation and Diversity*, 6(1), 57-66. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2012.00187.x>
- Norden, B. (1984). Nesting Biology of Anthophora-Abrupta (hymenoptera, Anthophoridae). *JOURNAL OF THE KANSAS ENTOMOLOGICAL SOCIETY*, 57(2), 243-262.
- Norden, B. B., Krombein, K. V., Deyrup, M. A., & Edirisinghe, J. P. (2003). Biology and Behavior of a Seasonally Aquatic Bee, *Perdita (Alloperdita) floridensis* Timberlake (Hymenoptera : Andrenidae: Panurginae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 76(2), 236-249.
- OFEV. (2024a). Liste rouge des abeilles.

- OFEV, O. fédéral de l'environnement. (2016). Liste rouge nationale des plantes vasculaires 2016. <https://www.infoflora.ch/fr/conservation-des-especes/liste-rouge.html>
- OFEV, O. fédéral de l'environnement. (2024b). Liste rouge des abeilles. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/thema-biodiversitaet/biodiversitaet--publikationen/publikationen-biodiversitaet/rote-liste-bienen.html>
- Ordway, E. (1984). Aspects of the Nesting Behavior and Nest Structure of *Diadasia opuntiae* Ckll. (Hymenoptera : Anthophoridae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 57(2), 216-230.
- Page d'accueil—MétéoSuisse. (s. d.). Consulté 10 juillet 2025, à l'adresse <https://www.meteosuisse.admin.ch/>
- Parreño, M. A., Werle, S., Buydens, L., Leroy, C., Roberts, S., Koirala, S., Filipiak, M., Kuhlmann, M., Brunet, J.-L., Henry, M., Alaux, C., Requier, F., Piot, N., Meeus, I., Klein, A.-M., Keller, A., & Leonhardt, S. D. (2024). Landscape heterogeneity correlates with bee and pollen diversity while size and specialization degree explain species-specific responses of wild bees to the environment. *Science of The Total Environment*, 954, 176595. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176595>
- Potts, S., & Willmer, P. (1997). Abiotic and biotic factors influencing nest-site selection by *Halictus rubicundus*, a ground-nesting halictine bee. *Ecological Entomology*, 22(3), 319-328. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.1997.00071.x>
- Redding, T. E., Hope, G. D., Fortin, M. J., Schmidt, M. G., & Bailey, W. G. (2003). Spatial patterns of soil temperature and moisture across subalpine forest-clearcut edges in the southern interior of British Columbia. *CANADIAN JOURNAL OF SOIL SCIENCE*, 83(1), 121-130. <https://doi.org/10.4141/S02-010>
- Reese\_2021\_Communité\_abeilles\_Hainaut\_tendance\_temporelle\_spatiale.pdf. (s. d.). Consulté 20 novembre 2024, à l'adresse [http://www.atlashymenoptera.net/biblio/02000/Reese\\_2021\\_Communit%C3%A9\\_ab\\_eilles\\_Hainaut\\_tendance\\_temporelle\\_spatiale.pdf](http://www.atlashymenoptera.net/biblio/02000/Reese_2021_Communit%C3%A9_ab_eilles_Hainaut_tendance_temporelle_spatiale.pdf)
- République et canton de Genève. (2024). Méthode de mesure de la densité apparente d'un échantillon de sol. [ge.ch. https://www.ge.ch/node/37672](https://www.ge.ch/node/37672)
- Rocha-Filho, L. C. da, Ferreira-Caliman, M. J., Garófalo, C. A., & Augusto, S. C. (2018). A Specialist in an Urban Area : Are Cities Suitable to Harbour Populations of the Oligolectic Bee *Centris (Melacentris) collaris* (Apidae: Centridini)? *Annales Zoologici Fennici*, 55(1-3), 135-149. <https://doi.org/10.5735/086.055.0101>
- Ropars, L., Dajoz, I., Fontaine, C., Muratet, A., & Geslin, B. (2019). Wild pollinator activity negatively related to honey bee colony densities in urban context. *PloS One*, 14(9), e0222316-. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222316>
- Sakagami, S. F., & Hayashida, K. (1961). Biology of the Primitive Social Bee, *Halictus duplex* Dalla Torre, III. Activities in Spring Solitary Phase1)2).
- Soil Texture Calculator | Natural Resources Conservation Service. (2025). Consulté 5 septembre 2025, à l'adresse <https://www.nrcs.usda.gov/resources/education-and-teaching-materials/soil-texture-calculator>
- Stone, G. (1994). Activity Patterns of Females of the Solitary Bee *Anthophora-Plumipes* in Relation to Temperature, Nectar Supplies and Body-Size. *ECOLOGICAL ENTOMOLOGY*, 19(2), 177-189. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1994.tb00408.x>
- Stone, G., & Willmer, P. (1989). Warm-up Rates and Body Temperatures in Bees—The Importance of Body Size, Thermal Regime and Phylogeny. *JOURNAL OF EXPERIMENTAL BIOLOGY*, 147, 303-328.

