

QUELLE PLACE POUR LES ABEILLES SAUVAGES ET LEURS SERVICES DANS LES CULTURES FRUITIÈRES DE LA PLAINE DU RHÔNE (VS) ?

MATHIEU CRETTON^{1, 2}, BRIEUC DERVAUX¹, FRANZ STEFFEN¹, ALAIN JACOT¹ & EMMANUEL REVAZ^{1*}

Bull. Murithienne 140/2022: 19-28

Le déficit de la pollinisation dû au recul des insectes a d'énormes conséquences écologiques et économiques. Il contribue à fragiliser les écosystèmes et avec eux notre sécurité alimentaire. La pollinisation est un service écosystémique majoritairement rendu par les abeilles domestiques et sauvages, dont le rôle est central dans les cultures fruitières. Le but de cette étude était de sonder la présence des abeilles sauvages dans les cultures fruitières de la plaine du Rhône et de la mettre en perspective avec l'occupation de deux autres types de milieux, les vignes et les zones naturelles. L'installation de 80 nichoirs pourvus de cavités de trois dimensions différentes a permis de suivre le taux d'occupation par les abeilles au fil du temps, dans chacun des trois contextes. Tous sites confondus, les trous de diamètre de 6 mm ont été les plus utilisés par les abeilles sauvages, probablement parce qu'ils correspondaient aux exigences du plus grand nombre d'espèces potentielles. Peu occupés en début de saison, les trous de diamètre de 3 mm ont vu leur fréquentation par les abeilles sauvages augmenter dès la mi-mai. Dans les cultures fruitières, ce sont les trous de diamètre de 9 mm qui ont été les plus occupés et cela à un taux surpassant celui relevé dans les autres milieux. Cette dominance s'explique par la présence de l'abeille maçon (*Osmia cornuta*) en pleine période de floraison des arbres (mars-avril). Les cultures fruitières constituent des milieux dans lesquels certaines abeilles sauvages cavicoles trouvent donc des ressources en pollen et nectar, bien que limitées temporellement, ainsi que quelques habitats pour la nidification. En ceci, elles se démarquent nettement des vignes, dont l'offre réduite en ressources alimentaires et en cavités naturelles constitue un obstacle à la présence des abeilles sauvages cavicoles, du moins au printemps. De plus, la présence de prairies proches des cultures fruitières influence positivement le taux de nidification des abeilles sauvages nichant dans des cavités de 3 mm. Ceci tend à montrer que l'augmentation de la diversité structurelle au sein même des cultures pourrait renforcer les écosystèmes et donc les rendre plus résilients. Cette étude met en lumière la nécessité de mieux comprendre le rôle et les exigences des insectes sauvages pollinisateurs dans les cultures fruitières, sous l'angle de leur service écosystémique.

Mots clés:

abeilles sauvages, cultures fruitières, vignes, nichoirs, pollinisation

Schlüsselwörter:

Wildbienen, Obstkulturen, Weinberge, Wallis, Nisthöhlen, Bestäubung

¹ Station ornithologique suisse, Antenne valaisanne, 1950 Sion, Suisse

^{1*} Auteur pour la correspondance: Emmanuel Revaz
emmanuel.revaz@vogelwarte.ch
+41 (0)27 456 88 56

² Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL 8903 Birmensdorf, Suisse

Deutsche Zusammenfassung am Ende des Artikels

INTRODUCTION

Dès la moitié du vingtième siècle, la diminution des insectes pollinisateurs a engendré de grands déficits autant écologiques qu'économiques (BUCHMANN & ASCHER 2005). Ce recul d'une ampleur sans précédent a engendré ce que plusieurs auteurs considèrent comme une véritable « crise de la pollinisation » dans les cultures et les plantes sauvages (ALLEN-WARDELL & *al.* 1998, BUCHMANN & ASCHER 2005, KEARNS & *al.* 1998). Dans la plupart des écosystèmes, le recul concerne non seulement la quantité d'individus au sein des populations, mais également la diversité en espèces pollinisatrices (KNOP & *al.* 2006, POTTS & *al.* 2003, VULLIAMY & *al.* 2006). Cette diminution ébranle les capacités de résilience des écosystèmes et menace donc directement notre sécurité alimentaire (KREMEN & *al.* 2003, STEFFAN-DEWENTER & *al.* 2005). La protection et la promotion des insectes pollinisateurs constituent donc aujourd'hui des enjeux de première importance.

