Zeitschrift: Entomo Helvetica : entomologische Zeitschrift der Schweiz

Herausgeber: Schweizerische Entomologische Gesellschaft

Band: 11 (2018)

Artikel: Abondance et diversité de l'apifaune (Hymenoptera, Anthophila) des toitures végétalisées de l'agglomération genevoise

Autor: Pétremand, Gaél / Bénon, Dimitri / Rochefort, Sophie

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-986028

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Abondance et diversité de l'apifaune (Hymenoptera, Anthophila) des toitures végétalisées de l'agglomération genevoise

GAËL PÉTREMAND[1], DIMITRI BÉNON[2] & SOPHIE ROCHEFORT[1]

[1] University of Applied Sciences and Arts of Western Switzerland, hepia, Research Institute Land Nature and Environment, route de Presinge 150, CH-1254 Jussy

[2] Centre Suisse de Cartographie de la Faune, info fauna, UniMail – Bâtiment G, Bellevaux 51, CH-2000 Neuchâtel (Auteur pour correspondance: sophie.rochefort@hesge.ch)

Abstract: Abundance and diversity of bees (Hymenoptera: Anthophila) on green roofs in the canton of Geneva. – Green roofs exhibit an interesting diversity of flora and fauna and may represent a favourable habitat for bees in city settings. However, few studies have looked at wild bees on green roofs or at the influence of roof parameters on bee abundance and diversity. The aim of this study was to determine the most common species found on ten green roofs in the urban agglomeration of Geneva. The roofs represented different types of plant cover, as well as different types and thicknesses of substrate. In 2015, a total of 714 individuals representing 37 species were sampled from these roofs. Of these individuals, 472 (66%) were honeybees (*Apis mellifera*). The other 36 species were mainly from the genera *Andrena*, *Bombus* and *Lasioglossum*. Seven species are on the Swiss red list. The six most common species, all polylectic and ground-dwelling, exhibited abundances greater than 5%. This study shows that green roofs can be beneficial to bee diversity and may represent a foraging resource for rare or endangered species.

Résumé: Les toitures végétalisées hébergent une diversité faunistique et floristique intéressante et peuvent être, en ville, des milieux favorables aux abeilles. Or, très peu d'études ont échantillonné les abeilles sauvages sur les toitures végétalisées et tenté d'évaluer l'influence de certains paramètres de ces toitures sur leur abondance et leur diversité. Cette étude avait pour objectif de déterminer les espèces les plus fréquentes sur dix toitures végétalisées de l'agglomération genevoise présentant un couvert végétal, un type et une épaisseur de substrat différents. Au total 714 spécimens, appartenant à 37 espèces, ont été recensés en 2015 sur les toitures étudiées. Parmi ces spécimens, 472 (66%) sont des abeilles domestiques *Apis mellifera*. Les 36 autres espèces appartiennent principalement aux genres *Andrena*, *Bombus* et *Lasioglossum*. Sept espèces recensées sont présentes sur la liste rouge suisse. Six espèces, toutes polylectiques et terricoles, sont dominantes sur les toitures. Cette étude montre que les toitures végétalisées profitent à une apifaune diversifiée et intéressante du point de vue de la conservation.

Zusammenfassung: Abundanz und Diversität von Bienen (Hymenoptera: Anthophila) auf bewachsenen Flachdächern der Agglomeration Genf. – Bewachsene Flachdächer bieten Raum für eine bemerkenswert diverse Flora und Fauna, wobei sie namentlich in Städten auch günstig für Bienen sein können. Allerdings haben sich bisher erst ganz wenige Studien mit dem Einfluss definierter Dachparameter auf Abundanz und Diversität von Wildbienen beschäftigt. Diese Studie betrachtete in der Agglomeration Genf auf zehn Flachdächern drei ausgewählte Parameter (Vegetation, Substrattyp, Substratdicke) und erhob, welche Bienenarten jeweils die häufigsten waren. Im Jahr 2015 wurden dabei insgesamt 714 Individuen aus 37 Arten registriert. Allein 472 (66%) dieser Individuen sind Honigbienen (*Apis mellifera*). Die restlichen 36 Arten gehören vor allem zu den Gattungen *Andrena*, *Bombus* und *Lasioglossum*. Die sechs häufigsten Arten sind polylektisch und nisten im Boden. Sieben Arten stehen auf der Roten Liste. Alles in allem ist die Bienenfauna auf den untersuchten Flachdächern divers und enthält auch seltene und schützenswerte Arten.

Keywords: Wild bees, urban greening, urban entomology, Switzerland

INTRODUCTION

L'étalement urbain entraîne la perte d'habitats naturels et impacte ainsi l'équilibre biologique de notre planète et le bien-être des citadins (Fischer & Lindenmayer 2007). Il est de plus en plus reconnu que la présence de nature en ville contribue au maintien de la biodiversité et des services rendus par celle-ci (Jim 2004). Le verdissement des bâtiments (végétalisation des toits et façades) apporte plusieurs services à la ville notamment au niveau de la gestion des eaux pluviales, de la réduction des phénomènes d'îlots de chaleur mais aussi aux niveaux esthétique et récréatif (Oberndorfer et al. 2007). Ces bienfaits expliquent l'augmentation du nombre de toitures végétalisées dans les villes occidentales et ce n'est que récemment que l'on s'intéresse aux toitures végétalisées comme habitats refuges pour plusieurs organismes (Baumann 2006, Grant 2006, Kadas 2006, Madre et al. 2013).