- Torchio, P. F., Trostle, G. E., & Burdick, D. J. (1988). The Nesting Biology of *Colletes kincaidii* Cockerell (Hymenoptera : Colletidae) and Development of Its Immature Forms. *Annals of the Entomological Society of America*, 81(4), 605-625. <https://doi.org/10.1093/aesa/81.4.605>
- 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>
- 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)
- Vaissière, B. (2002). Abeilles et pollinisation. Académie d'Agriculture de France, séance du 16 février 2005., 4.
- Vereecken, N. biologiste 19-. (2017). Découvrir & protéger nos abeilles sauvages. Glénat.
- Vyghen, F., & Mouret, H. (2021). REHAB : Réhabiliter les habitats pionniers pour les abeilles sauvages et autres hyménoptères (2019-2020). Rapport de projet de l'association Arthropologia.
- Wenzel, A., Grass, I., Belavadi, V. V., & Tschamtker, T. (2020). How urbanization is driving pollinator diversity and pollination – A systematic review. *Biological Conservation*, 241, 108321. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108321>
- Westrich, P. (2019). Die Wildbienen Deutschlands (2., aktualisierte Auflage). Ulmer.
- Whalley, W. R., Dumitru, E., & Dexter, A. R. (1995). Biological effects of soil compaction. *Soil and Tillage Research*, 35(1), 53-68. [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(95\)00473-6](https://doi.org/10.1016/0167-1987(95)00473-6)
- Whitfield, G., & Richards, K. (1992). Temperature-Dependent Development and Survival of Immature Stages of the Alfalfa Leafcutter Bee, *Megachile-Rotundata* (hymenoptera, Megachilidae). *APIDOLOGIE*, 23(1), 11-23. <https://doi.org/10.1051/apido:19920102>
- Woods, W. A., Jr, Heinrich, B., & Stevenson, R. D. (2005). Honeybee flight metabolic rate : Does it depend upon air temperature? *Journal of Experimental Biology*, 208(6), 1161-1173. <https://doi.org/10.1242/jeb.01510>
- Xu, M., Chen, J. Q., & Brookshire, B. L. (1997). Temperature and its variability in oak forests in the southeastern Missouri Ozarks. *CLIMATE RESEARCH*, 8(3), 209-223. <https://doi.org/10.3354/cr008209>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Résultats de l'ANOVA à un facteur. L'écriture « ** » indique que l'influence du facteur "parc" est hautement significative. ....	24
<b>Tableau 2</b> : Résultats du test post-hoc de Tukey HSD. L'écriture « * » indique que la différence Beaulieu-Barton est significative et l'écriture « ** » indique que la différence Plonjon-Beaulieu est hautement significative.....	24
<b>Tableau 3</b> : Résultats du test de normalité de Shapiro-Wilk. ....	25
<b>Tableau 4</b> : Résultats du test de normalité d'Anderson-Darling. ....	25
<b>Tableau 5</b> : Liste des nouveaux points de prospection cartographiés en mai 2025 dans les parcs Barton, la Perle du Lac, Mon Repos, Beaulieu, La Grange et Eaux-vives. Les numéros indiqués dans le tableau correspondent aux points de prospection cartographiés (figs. 11-15). La liste commence avec le numéro, qui fait suite au numéro 53 trouvé par De Meris (2024).Le nombre de nids est estimé dans une fourchette (5-10, 10-20, 20-50). La typologie des micro-habitats est conforme à celle établie par Heiniger (2021), avec l'addition du micro-habitat « Gazon exposé tassé » cartographié par De Meris (2024). ....	29
<b>Tableau 6</b> : Tableau récapitulatif des analyses physico-chimiques. Les 14 échantillons sont regroupés par proximité géographique. Les échantillons proviennent ont été pris sur les buttes et sur des points de prospection contenant des nids actifs. La localisation du lieu de prélèvement de l'échantillon est indiquée pour chacun d'eux. Pour la densité et la MO, plus la valeur est élevée et plus la couleur de la cellule est foncée. Pour le pH, plus la couleur est bleue plus le pH est alcalin (pH>7) et plus la couleur est rouge plus le pH est acide (pH<7). Les valeurs de texture ont été analysées à l'aide du triangle de texture USDA pour déterminer la classe texturale de chaque échantillon. Le nombre de nids trouvés sur les buttes/points de prospection est noté pour observer quelle est la physico-chimie des points ayant le plus ou le moins de nids. Un nombre exact est noté pour les buttes et une fourchette de valeurs est notée pour les points de prospection. Dans la colonne localisation, les numéros des points correspondent aux numéros des points des figures 11 à 15. ....	40
<b>Tableau 7</b> : Liste non-exhaustive des espèces de plantes vasculaires observées sur les buttes en mai 2025. ....	44