Les abeilles domestiques et sauvages forment le groupe le plus important assurant le service écosystémique qu'est la pollinisation des cultures et des plantes sauvages (MICHENER 2007). Avec l'intensification de l'agriculture et l'expansion de l'espace urbain, les ressources nécessaires aux abeilles ont fortement diminué au fil des dernières décennies. Les entraves à la présence des abeilles sauvages concernent non seulement l'accès aux sources alimentaires que sont le pollen et le nectar, mais aussi la disponibilité en habitats naturels de qualité, indispensables pour assurer un cycle de vie complet (BROWN & PAXTON 2009, FOLEY & *al.* 2005, STEFFAN-DEWENTER & *al.* 2005).

Ces atteintes sont spécialement marquées dans les cultures pérennes fortement homogénéisées. La présence des abeilles sauvages y est drastiquement restreinte par des ressources alimentaires limitées dans le temps et par la rareté des habitats nécessaires à leur reproduction. Ces

contraintes ne permettent donc pas aux populations d'insectes pollinisateurs de s'établir sur le long terme et conduisent par voie de conséquence à une limitation potentielle du rendement des cultures (SUTTER & *al.* 2021). Si le recours aux abeilles domestiques est souvent pratiqué pour combler ce déficit, plusieurs éléments laissent penser que cet apport exogène aurait aussi ses limites. Les abeilles domestiques sont en effet sélectives quant aux fleurs qu'elles visitent. De plus, les abeilles sauvages sont plus efficaces que les abeilles domestiques lors de la pollinisation et volent déjà lors de températures plus basses (GARIBALDI & *al.* 2013, MALLINGER & GRATTON 2015). Le but de cette étude était de sonder la présence des abeilles sauvages dans les plantations fruitières de la vallée du Rhône (VS), en tant que responsables d'un écoservice déterminant pour les cultures. Le recours à des nichoirs standardisés devait permettre d'obtenir des informations sur la rapidité d'occupation des cavités et la diversité des formes d'abeilles sauvages rencontrées dans les vergers. Afin de disposer de points de comparaison permettant de mieux situer les résultats obtenus dans les cultures fruitières, deux autres types de milieux (vignes et zones naturelles) ont été intégrés au suivi.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude se situe dans la vallée du Rhône (VS), entre les communes de Martigny et de Salquenen (**Fig. 1**). Elle couvre une surface de 103 km² et s'étage entre 455 et 750 m d'altitude. La couverture du sol est dominée par la viticulture (20 %) et l'arboriculture (18 %). Les cultures maraîchères, les prairies et les pâturages représentent le solde des surfaces cultivées (14 %). Les surfaces naturelles (20 %) ainsi que les zones urbaines (19 %) couvrent une bonne partie du reste de ce territoire intensivement utilisé et très marqué par les infrastructures.

PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

Un total de 80 nichoirs à abeilles sauvages ont été placés dans trois contextes différents: 40 dans des cultures fruitières, 20 dans des vignes et 20 dans des sites naturels (**Annexe I***). Cette dernière catégorie regroupe des zones humides, des steppes, des prairies extensives, des éboulis, des alluvions et des zones rudérales. Les environs des 80 sites d'implantation ont été décrits sur la base des géodonnées cantonales de la couverture du sol d'octobre 2019 et de relevés directement réalisés sur le terrain en mars 2022. La diversité structurale aux alentours des nichoirs a quant à elle été décrite de manière similaire à celle utilisée par RIME & al. (2020). Sachant que les vols les plus longs effectués par les abeilles sauvages pour la récolte de pollen, de nectar ou de matériaux de construction s'étendent en moyenne jusqu'à 300 mètres du lieu de nidification (ZURBUCHEN & al. 2010) et que les alentours directs des sites de nids recherchés jouent un rôle important pour la colonisation des nichoirs (CRETTON 2022), trois zones tampons avec des rayons respectifs de 30 (707 m²), 100 (7'800 m²) et 300 (70'070 m²) mètres ont été définies autour des nichoirs pour la description de l'habitat. Les échelles utilisées représentent donc les distances que pourraient parcourir les abeilles sauvages pour la récolte de pollen et de matériaux de construction pour leur nid, les distances de vol étant inversement proportionnelles à l'efficacité de la récolte.