Au niveau entomologique, certaines études (voir par exemple Williams et al. 2014) ont démontré que les toitures végétalisées hébergent différentes espèces d'arthropodes mais à ce jour, peu d'informations existent sur les interactions entre ceux-ci et le substrat (type, épaisseur, etc.) et la végétation. La diversité des arthropodes semble être influencée positivement par le taux de recouvrement de la végétation (Schindler et al. 2011), la diversité des espèces végétales (Braaker et al. 2017), la diversité des strates de végétation (muscinale, herbacée, arbustive) présentes sur une toiture (Madre et al. 2013) ou encore par l'hétérogénéité de l'épaisseur du substrat sur une même toiture (Brenneisen 2003).

L'intérêt des toitures végétalisées en tant qu'objet de conservation de la biodiversité urbaine reste également peu connu. En Suisse, plusieurs études (Brenneisen 2003, Kaupp et al. 2004, Sonnay & Pellet 2016, Pétremand et al. 2017) ont révélé la présence d'espèces menacées pour certains groupes d'arthropodes (araignées, coléoptères, hyménoptères). Les toitures jouent également un rôle clé pour la connectivité des habitats urbains, en particulier pour les arthropodes très mobiles tels que les abeilles (Hymenoptera: Anthophila) ou les charançons (Coleoptera: Curculionidae) (Braaker et al. 2014).

Les abeilles sauvages ont été largement étudiées dans les agroécosystèmes en raison de leur rôle de pollinisateurs (e.g. Kennedy et al. 2013, Sutter et al. 2017). En milieu urbain, plusieurs études se sont penchées sur ce groupe en particulier dans les jardins, friches, parcs, prairies, etc. (Hernandez et al. 2009). Seules quelques études se sont focalisées sur l'apifaune des toitures végétalisées durant ces dernières années (Colla et al. 2009, Tonietto et al. 2011, Braaker et al. 2014, 2017, MacIvor et al. 2015, MacIvor 2016, Sonnay & Pellet 2016). La présence des abeilles sur les toitures végétalisées semble être fortement influencée par l'environnement de la toiture ainsi que par sa richesse botanique (Braaker et al. 2014, 2017). MacIvor (2016) a également démontré que la hauteur du toit influence négativement la présence de nids / pontes d'abeilles sauvages sur la toiture. Parmi ces études, très peu se sont penchées sur les communautés d'espèces présentes sur les toitures végétalisées. Ainsi, cette étude visait à définir les espèces d'abeilles sauvages les plus fréquentes sur les toitures de l'agglomération genevoise et à mettre en relation la diversité des abeilles avec l'épaisseur du substrat et le type de végétation.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dix toitures végétalisées de l'agglomération genevoise ont été échantillonnées (Tab. 1, Fig. 1). Ces toitures, dont la surface minimum était de 400 m^2, ont été sélectionnées en fonction du type de végétation et de l'épaisseur du substrat (Tab. 1).

L'échantillonnage des abeilles a été effectué au moyen de pièges à interception jaunes non-directionnels (Duelli et al. 1999) (Fig. 1) qui permettent de capturer l'entomofaune aérienne de passage sur une toiture par une combinaison d'un piège coloré (entonnoir jaune, diamètre 42 cm) et d'un piège à interception (plaques transparentes en polycarbonate de 50 cm de haut, placées sur l'entonnoir). Le fond de l'entonnoir est rempli d'environ 2 L d'eau savonneuse dans laquelle les insectes tombent et se noient. L'entonnoir est soutenu par une structure en bois à une hauteur d'environ 1 m au-dessus du sol. Quatre poids d'environ 5 kg chacun soutiennent le piège afin qu'il reste ancré au sol. Les pièges ont été installés au mois d'avril et ont opéré jusqu'à la fin juin 2015 pour une période totale de sept semaines avec un relevé hebdomadaire.

Les identifications ont été réalisées avec les clés de Amiet (1996), Amiet et al. (1999, 2001, 2004, 2007, 2010, 2014) et la nomenclature suit celle utilisée dans ces ouvrages. Le matériel collecté et identifié a été conservé au laboratoire d'agroécologie et systèmes horticoles de hepia, site de Lullier. Les données ont été transmises à info fauna – CSCF (Neuchâtel). Le statut des espèces a été défini selon la liste rouge de Amiet (1994) (LR). Cette liste datant de plus de 20 ans et n'étant plus à jour pour une

Tab. 1. Caractéristiques techniques et structurelles des toitures végétalisées échantillonnées dans l'agglomération genevoise. Type de végétation: **MS**=mousse+*Sedum*, **MSH**=mousse+*Sedum*+herbacée, **MH**=mousse+herbacée, **H**=herbacée, **MSHA**=mousse+*Sedum*+herbacée+arbustive. Epaisseur du substrat: **1**=<8 cm, **2**=8–15 cm, **3**=>25 cm, **4**=épaisseur variable. Entretien: **–**=aucun; **F**=fauches régulières.

Toitures végétalisées	Coordonnées (x, y)	Année mise en place toiture végétalisée	Hauteur toiture	Végétation	Epaisseur substrat	Entretien
Les Huttins	499'613/114'775	2007	<10 m	Prairie avec *Sedum* (**MSH**)	**1**	–
La Seymaz	504'690/117'846	2007	>10 m	Prairie intensive (**H**)	**3**	**F**
HEAD	499'422/118'423	2010	>10 m	*Sedum* (**MS**)	**4**	–
Europe	498'385/118'224	1996	>10 m	Prairie extensive (**MH**)	**2**	–
Les Pommiers	498'435/120'628	2012	>10 m	Lande, *Sedum*, prairie extensive (**MSHA**)	**4**	–
L'Horlogerie	497'657/116'350	1982	<10 m	Arbustes, prairie extensive (**MSHA**)	**3**	–
Pavillon de l'enfance	495'753/119'441	2011	<10 m	Prairie avec *Sedum* (**MSH**)	**1**	–
Zürich assurance	501'416/116'403	1973	<10 m	Gazon intensif (**H**)	**3**	**F**
HUG	500'389/116'425	1992–1994	<10 m	Prairie extensive (**MH**)	**2**	–
La Praille	498'790/115'077	2002	>10 m	*Sedum* (**MS**)	**1**	–

Fig. 1. Piège à interception jaune non-directionnel sur la toiture de la salle de gym du collège des Pommiers au Grand-Saconnex (GE).

partie des espèces, une référence est également faite à un document de 2007 réévaluant provisoirement la liste rouge de 1994 (A. Müller, comm. pers.) (LR2).