## Liste des figures

- Figure 1** : La formule n° 1 calcule la densité apparente  $Da$  ( $g/cm^3$ ) à partir de la masse sèche à 105°C  $Ms$  (g), de la masse de grossiers  $Mg$  (g), du volume sec à 105°C  $Vs$  ( $cm^3$ ) et du volume de grossiers  $Vg$  ( $cm^3$ )..... 19
- Figure 2** : Plan de travail lors de l'étape du broyage, avec les matériaux concassés dans le tamis, prêts à être broyés. .... 19
- Figure 3** : Tamisage pour la séparation des grossiers..... 20
- Figure 4** : Graphique en barres montrant la répartition du nombre total de nids observés sur les buttes de type HEPIA et Lyonnaise dans les parcs Beaulieu, Barton et Plonjon en mai 2025. Les valeurs au-dessus des barres indique le nombre exact de nids observés pour chaque butte. Le n correspond au nombre total de nids observés sur les buttes en mai 2025. .... 23
- Figure 5** : Boîtes à moustaches montrant la distribution du nombre de nids observés par session de capture sur les buttes de Beaulieu, Barton et Plonjon. La ligne à l'intérieur de chaque boîte représente la médiane et la croix la moyenne. La valeur de la moyenne est notée à côté de la croix. Les moustaches s'étendent aux minima et aux maxima. Les différences entre sites ont été évaluées à l'aide d'une ANOVA, suivie d'un test post-hoc de Tukey HSD. L'écriture « ns » indique que la différence entre Barton et Plonjon est non-significative, « \* » indique que la différence entre Beaulieu et Barton est significative ( $p < 0,05$ ), « \*\* » indique que la différence entre Beaulieu et Plonjon est hautement significative ( $p < 0,01$ )..... 24
- Figure 6** : Boîtes à moustaches montrant la distribution du nombre de nids observés par session selon le type de butte HEPIA ou Lyonnaise. La ligne à l'intérieur de chaque boîte représente la médiane et la croix la moyenne. La valeur de la moyenne est notée à côté de la croix. Les moustaches s'étendent aux minima et aux maxima. L'écriture « ns » indique que la différence entre le type de butte HEPIA et le type Lyonnaise est non-significative. .... 24
- Figure 7** : Graphique en barres montrant le nombre de nids observés pour chaque butte en juin 2024 et en mai 2025. Le nombre total de nids trouvés sur les buttes en juin 2024 était de 131 et de 161 en mai 2025. Quatre sessions de capture ont eu lieu par butte en mai 2025, et 5 voire 6 en juin 2024. Des sessions de 2024 ont supprimées arbitrairement pour avoir les données de quatre sessions de capture, ce qui permet la comparaison avec les données de 2025. .... 25
- Figure 8** : Abondance relative des espèces, genres ou familles identifiés sur les buttes de Beaulieu en mai 2025. Quarante-deux pour cent des individus n'ont pas pu être identifiés car ils ne sont pas ressortis de leur nid après y être entrés. Les couleurs sont similaires pour les espèces appartenant au même genre, et le code couleur est le même pour les 3 buttes pour permettre une comparaison visuelle. n = nombre total d'individus capturés..... 26
- Figure 9** : Abondance relative des espèces, genres ou familles identifiés sur les buttes de Barton en mai 2025. Quarante-deux pour cent des individus n'ont pas pu être identifiés car ils ne sont pas ressortis de leur nid après y être entrés. Les couleurs sont similaires pour les espèces appartenant au même genre, et le code couleur est le même pour les 3 buttes pour permettre une comparaison visuelle. n = nombre total d'individus capturés..... 27
- Figure 10** : Abondance relative des espèces, genres ou familles identifiés sur les buttes de Plonjon en mai 2025. Trente-huit pour cent des individus n'ont pas pu être identifiés car ils ne sont pas ressortis de leur nid après y être entrés. Les couleurs sont similaires pour les espèces appartenant au même genre, et le code couleur est le même pour les 3 buttes pour permettre une comparaison visuelle. n = nombre total d'individus capturés..... 28