Cette étude a nécessité la conception d'un format de nichoir spécifique pour les abeilles sauvages (**Fig. 2**). Cette méthode est non seulement adaptée pour analyser de façon standardisée et reproductible le taux de nidification des abeilles sauvages cavicoles sur une période définie, mais elle permet aussi de cibler et de diversifier les espèces grâce à la variation des diamètres des trous mis à disposition (PRENDERGAST & al. 2020). Les nichoirs ont été réalisés avec du bois de chêne. Trois diamètres de perçage ont été définis pour couvrir la plus grande gamme

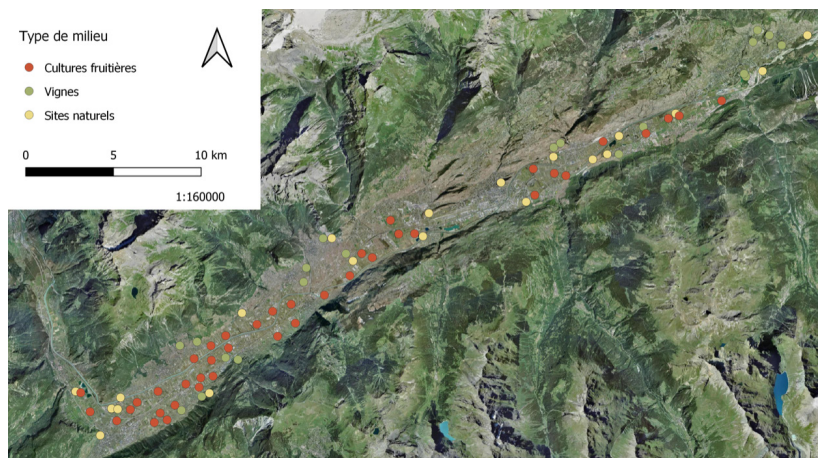


Figure 1 - Zone d'étude et répartition des nichoirs dans les trois types de milieux: en rouge, les cultures fruitières (n = 40); en vert, les vignes (n = 20); en jaune, les sites naturels (n = 20).



Figure 2 - Nichoir standardisé dans une culture fruitière (verger d'abricotiers), avec sur le côté gauche 14 trous de diamètre de 9 mm, au milieu 15 trous de diamètre de 3 mm et sur le côté droit 14 trous de diamètre de 6 mm. Photo Mathieu Cretton

d'espèces d'abeilles possible. Chaque nichoir compte ainsi 14 perçages de diamètre de 6 mm, 14 perçages de diamètre de 9 mm ainsi que 15 perçages de diamètre de 3 mm. Les trous ont été forés perpendiculairement aux fibres du bois. Le regroupement des différents sites de nidification sur un même nichoir peut certes influencer sur certaines composantes comme la pression des prédateurs, parasites et parasitoïdes, mais il a le net avantage de rationaliser la pose des nichoirs et de réduire au minimum l'hétérogénéité des facteurs environnementaux.

*Toutes les annexes sont disponibles en ligne via le lien suivant: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7520455>.