L'abondance (nombre total d'individus collectés), l'abondance relative (nombre total d'individus d'une espèce collectée / nombre total d'individus x 100), la richesse (nombre d'espèces collectées par toiture) et la diversité (calculée à l'aide de l'indice de Shannon) des abeilles sauvages des toitures de l'étude ont été calculées. L'abeille mellifère *Apis mellifera* a été exclue de ces calculs car sa présence est dépendante de l'homme et non de milieux spécifiques à l'écosystème urbain.

Pour la végétation des toitures, des relevés ont été réalisés afin d'obtenir le taux de recouvrement, la richesse spécifique, la fréquence des espéces et la proportion d'espèces menacées et de néophytes (Hédont et al. 2016).

RÉSULTATS

Au total 714 abeilles appartenant à 37 espèces ont été recensées sur les dix toitures de l'étude. Parmi ces spécimens, 472 (66 %) sont des abeilles domestiques. Les 36 autres espèces appartiennent principalement aux genres *Andrena*, *Bombus* et *Lasioglossum* (Tab. 2). Six espèces sont dominantes avec des abondances de plus de 5 %: *Andrena*

Tab. 2. Abondance des espèces d'abeilles présentes sur les dix toitures végétalisées échantillonnées. Statuts liste rouge (Amiet 1994) (**LR**): **1** = en danger d'extinction, **2** = très menacée, **3** = espèce menacée, **4** = potentiellement menacée. Statuts **LR2** (A. Müller, comm. pers.): **1** = pour sûr menacé, **2** = potentiellement menacé, **3** = potentiellement non-menacé, **4** = pour sûr non-menacé. Régime trophique et lieu de nidification tirés de Westrich (1989), Amiet (1996), Amiet et al. (1999, 2001, 2004, 2007, 2010). En gras: espèces dominantes. En rouge: espèces menacées sur la **LR2** (= statut **1** ou **2**).

Espèces	LR	LR2	Régime trophique	Nidification	Les Huttins	La Seymaz	HEAD	Europe	Les Pommiers	L'Horlogerie	Pavillon de l'enfance	Zürich assurance	HUG	La Praille	Total	Abondance relative
Andrena bicolor Fabricius, 1775			Polylectique	Terricole									1		1	0.41
Andrena chrysosceles (Kirby, 1802)			Polylectique	Terricole						1		1			2	0.83
Andrena cineraria (Linnaeus, 1758)	3	4	Polylectique	Terricole					1	1	2				4	1.65
Andrena dorsata (Kirby, 1802)			Polylectique	Terricole						1					1	0.41
Andrena florea Fabricius, 1793	3	2	Bryonia	Terricole						1					1	0.41
Andrena fulva (Müller, 1766)			Polylectique	Terricole			1								1	0.41
Andrena gravida Imhoff, 1832			Polylectique	Terricole		1									1	0.41
Andrena haemorrhoa (Fabricius, 1781)			Polylectique	Terricole	1				1						2	0.83
Andrena labialis (Kirby, 1802)	1	2	Polylectique	Terricole					1						1	0.41
Andrena nigroaenea (Kirby, 1802)			Polylectique	Terricole	1	1	3	3				1	6		15	**6.2**
Andrena nitida (Müller, 1776)			Polylectique	Terricole			1		1			3			5	2.07
Andrena tibialis (Kirby, 1802)			Polylectique	Terricole										1	1	0.41
Andrena vaga Panzer, 1799			Salix	Terricole	1										1	0.41
Apis mellifera Linnaeus, 1758			Polylectique	Cavicole	45	30	17	25	37	204	21	34	42	17	472	-
Bombus lapidarius (Linnaeus, 1758)			Polylectique	Cavicole-terricole			1					1			2	0.83
Bombus pascuorum (Scopoli, 1763)			Polylectique	Cavicole-terricole					1				2		3	1.24
Bombus ruderatus (Fabricius, 1775)	2	2	Polylectique	Cavicole-terricole					1						1	0.41
Bombus rupestris (Fabricius, 1793)			–	Parasite d'espèces cavicoles-terricoles			1								1	0.41
Bombus sylvarum Linnaeus, 1761	3	3	Polylectique	Terricole-cavicole		1									1	0.41
***Bombus terrestris* aggr.** (Linnaeus, 1758)			Polylectique	Cavicole-terricole	3		7	5	10	7	7	3	4	1	47	**19.4**
Colletes cunicularius (Linnaeus, 1761)	2	4	Polylectique	Terricole					1						1	0.41
Halictus scabiosae (Rossi, 1790)	3	4	Polylectique	Terricole	2	7	1		4	1			2	1	18	**7.44**
Halictus simplex aggr. Blüthgen, 1923			Polylectique	Terricole	1				1				2		4	1.65
Hylaeus hyalinatus Smith, 1842			Polylectique	Cavicole-terricole/ cavicole-xylicole									1		1	0.41
Hylaeus sinuatus (Schenck, 1873)			Polylectique	Cavicole-terricole/ cavicole-xylicole									1		1	0.41
Lasioglossum calceatum (Scopoli, 1763)			Polylectique	Terricole										1	1	0.41
Lasioglossum laticeps (Schenck, 1868)			Polylectique	Terricole	1	1	1	1	7	6	1	4	5	1	28	**11.6**
Lasioglossum malachurum (Kirby, 1802)			Polylectique	Terricole			1			2					3	1.24
Lasioglossum morio (Fabricius, 1793)			Polylectique	Terricole	1			15		3			33		52	**21.5**
Lasioglossum nitidulum (Fabricius, 1804)			Polylectique	Terricole						1		1			2	0.83
Lasioglossum pauxillum (Schenck, 1853)			Polylectique	Terricole				2	1	9		14	1		27	**11.2**
Lasioglossum politum (Schenck, 1853)			Polylectique	Terricole		1				1			1		3	1.24
Megachile ericetorum (Lepeletier, 1841)			Fabaceae	Cavicole-terricole/ cavicole-xylicole									1		1	0.41
Megachile willughbiella (Kirby, 1802)			Polylectique	Xylicole/ cavicole									1		1	0.41
Osmia bicornis (Linnaeus, 1758)			Polylectique	Cavicole				3	2				2		7	2.89
Osmia cornuta (Latreille, 1805)			Polylectique	Cavicole			1								1	0.41
Sphecodes ephippius (Linnaeus, 1767)			–	Parasite d'abeilles terricoles					1						1	0.41
Abondance					56	42	35	54	70	238	31	62	105	22	**714**	**100**
Richesse					9	7	11	7	15	13	4	9	16	6	**37**	