**Figure 11** : Chemin d'herbe fauchée au parc la Grange (16.05.25). Dans une zone herbacée extensive, un linéaire d'environ 20 m de long et 1 m de large a été fauché. Il permet aux promeneurs de rejoindre une zone de bancs depuis un chemin goudronné. Le tassement du sol par les promeneurs diminue le recouvrement de la végétation. La densité de nids sur ce linéaire a été estimée entre 20 et 50, et des individus du genre *Andrena* y ont été identifiés à l'aide de boîtes-loupes (centre de l'image). Il s'agit du point de prospection n°54 (fig.14)... 30

**Figure 12** : Cartographie de tous les points prospectés en mai 2025 aux parcs Moynier et Mon Repos. Les carrés noirs sont les sites de pièges à émergence de 2022, les points noirs sont les points de prospection trouvés en 2022, les cercles orange sont les points de prospection trouvés en 2024, les cercles rouges sont les nouveaux points trouvés sur le terrain en mai 2025. Chaque couleur correspond à un type de micro-habitat défini dans la typologie utilisée. .... 30

**Figure 13** : Cartographie de tous les points prospectés en mai 2025 à la Perle du Lac et au parc Barton. Les cercles orange sont les points de prospection trouvés en 2024, les cercles rouges sont les nouveaux points trouvés sur le terrain en mai 2025. Chaque couleur correspond à un type de micro-habitat défini dans la typologie utilisée..... 31

**Figure 14** : Cartographie de tous les points prospectés en mai 2025 au parc La Grange. Les carrés noirs sont les sites de pièges à émergence de 2022, les points noirs sont les points de prospection trouvés en 2022, les cercles orange sont les points de prospection trouvés en 2024, les cercles rouges sont les nouveaux points trouvés sur le terrain en mai 2025. Chaque couleur correspond à un type de micro-habitat défini dans la typologie utilisée. .... 32

**Figure 15** : Cartographie de tous les points prospectés en mai 2025 au parc des Eaux-Vives. Les carrés noirs sont les sites de pièges à émergence de 2022, les points noirs sont les points de prospection trouvés en 2022, les cercles orange sont les points de prospection trouvés en 2024, les cercles rouges sont les nouveaux points trouvés sur le terrain en mai 2025. Chaque couleur correspond à un type de micro-habitat défini dans la typologie utilisée. .... 32

**Figure 16** : Cartographie de tous les points prospectés en mai 2025 au parc de Beaulieu. Les carrés noirs sont les sites de pièges à émergence de 2022, les points noirs sont les points de prospection trouvés en 2022, les cercles orange sont les points de prospection trouvés en 2024, les cercles rouges sont les nouveaux points trouvés sur le terrain en mai 2025. Chaque couleur correspond à un type de micro-habitat défini dans la typologie utilisée. .... 33

**Figure 17** : Diagramme en barres du nombre estimé de nids trouvés lors des prospections. Au-dessus des barres se trouve le nombre de nids trouvés pour le parc en question..... 33

**Figure 18** : Diagramme en barres du nombre de nids total observé pour chaque micro-habitat dans les parcs Barton, la Perle du Lac, Moynier, Mon Repos, Beaulieu, La Grange et Eaux-vives..... 34