	Nom	Diamètres	Matériaux de construction	Phénologie
	<i>Chelostoma campanularum</i>	2 – 2.5	Sable ou loam	juillet – août
	<i>Chelostoma distinctum</i>	2	Sable ou loam	juin – juillet
✓	<i>Chelostoma florissomne</i>	3.5	Loam et nectar	mai - juin
✓	<i>Chelostoma rapunculi</i>	3.5	Loam, nectar et pierres	mai – septembre
	<i>Heriades crenulatus</i>	3 – 4	Sève	fin juin – fin août
	<i>Heriades truncorum</i>	3 – 3.5	Sève	mi-juin – mi-septembre
✓	<i>Hylaeus communis</i>	2 – 4	Sécrétion des glandes	mi-mai – septembre
	<i>Megachile centuncularis</i>	6	Morceaux de feuilles	juin – mi-août
	<i>Megachile ericetorum</i>	6	Loam	mi-juin – juillet
	<i>Megachile rotundata</i>	6	Morceaux de feuilles et de pétales	fin juin – mi-août
✓	<i>Megachile sculpturalis</i>	8 – 9	Loam et sève	juin – septembre
✓	<i>Megachile versicolor</i>	5 – 7	Morceaux de feuilles	fin mai – septembre
	<i>Megachile willughbiella</i>	6	Morceaux de feuilles	fin juin – août
✓	<i>Osmia adunca</i>	5 – 7	Loam sableux et pierres	juin – juillet
✓	<i>Osmia bicornis</i>	5 – 7	Terre ou loam	avril – mi-juin
✓	<i>Osmia brevicornis</i>	5	Mortier de plantes	fin avril – mi-juin
✓	<i>Osmia caerulea</i>	4 – 5	Mortier de plantes	mai – août
✓	<i>Osmia cornuta</i>	8 – 9	Terre ou loam	mi-mars – avril
✓	<i>Osmia leaiana</i>	5	Mortier de plantes	juin – juillet
	<i>Osmia niveata</i>	3.5 – 5	Mortier de plantes	juin – mi-juillet

Tableau 1 - Liste des espèces potentielles concernée par l'étude avec les diamètres préférentiels en mm, les matériaux de construction requis ainsi que la phénologie de chaque espèce (✓ = Espèce trouvée durant l'étude).



Figure 3 - Osmie à l'entrée de sa cavité. Photo Alexandre Copertino

Les nichoirs devraient être disposés de façon à maximiser leur exposition au soleil et à minimiser leur exposition aux intempéries (DAVID 2018). Ces deux contraintes peuvent néanmoins se retrouver en contradiction partielle. Le vent d'aval, accompagnant les intempéries dans la vallée du Rhône, ainsi que la brise d'aval parcourent la vallée du sud-ouest vers l'est, contrairement au foehn et à la brise d'amont, qui eux soufflent en direction opposée (PYTHOUD 2007). C'est pourquoi les nichoirs à abeilles sauvages ont été placés avec une orientation entre le nord-est et le sud. Le début de l'étude correspond à l'ouverture des nichoirs au début de la semaine 12 du calendrier 2022, soit le 21 mars. Des relevés systématiques de présence/absence par nichoir et par trou ont ensuite été réalisés en moyenne tous les sept jours jusqu'à la semaine 22, de sorte à cibler la saison printanière, déterminante pour le rendement des cultures. Les espèces fréquentant les nichoirs ont

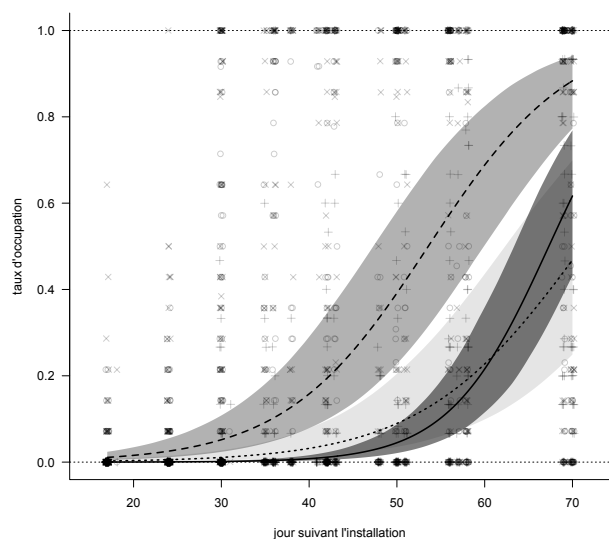


Figure 4 - Evolution du taux d'occupation des nichoirs, classification avec les diamètres des trous (gris clair = 9 mm, gris = 6 mm, gris foncé = 3 mm).

également été relevées lors des contrôles des nichoirs, soit par observation directe, soit indirectement grâce aux matériaux de construction utilisés pour le nid. Une liste des espèces d'abeilles sauvages potentielles concernées par cette étude a aussi été constituée en amont des relevés grâce aux informations à disposition (WESTRICH 2015, 2018, Gerber comm. pers.) (**Tab. 1, Fig. 3**).