nigroaenea, *Bombus terrestris* aggr., *Halictus scabiosae*, *Lasioglossum laticeps*, *Lasioglossum pauxillum*, *Lasioglossum morio*.

Parmi les espèces inventoriées, sept sont présentes sur la liste rouge suisse (Amiet 1994): quatre ont le statut d'espèces menacées (LR=3): *Andrena cineraria*, *Andrena florea*, *Bombus sylvarum* et *Halictus scabiosae*; deux sont considérées comme très menacées (LR=2): *Bombus ruderatus*, *Colletes cunicularius*; et une espèce est «en danger d'extinction» (LR = 1): *Andrena labialis*.

C'est une première mention d'*A. cineraria* dans le canton de Genève (info fauna – CSCF) et quatres autres espèces n'avaient pas été signalées dans ce canton depuis au moins 45 ans (info fauna – CSCF): *Andrena fulva*, *Andrena tibialis*, *Bombus rupestris* et *Hylaeus sinuatus*. Egalement, l'espèce *A. nigroaenea*, surtout connue dans les vallées alpines, n'avait pas été collectée à Genève depuis 1991 (info fauna – CSCF).

D'importantes différences dans l'abondance et la richesse en espèces d'abeilles s'observent entre les différentes toitures, avec 4 à 16 espèces observées et 22 à 238 individus collectés (Tab. 2). Les trois toitures les plus riches en espèces d'abeilles sont celles des HUG, des Pommiers et de l'Horlogerie (Tab. 3). La toiture des HUG est particulièrement basse (hauteur=4 m) et entretenue de manière extensive, sans fauche. Au niveau faunistique, la spécificité de cette toiture est qu'elle est la seule où deux espèces de *Hylaeus* et de *Megachile* ont été collectées (Tab. 2), en plus des 14 autres espèces. Les toitures des Pommiers et de l'Horlogerie sont les deux seules avec une strate arbustive. Elles possèdent une diversité de Shannon élevée (>2) et une richesse en plantes vasculaires importante, en particulier la toiture des Pommiers (64 espèces de plantes vasculaires) (Hédont et al. 2016). Ces deux toitures sont également les seules ayant des espèces sur la liste rouge révisée de A. Müller.

Les autres toitures possèdent des propriétés au niveau de la végétation et du substrat très différentes mais ne se distinguent pas particulièrement les unes des autres par leur apifaune. Les toitures ayant des substrats peu épais (<8 cm) ressortent tout de

Tab. 3. Caractéristiques faunistiques (richesse, diversité, abondance, espèces sur **LR**), botanique (richesse) et structurelles (type de végétation, épaisseur du substrat) des dix toitures végétalisées. Types de végétation: **MS**=mousse+*Sedum*, **MSH**=mousse+*Sedum*+herbacée, **MH**=mousse+herbacée, **H**=herbacée, **MSHA**=mousse+*Sedum*+herbacée+arbustive. Epaisseur du substrat: **1**=<8 cm, **2**=8–15 cm, **3**=>25 cm, **4**=épaisseur variable.

Toitures végétalisées	**Pavillon de l'enfance**	**La Praille**	**La Seymaz**	**Europe**	**Les Huttins**	**Zürich assurance**	**HEAD**	**L'Horlogerie**	**Les Pommiers**	**HUG**
Richesse abeilles sauvages	3	5	6	6	8	8	10	12	14	15
Indice de diversité de Shannon	0.80	1.61	1.35	1.41	1.97	1.56	1.95	2.10	2.18	1.84
Abondance	10	5	12	29	11	28	18	34	33	63
Espèces sur **LR** de A. Müller (comm. pers.)	–	–	–	–	–	–	–	1	2	–
Type de végétation	**MSH**	**MS**	**H**	**MH**	**MSH**	**H**	**MS**	**MSHA**	**MSHA**	**MH**
Richesse plantes vasculaires	44	21	33	48	42	29	47	48	64	37
Epaisseur du substrat	**1**	**1**	**3**	**2**	**1**	**3**	**4**	**3**	**4**	**2**

même comme étant des toitures peu riches et peu diversifiées (en particulier le Pavillon de l'enfance et la Praille). Les deux toitures ayant un entretien intensif (fauche) montrent une richesse, une abondance et une diversité faibles. Leur richesse végétale est relativement faible également (<40 espèces).