**Figure 19** : Heatmaps des deux loggers situés à 15 cm sous la surface du sol des buttes du parc de Beaulieu. Chaque ligne est un jour, du 16 mai au 12 juin compris, et chaque colonne est une donnée par demi-heure..... 35

**Figure 20** : Heatmaps des trois loggers situés à 15 cm sous la surface du sol des buttes Lyonnaise. Chaque ligne est un jour, du 16 mai au 12 juin compris, et chaque colonne est une donnée par demi-heure. .... 37

**Figure 21** : Boîtes à moustaches représentant la moyenne des températures journalières pour chaque logger (graphe du haut) et la moyenne des amplitudes thermiques journalières (graphe du bas). L'amplitude thermique journalière est la différence entre le maximum de température journalier et le minimum de température journalier. Les légendes sont les suivantes ; la première lettre signifie le parc (B pour Beaulieu, G pour Plonjon et P pour Barton), la deuxième lettre signifie le type de butte (H pour HEPIA, L pour Lyonnaise), « dessous » signifie que le

logger est à 15 cm sous le sol, « dessus » signifie que logger est posé horizontalement à la surface du sol. Les boîtes représentent l'intervalle interquartile, la ligne dans la boîte est la médiane, les points sont les valeurs aberrantes et les moustaches s'étendent jusqu'aux valeurs maximales et minimales. .... 38

**Figure 22 :** Régression linéaire entre l'abondance de nids trouvés sur chaque butte (N) et la moyenne des variances journalières de température (var) des loggers de température enfoncés à 15cm sous le sommet de chaque butte. L'axe des ordonnées représente le nombre de nids et l'axe des abscisses représente la moyenne des variances journalières de température. La p-value = 0,1643 : elle est supérieure à 0,05, il n'y a donc pas de relation significative entre l'abondance de nids sur les buttes et la variable thermique étudiée. .... 39

**Figure 23 :** Boîte à moustaches montrant la distribution des données de densité apparente sèche à 105°C des échantillons. La ligne à l'intérieur de la boîte représente la médiane et la croix la moyenne. La valeur de la moyenne est notée au-dessus de la croix. Les moustaches s'étendent aux minima et aux maxima. L'écriture « n » correspond au nombre d'échantillons analysés. .... 41

**Figure 24 :** Cercle de corrélation des variables qui illustre comment les variables physico-chimiques (en vert) et thermiques (en rouge) se répartissent sur les deux axes factoriels principaux de l'ACP. Ces axes sont issus d'une synthèse entre les variables de l'analyse. Une abréviation du nom de chaque variable est noté à côté de chaque flèche. Les abréviations sont explicitées dans les encadrés de légende à droite du cercle. Dim1 est l'axe principal : les flèches longues et proches de cet axe représentent les variables qui contribuent fortement à ce gradient principal. Cet axe explique 65,1% de la variance totale des variables mesurées. Dim2 est l'axe secondaire : les flèches longues et proches de l'axe sont celles qui contribuent le plus à ce gradient secondaire. Cet axe explique 18,6% de la variance totale des variables mesurées. Les angles entre les flèches indiquent leur degré de corrélation mutuelle. .... 43

**Figure 25 :** Nuage de points projeté sur les deux principaux axes factoriels. L'axe PC1 correspond à l'axe Dim1 du cercle de corrélation (voir figure 21) et l'axe PC2 correspond à l'axe Dim2 du cercle de corrélation. Chaque point représente l'abondance totale de nids sur une butte, et la taille du point est proportionnelle au nombre de nids. La position des points sur le graphe est directement liée à leurs valeurs pour chacune des variables du cercle de corrélation. Le parc et le type de butte sont notés à côté du point. .... 43

**Figure 26 :** 1<sup>ère</sup> photo à 11h03, le 15.05.25 : les buttes de Barton sont encore à l'ombre et aucune activité d'abeille terricole n'est constatée. 2<sup>ème</sup> photo à 11h13 : rosée sur les feuilles de *Digitaria sanguinalis*, le soleil commence à atteindre la butte HEPIA. 3<sup>ème</sup> photo à 12h52 : il n'y a plus d'ombrage, l'activité d'abeilles terricoles est constatée et l'inventaire peut commencer. .... 45

**Figure 27 :** Pourcentage des genres d'abeilles observées lors de l'étude sur les ressources florales herbacées des parcs de Genève (Heiniger et al., 2023)..... 50