RÉSULTATS

Ce chapitre présente les résultats sans les analyses statistiques. Tous les détails des analyses (**Annexe 2**) et des résultats (**Annexes 3, 4, 5**) sont disponibles en ligne via le lien suivant: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7520455>.

OCCUPATION EN FONCTION DU DIAMÈTRE DES TROUS ET DES HABITATS

Le diamètre des trous a une influence sur le taux d'occupation et son évolution (**Fig. 4**). Tous sites confondus, les analyses montrent que les trous de diamètre de 6 mm ont été le plus vite utilisés, avant les

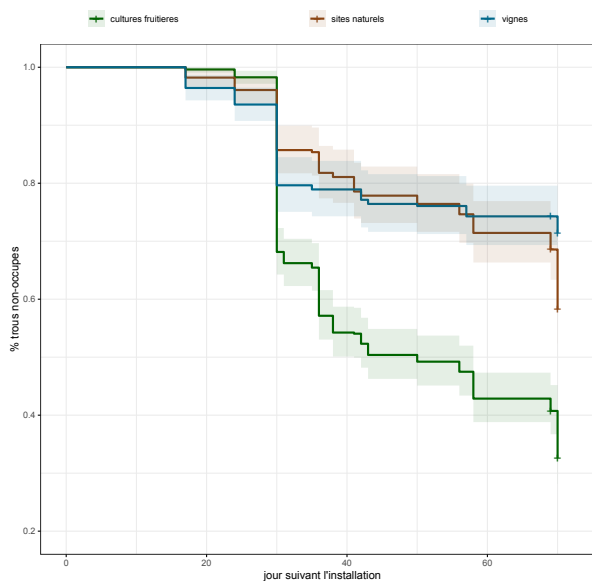


Figure 5 - Évolution de la capacité d'occupation des diamètres de 9 mm. 1.0: tous les diamètres sont disponibles (nichoir vide); 0.0: aucun trou n'est disponible (nichoir complet). Classification par sites analysés (vert = cultures fruitières, brun = sites naturels, bleu = vignes).

trous de diamètre de 9 mm et de 3 mm (**Annexe 3**). Dans l'ensemble, nous constatons que les trous sont occupés significativement plus rapidement dans les cultures fruitières que dans les vignes, alors qu'aucune différence n'est relevée entre les cultures fruitières et les habitats naturels. En outre, les trous ont tendance à être plus souvent occupés dans les habitats naturels que dans les vignes (**Annexe 3**).

OCCUPATION DANS LES HABITATS EN FONCTION DU DIAMÈTRE DES TROUS

Les abeilles sauvages nichant dans des cavités de 9 mm utilisent davantage les cultures fruitières comme habitat que les vignes ($p < 0.001$) et que les habitats naturels ($p = 0.016$) (**Fig. 5**). Nous constatons un effet isolé similaire pour les trous de 6 mm, occupés plus fréquemment dans les cultures fruitières que dans les vignes ($p = 0.047$). En revanche, les taux d'occupation des trous de diamètre de 3 mm ne varient pas de façon significative entre les différents habitats (**Annexe 4**).

OCCUPATION DANS LES CULTURES FRUITIÈRES EN FONCTION DU MILIEU ENVIRONNANT

Le taux d'occupation des plus petits trous (3 mm) est positivement influencé par la présence de prairies dans les environs immédiats (30 m) des vergers ($p < 0.001$). En outre, il semble que l'occupation des nichoirs par les abeilles sauvages au sein des cultures fruitières soit influencée d'une manière négative par la présence de vignes dans les alentours. Pour les trous de diamètre de 9 mm, cette influence négative de la proximité de la vigne semble s'exprimer sur la plus grande échelle spatiale de 300 m ($p = 0.057$). Un effet similaire se dessine si l'on considère les trous de 6 mm, pour lesquels la quantité de vignes montre une tendance négative à la plus petite échelle de 30 m ($p = 0.09$) (**Annexe 5**).