DISCUSSION

Cette étude a permis de recenser 36 espèces d'abeilles sauvages sur 10 toitures végétalisées du canton de Genève avec un total de 242 individus capturés. Ceci est peu d'espèces comparativement à une étude menée par Braaker et al. (2017) sur 40 toitures végétalisées de la ville de Zurich dans laquelle 77 espèces ont été échantillonnées avec la même méthode que celle utilisée dans la présente étude. Cet écart peut entre autres s'expliquer par la différence dans l'effort d'échantillonnage entre les deux études. Il serait intéressant de procéder à un échantillonnage sur un nombre plus important de toitures genevoises afin d'avoir une idée plus exhaustive des espèces qui les visitent mais également d'utiliser différentes méthodes d'échantillonnage sur une même toiture. En effet, une étude menée par Passasseo (2018) a permis d'échantillonner 64 espèces d'abeilles sauvages sur six toitures genevoises à l'aide de la méthode des pièges cornets (Sarthou 2009). De ces 64 espèces, 21 sont les mêmes que celles recensées dans la présente étude. Aussi, lors d'un suivi réalisé à Lausanne sur une toiture végétalisée (Sonnay & Pellet 2016), 34 espèces d'abeilles sauvages ont été capturées à l'aide de la méthode du filet (chasse à vue) et de pièges attractifs colorés. De ces 34 espèces, 14 sont communes à notre étude. Ainsi, la méthode et l'effort d'échantillonnage influencent l'abondance et la diversité d'espèces échantillonnées sur une toiture. Un autre facteur pourrait expliquer la faible abondance et richesse d'abeilles sauvages sur les toitures genevoises: la forte présence d'abeilles mellifères. Deux tiers des spécimens d'abeilles collectés sont des abeilles domestiques, ce qui correspond aux résultats d'une étude réalisée sur une toiture végétalisée de la ville de Lausanne qui a également montré qu'entre 48 et 67 % des Apoidae capturés étaient des abeilles mellifères (Sonnay & Pellet 2016). Cette proportion élevée pose la question de la compétition entre cette espèce et les abeilles sauvages. Selon Vereecken et al. (2015), une densité trop élevée de ruches en milieu urbain pourrait engendrer des problèmes de compétitivité pour les ressources entre abeilles mellifères et sauvages. Cette compétitivité pourrait être plus importante en ville où les ressources en nectar et en pollen sont limitées (au niveau de la surface) et où de plus en plus de ruches sont installées dans les jardins individuels, sur les toits, dans les espaces verts, etc. D'autres facteurs comme l'accessibilité de la toiture, principalement influencée par sa hauteur et l'environnement de celle-ci, ainsi que le niveau d'urbanité dans lequel se trouve la toiture, pourraient également expliquer les variations de diversité et d'abondance d'abeilles recensées dans les différentes études (Braaker et al. 2014, MacIvor 2016, Passasseo 2018).

La plupart des espèces collectées dans notre étude sont polylectiques (84 %) (i. d. pouvant récolter le pollen de plusieurs familles de plantes) et terricoles (65 %) (i. d. formant des nids dans le sol). Trois espèces sont oligolectiques: une sur *Bryonia* spp., une sur les Fabaceae et une sur *Salix* spp. (genre pourtant absent des toitures). Les toitures ainsi que le milieu urbain sensu largo semblent abriter une très grande majorité

d'espèces opportunistes qui peuvent survivre dans un écosystème aux ressources limitées et disparates (Hernandez et al. 2009).

Espèces menacées

Parmi les quatre espèces menacées (LR = 3) recensées dans cette étude, trois ne semblent plus l'être selon la LR2 de Müller (2007, non publié). Seule *Andrena florea* reste potentiellement menacée au niveau national (LR2 = 2). Les captures récentes de cette espèce proviennent essentiellement de la région de Schaffhouse, de Bâle, des lacs de Neuchâtel, Bienne et Morat, de la vallée du Rhône ainsi que du canton de Genève en 2002 (info fauna – CSCF) et en 2014 (Bénon 2015). Cette espèce est une spécialiste sur les *Bryonia* spp. Une des deux espèces de ce genre présentes en Suisse, *Bryonia dioica* Jaqc., est largement répandue dans le canton de Genève et dans d'autres régions de Suisse, en particulier en milieu urbain. Sur la toiture de l'Horlogerie, *B. dioica* était bien présente sans avoir été introduite par l'Homme. Selon la LR2, *Colletes cunicularius* ne semble plus du tout menacé en Suisse (LR2 = 4). Cette espèce a en effet été largement collectée ces dernières années sur le plateau, en Valais et dans les Grisons. Par contre, *Bombus ruderatus* (LR = 2) semble toujours être une espèce menacée au niveau national (LR2 = 2). Les données récentes de cette espèce sont peu nombreuses sur le plateau suisse mais sa distribution et ses populations semblent rester constantes. Certaines observations de cette espèce ont eu lieu tout à l'ouest du canton de Genève notamment dans les années 2000 et très récemment à Chancy (2017) (info fauna – CSCF).