DISCUSSION

Bien que fournissant une information standardisée et mesurable, la méthode utilisée pour cette étude possède aussi ses contraintes. Elle ne permet par exemple pas de prendre en compte l'abondance des individus et elle se restreint à un nombre limité d'espèces d'abeilles sauvages (KRAHNER & al. 2021). La taille de l'échantillon et la limitation des relevés sur une période restreinte d'une seule année constituent aussi des limites à l'interprétation des données. Malgré ces réserves, nos résultats permettent cependant de dégager certains enseignements. Les différentes espèces d'abeilles sauvages utilisant des cavités pour se reproduire ont des exigences propres quant à la configuration des trous qu'elles exploitent (WESTRICH 2015, 2018). Si le taux d'occupation des trous de diamètre de 6 mm est le plus élevé, tous types de milieux confondus, durant la période étudiée, cela peut s'expliquer par une plus grande diversité d'espèces exploitant ce format de cavité (**Tab. 1**). A partir de la mi-mai (vers J50), le taux d'occupation des trous de

diamètre de 3 mm augmente fortement à travers tous les sites analysés, jusqu'à dépasser (vers J60) celui des trous de diamètre de 9 mm. Ce dépassement se laisse expliquer par l'émergence plus tardive des espèces adaptées aux cavités de diamètre de 3 mm. Cette augmentation du taux d'occupation coïncide également avec le début de la floraison des prairies qui jouent un rôle potentiel important pour la présence des abeilles dans les cultures fruitières voisines, comme tendent à le montrer nos résultats sur l'effet du milieu environnant.

Les cultures fruitières se démarquent des autres milieux par un taux de colonisation supérieur, en premier lieu pour les trous de diamètre de 9 mm. On sait que les abeilles maçonnes (*Osmia cornuta* et *O. bicornis*) sont d'importantes pollinisatrices des cultures fruitières (SUTTER & al. 2021). L'osmie cornue (*O. cornuta*) est active de mi-mars (J0) jusqu'à fin avril (J40), soit pendant la floraison (stade 6 BBCH) des abricotiers, cerisiers, pommiers et poiriers. Cette espèce niche dans des cavités de diamètres de 8 à 9 mm, sa présence pourrait suffire à expliquer l'occupation plus rapide et plus marquée de ces trous dans les cultures fruitières, précisément durant la fenêtre de floraison des arbres fruitiers.

A cette période de l'année, l'attractivité préférentielle exercée par les cultures fruitières sur les abeilles sauvages peut donc s'expliquer par des ressources en pollen et nectar plus abondantes que celles offertes par les sites naturels ou les vignes (GREENLEAF & al. 2007, KOH & al. 2016). Se superposant au facteur alimentaire, la disponibilité en cavités joue aussi son rôle : plus basse dans les vignes que dans les cultures fruitières, elle contribue à rendre ce premier habitat pauvre en abeilles cavicoles durant la saison printanière, et à influencer négativement le taux d'occupation des trous de 9 mm des nichoirs disposés dans des cultures fruitières environnées par des vignes (SUTTER & al. 2021).

Après la floraison, les abeilles sauvages ne peuvent que reporter leurs récoltes alimentaires sur la flore accompagnatrice, c'est pourquoi il convient de développer des méthodes de semis et de fauche adaptées en vue de promouvoir une strate herbacée diversifiée (ZURBUCHEN & MÜLLER 2012). De plus, notre étude montre que les abeilles sauvages occupant les plus petits trous (3 mm) peuvent être favorisées par des surfaces de prairies insérées entre les cultures fruitières intensives. En d'autres termes, les seules ressources disponibles en période de floraison des arbres, aussi abondantes soient-elles, ne suffisent pas à garantir une présence durable des abeilles sauvages au fil des saisons au sein des cultures fruitières.

S'il n'a pas été possible d'établir un lien entre la proportion des structures naturelles environnantes et le taux de nidification des abeilles sauvages cavicoles dans les cultures fruitières, d'autres études ont montré que la présence de structures dans le paysage augmentait la diversité des ressources alimentaires et des habitats (HELLWIG & *al.* 2022). En outre, les abeilles cavicoles ne sont pas les seules à s'activer durant la floraison des arbres : d'autres abeilles possédant une niche différente, comme les abeilles des sables (*Andrena* sp.) creusant leur nid dans le sol, sont également nécessaires à la pollinisation des cultures fruitières (SUTTER & *al.* 2021, WESTRICH 2018). C'est pourquoi la pose de nichoirs ne doit pas occulter la priorité de conservation systémique que constitue la promotion d'un maximum d'habitats naturels au sein ou en marge des cultures, pour la récolte de pollen et de nectar et la nidification durant toute la période d'activité des différentes espèces d'abeilles sauvages, cavicoles ou non (ZURBUCHEN & MÜLLER 2012).