Andrena labialis, «en danger d'extinction» selon Amiet (1994), ne semble plus l'être (LR2 = 2) car elle a été retrouvée récemment dans plusieurs vallées internes des Alpes et dans la chaîne du Jura (info fauna – CSCF), mais elle paraît toutefois rester vulnérable. A Genève, une donnée récente provient d'un vignoble à Bernex (Bénon 2015) alors qu'aucune capture n'avait eu lieu depuis 30 ans sur le canton (info fauna – CSCF). Ces deux données (dans le vignoble et sur la toiture du collège des Pommiers), provenant de milieux peu échantillonnés auparavant, suggèrent que l'espèce puisse être plus répandue que ce que suggèrent ses rares captures dans le canton de Genève.

Deux des espèces considérées comme potentiellement menacées par la LR2, *Andrena labialis* et *Bombus ruderatus*, ont été collectées sur la toiture du collège des Pommiers. Cette dernière possède un substrat variable et une végétation diversifiée avec une strate arbustive constituée notamment de lavande, *Lavandula angustifolia* Mill. Cette diversité végétale et structurelle semble profiter à des espèces peu communes et donc participer à la conservation d'espèces menacées.

Espèces dominantes et potentiel de nidification

Les espèces dominantes rencontrées sur les toitures végétalisées sont des espèces communes, polylectiques et nichant essentiellement dans le sol. Bien qu'aucune observation de nidification n'ait pu être faite lors de cette étude, certaines espèces (*Lasioglossum laticeps* et *L. morio*) ont été observées nidifiant sur des toitures à Zurich (S. Braaker, comm. pers.). De plus, une étude, menée sur six toitures du canton de Genève en 2017 et utilisant des pièges à émergence, a démontré que cinq espèces (*Halictus scabiosae*, *H. tumulorum*, *Hylaeus gredleri*, *Lasioglossum malachurum* et *Lasioglossum morio*)

nidifiaient sur les toitures (Passasseo 2018). Parmi ces espèces, *L. morio* est celle qui a été recensée en plus grand nombre. Les toitures végétalisées semblent donc offrir des sites de nidification d'intérêt pour certaines espèces terricoles. L'épaisseur du substrat et le type de substrat influencent très certainement la nidification des abeilles sauvages. Malheureusement, les informations concernant la profondeur des nids sont rares et varient fortement d'une espèce à l'autre. Ainsi, les cellules se trouvent entre 6–10 cm de profondeur pour *Lasioglossum laticeps*, entre 13–33 cm pour *Halictus scabiosae* et jusqu'à plus d'un mètre pour *Bombus terrestris* (Westrich 1989). Il semble donc probable que d'autres espèces de petite taille, comme *L. pauxillum* et *L. morio*, trouvent une profondeur de substrat suffisante pour nidifier sur une grande partie des toitures végétalisées, d'où leur relative abondance. Afin de définir et d'évaluer plus précisément les espèces terricoles nidifiant sur les toitures, des relevés détaillés sur un grand nombre de toitures et éventuellement des excavations de nids devraient être entrepris. De telles données, absentes des études précédentes (Colla et al. 2009, Tonietto et al. 2011, Braaker et al. 2014, 2017, Sonnay & Pellet 2016), seraient primordiales pour comprendre le lien entre la nidification des espèces terricoles et les toitures végétalisées et ainsi, éventuellement, établir des recommandations d'installation de substrats (épaisseur et type de substrat) et de végétation favorisant leur nidification.

Attractivité des toitures pour l'apifaune

Les différences d'abondance et de richesse d'abeilles sauvages entre les toitures de cette étude peuvent s'expliquer par différents facteurs. En effet, les toitures ayant des épaisseurs de substrat faibles (<8 cm) et entretenues de manière intensive ne semblent pas profiter à l'apifaune urbaine. Les substrats très terreux et donc plus humides des deux toitures entretenues par fauche (La Seymaz et Zürich assurance) sont en effet peu propices à la nidification des espèces terricoles préférant des sols secs comportant des zones dénudées de végétation. A l'opposé, la richesse très élevée en abeilles sauvages observée sur la toiture des HUG peut s'expliquer par une hauteur faible de la toiture par rapport au sol. En effet, une toiture peu élevée par rapport au sol favorise une meilleure accessibilité pour les abeilles avec les milieux environnant la toiture, ainsi qu'une composition floristique spécifique qui attire des espèces absentes des autres toitures, notamment des genres *Hylaeus* (qui s'alimentent sur les Apiacées, Rosacées et Astéracées) et *Megachile* (Boyer 2015). Les deux toitures ayant une végétation avec strate arbustive (toitures des Pommiers et de l'Horlogerie) montrent des richesses et des abondances élevées en abeilles sauvages. La toiture des Pommiers semble particulièrement intéressante aux niveaux faunistique (richesse, diversité) et botanique (richesse). Au niveau faunistique, deux espèces d'abeilles sauvages sur la LR2 de Müller (2007, non publié) ont été collectées sur cette toiture, indiquant un rôle potentiel pour la conservation. Ces éléments montrent que la diversité structurale de cette toiture au niveau de la végétation (muscinale, *Sedum*, herbacée, arbustive) et du substrat (variation des épaisseurs) crée des ressources intéressantes pour les abeilles sauvages en milieu urbain, constat rejoignant celui déjà établi pour d'autres groupes d'arthropodes (Brenneisen 2003, Pétremand et al. 2017).

Les différences d'apifaune entre les toitures peuvent également être liées à d'autres éléments: composition floristique spécifique de chaque toiture attirant son

lot de pollinisateurs, hasard de l'échantillonnage, environnement immédiat ou même lointain de la toiture, etc. Des relevés *in situ* à l'aide d'un filet entomologique sur chaque toiture permettraient de mieux évaluer le rapport entre les abeilles présentes et les espèces végétales visitées. De plus, la méthode de chasse à vue avec un filet permet de collecter un maximum d'espèces souvent non recensées par des méthodes passives (Nielsen et al. 2011, Sonnay & Pellet 2016), comme celle utilisée dans cette étude.

Les présents résultats montrent que les toitures végétalisées profitent à une apifaune diversifiée, composée d'espèces rares et menacées, intéressante du point de vue de la conservation de la biodiversité. Elles offrent, notamment, aux abeilles sauvages des ressources florales diversifiées en milieu urbain et probablement aussi des sites de nidification pour certaines espèces terricoles.

Face à une toiture non-végétalisée, le gain en biodiversité est évident malgré un faible apport de certaines toitures extensives conventionnelles comme le démontre Williams (2014). Cependant, les présents résultats soulignent l'intérêt de la mise en place d'une stratégie de verdissement réfléchie des toitures végétalisées (semis d'espèces indigènes profitant à l'apifaune (Schüepp 2016a, 2016b), diversification des strates de végétation, etc.) prenant en compte la nature et l'épaisseur du substrat. Pour favoriser la nidification des espèces sur les toitures, la mise en place de structures annexes serait d'un intérêt certain. La présence de tas de bois mort, d'hôtels à insectes (troncs percés, tiges de bambou, etc.) ou encore de semis d'espèces à tige creuse (e. g. *Echium vulgare*, *Artemisia* spp., *Verbascum* spp.) favoriserait les espèces cavicoles/xylicoles. Egalement, l'installation de substrats d'épaisseur et de composition variables ou la création de monticules de sable (min. 2–3 m^2; Schüepp 2016b) sur la toiture permettrait l'établissment d'espèces terricoles. Ces structures profiteraient non seulement aux abeilles mais également à d'autres groupes d'arthropodes tels que les carabes (Brenneisen 2003, Pétremand et al. 2017).

Remerciements
Cette étude a été possible grâce au soutien financier de la HES-SO du domaine Ingénierie et Architecture ainsi que du canton de Genève (DGAN, DirGénEau et OCEN).

Littérature

Amiet F. 1994. Liste rouge des abeilles menacées de Suisse. In: P. Duelli (Ed.), Liste rouge des espèces menaces de Suisse, pp. 38–44. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Bern.

Amiet F. 1996. Apidae 1. *Apis*, *Bombus* et *Psithyrus*. Insecta Helvetica 12. CSCF Neuchâtel, 98 pp.

Amiet F., Herrmann M., Müller A. & Neumeyer R. 2001. Apidae 3. *Halictus*, *Lasioglossum*. Fauna Helvetica 6. CSCF, Neuchâtel, 208 pp.

Amiet F., Herrmann M., Müller A. & Neumeyer R. 2004. Apidae 4. *Anthidium*, *Chelostoma*, *Coelioxys*, *Dioxys*, *Heriades*, *Lithurgus*, *Megachile*, *Osmia*, *Stelis*. Fauna Helvetica 9. CSCF/SEG, Neuchâtel, 273 pp.

Amiet F., Herrmann M., Müller A. & Neumeyer R. 2007. Apidae 5. *Ammobates*, *Ammobatoides*, *Anthophora*, *Biastes*, *Ceratina*, *Dasypoda*, *Epeoloides*, *Epeolus*, *Eucera*, *Macropis*, *Melecta*, *Melitta*, *Nomada*, *Pasites*, *Tetralonia*, *Thyreus*, *Xylocopa*. Fauna Helvetica 20. CSCF/SEG, Neuchâtel, 356 pp.

Amiet F., Herrmann M., Müller A. & Neumeyer R. 2010. Apidae 6. *Andrena*, *Melitturga*, *Panurginus*, *Panurgus*. Fauna Helvetica 26. CSCF/SEG, Neuchâtel, 317 pp.

Amiet F. & Krebs A. 2014. Bienen Mitteleuropas. Gattungen, Lebensweise, Beobachtung. Haupt Verlag, Bern, 423 p.

Amiet F., Müller A. & Neumeyer R. 1999. Apidae 2. *Colletes*, *Dufourea*, *Hylaeus*, *Nomia*, *Nomiodes*, *Rhophitoides*, *Rophites*, *Sphecodes*, *Systropha*. Fauna Helvetica 4. CSCF/SEG, Neuchâtel, 219 pp.

Baumann N. 2006. Ground-nesting birds on green roofs in Switzerland: preliminary observations. Urban Habitats 4: 37–40.

Bénon D. 2015. Evolution et conservation: tour d'horizon de la diversité des abeilles sauvages. Maîtrise, Université de Genève.

Boyer P. 2015. Les abeilles sauvages. Editions Ulmer, Paris, France, 144 pp.

Braaker S., Ghazoul J., Obrist M. K. & Moretti M. 2014. Habitat connectivity shapes urban arthropod communities: the key role of green roofs. Ecology 95: 1010–1021.

Braaker S., Obrist M. K., Ghazoul J. & Moretti M. 2017. Habitat connectivity and local conditions shape taxonomic and functional diversity of arthropods on green roofs. Journal of Animal Ecology 86: 521–531.

Brenneisen S. 2003. Ökologisches Ausgleichspotenzial von extensiven Dachbegrünungen – Bedeutung für den Arten- und Naturschutz und die Stadtentwicklungsplanung. Doctoral dissertation, Institute of Geography, University of Basel, Switzerland, 256 pp.

Colla S. R., Willis E. & Packer L. 2009. Can green roofs provide habitat for urban bees (Hymenoptera: Apidae)? Cities and the Environment (CATE) 2(1): 12 pp.

Duelli P., Obrist M. K. & Schmatz D. R. 1999. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: above-ground insects. Agriculture, Ecosystems & Environment 74: 33–64.

Fischer J. & Lindenmayer D. B. 2007. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. Global Ecology and Biogeography 16: 265–280.

Grant G. 2006. Extensive green roofs in London. Urban Habitats 4: 51–65.

Hédont M., Steffen J. & Prunier P. 2016. La biodiversité floristiques des toitures végétalisées du canton de Genève – Rapport final du projet «Toitures végétalisées» (TVEG) dans l'agglomération genevoise 2014–2016. Hepia, Genève, 193 pp.

Hernandez J. L., Frankie G. W. & Thorp R. W. 2009. Ecology of urban bees: a review of current knowledge and directions for future study. Cities and the Environment (CATE) 2: Article 3, 15 pp.

Jim C. Y. 2004. Green-space preservation and allocation for sustainable greening of compact cities. Cities 21: 311–320.

Kadas G. 2006. Rare invertebrates colonizing green roofs in London. Urban habitats 4: 66–86.

Kaupp A., Brenneisen S., Klausnitzer B. & Nagel P. 2004. Eco-faunistic characteristics of the beetle fauna of vegetated roofs (Insecta: Coleoptera). Entomologische Blätter für Biologie und Systematik der Käfer 100: 47–83.

Kennedy C. M., Lonsdorf E., Neel M. C., Williams N. M., Ricketts T. H., Winfree R., Carvalheiro L. G., & Kremen C. 2013. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. Ecology letters 16: 584–599.

MacIvor J. S., Ruttan A. & Salehi B. 2015. Exotics on exotics: Pollen analysis of urban bees visiting *Sedum* on a green roof. Urban Ecosystems 18: 419–430.

MacIvor J. S. 2016. Building height matters: nesting activity of bees and wasps on vegetated roofs. Israel Journal of Ecology & Evolution 62: 88–96.

Madre F., Vergnes A., Machon N. & Clergeau P. 2013. A comparison of 3 types of green roof as habitats for arthropods. Ecological Engineering 57: 109–117.

Nielsen A., Ingolf S.-D., Westphal C., Messinger O., Potts S. G., Roberts S. P. M., Settele J., Szentgyörgyi H., Vaissière B. E., Vaitis M., Woyciechowski M., Bazos I., Biesmeijer J. C., Bommarco R., Kunin W. E., Tscheulin T., Lamborn E. & Petanidou T. 2011. Assessing bee species richness in two Mediterranean communities: importance of habitat type and sampling techniques. Ecological Research 26: 969–983.

Oberndorfer E., Lundholm J., Bass B., Coffman R. R., Doshi H., Dunnett N., Gaffin S., Köhler M., Liu K. K. Y. & Rowe B. 2007. Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions, and services. Bioscience 57: 823–833.

Passasseo A. 2018. Diversité taxonomique et fonctionnelle des Apoidae (Hymenoptera: Apoidae) et Syrphidae (Diptera: Syrphidae) associés aux toitures végétalisées (Canton de Genève). Mémoire de thèse, Maîtrise universitaire en sciences de l'environnement, Université de Genève, 133 pp.

Pétremand G., Chittaro Y., Braaker S., Brenneisen S., Gerner M., Obrist M. K., Rochefort S., Szallies A. & Moretti M. 2017. Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) communities of green roofs in Switzerland: synthesis and perspectives. Urban ecosystems 21: 119–132.

Sanchez A., Chittaro Y. & Monnerat C. 2015. Coléoptères nouveaux ou redécouverts pour la Suisse ou l'une de ses régions biogéographiques. Entomo Helvetica 8: 119–132.

Sarthou J.-P. 2009. Le piège cornet unidirectionnel, nouveau piège entomologique d'interception. L'Entomologiste 65: 107–108.

Schindler B. Y., Griffith A. B. & Jones K. N. 2011. Factors influencing arthropod diversity on green roofs. Cities and the Environment (CATE) 4: Article 5, 22 pp.

Schüepp C. 2016a. Favoriser les abeilles sauvages dans les gravières. Plateforme Avenir Abeilles, www.avenirabeilles.ch, 6 pp.

Schüepp C. 2016b. Favoriser les abeilles sauvages en milieu urbain. Plateforme Avenir Abeilles, www.avenirabeilles.ch, 8 pp.

Sonnay V. & Pellet J. 2016. Inventaire des pollinisateurs d'une toiture végétalisée urbaine. Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles 95: 5–20.

Sutter L., Jeanneret P., Bartual A. M., Bocci G. & Albrecht M. 2017. Enhancing plant diversity in agricultural landscapes promotes both rare bees and dominant crop-pollinating bees through complementary increase in key floral resources. Journal of Applied Ecology 54: 1856–1864.

Tonietto R., Fant J., Ascher J., Ellis K. & Larkin D. 2011. A comparison of bee communities of Chicago green roofs, parks and prairies. Landscape and Urban Planning 103: 102–108.

Vereecken N. J., Dufrêne E. & Aubert M. 2015. Sur la coexistence entre l'abeille domestique et les abeilles sauvages. Rapport de synthèse sur les risques liés à l'introduction de l'abeille domestique (*Apis mellifera*) vis-à-vis des abeilles sauvages et de la flore. Observatoire des Abeilles (OA), accessible sur www.oabeilles.net.

Westrich P. 1989. Die Wildbienen Baden-Württembergs. Spezieller Teil: Die Gattungen und Arten. Stuttgart, Ulmer, 537 pp.

Williams N. S. G., Lundholm J. & MacIvor J. S. 2014. Do green roofs help urban biodiversity conservation? Journal of Applied Ecology 51: 1643–1649.