CONCLUSION

Les nichoirs à abeilles sont aujourd'hui largement promus auprès du grand public, voire dans les différents systèmes d'encouragement à la biodiversité dans les vergers. Les

modèles fabriqués et utilisés pour cette étude avaient cependant pour unique fonction de quantifier dans le temps la présence des abeilles sauvages cavicoles. Grâce à cette approche standardisée, il a été possible de comparer les taux d'occupation des trous par les abeilles entre les différents contextes. L'analyse des pollens récoltés pourrait donner des indications sur leur provenance et sur les sites de récolte exploités par les espèces oligolectiques comme polylectiques. En parallèle, des relevés d'espèces d'abeilles sauvages non cavicoles contribueraient à compléter notre compréhension de l'utilisation des cultures fruitières par les pollinisateurs et donc des mesures de promotion à entreprendre.

Cette étude a permis de montrer que certaines abeilles sauvages cavicoles trouvent dans les cultures fruitières des ressources en pollen et nectar aptes à permettre leur nidification. Cette offre alimentaire est cependant limitée temporellement à la fenêtre de floraison des arbres fruitiers. A l'inverse, les vignes dépourvues de végétation adventice et de structures constituent des habitats de faible qualité pour les abeilles nichant dans les cavités. L'hétérogénéité des milieux environnants, spécialement la présence de prairies, joue un rôle déterminant dans la présence de certaines abeilles sauvages. On peut imaginer que celles-ci trouvent dans les structures voisines des cultures des sites de nidification et des ressources alimentaires complémentaires, qui leur permettent de se maintenir en permanence dans l'environnement, même lorsque les ressources diminuent au sein des cultures. De tels enseignements contribuent à améliorer nos connaissances sur les conditions de présence des abeilles sauvages au sein même des vergers. Alors que la promotion de la biodiversité dans les cultures fruitières de Suisse est en plein essor grâce au développement de programmes et de labels récents, la thématique des pollinisateurs sauvages est appelée à gagner en importance dans les années à venir.

REMERCIEMENTS

Le succès de cette étude repose sur la collaboration des propriétaires et exploitant.e.s des sites concernés. Le Service des forêts, de la nature et du paysage du Canton du Valais nous a délivré l'autorisation d'agir dans les sites protégés et soutient financièrement ce suivi dans le cadre du projet de promotion de la biodiversité dans les cultures fruitières intensives de la plaine du Rhône. Nos remerciements vont également à Lorian Guisan, pour son appui sur le terrain, et à Sonja Gerber pour son soutien technique et ses idées.

ZUSAMMENFASSUNG

Welchen Platz haben Wildbienen und ihre Ökosystemdienstleistungen in den Obstkulturen der Rhoneebene (VS)? Der anhaltende Insektenrückgang kann eine mangelnde Bestäubung wichtiger Kulturen zur Folge haben, mit erheblichen ökologischen und wirtschaftlichen Folgen. Dies kann zu einer Schwächung der Ökosysteme führen und damit auch unserer Ernährungssicherheit. Die Bestäubung ist eine Ökosystemdienstleistung, die mehrheitlich von Honig- und Wildbienen erbracht wird, deren Rolle im Obstbau zentral ist. Ziel dieser Studie war es, Wildbienen in den intensiven Obstkulturen der Rhoneebene zu erforschen und sie in Beziehung zur Besiedlung von zwei anderen Lebensraumtypen, den Weinbergen und natürlichen Lebensräumen, zu setzen. Durch das Aufstellen von 80 Holzblöcken, die mit Nisthöhlen in drei verschiedenen Grössen versehen waren, konnte die Besetzungsrate durch Wildbienen im Laufe der Zeit in jedem der drei landschaftlichen Kontexte untersucht werden. Über alle Standorte hinweg wurden die Nisthöhlen mit einem Durchmesser von 6 mm am häufigsten von Wildbienen genutzt, wahrscheinlich weil sie den Anforderungen der meisten potenziellen Arten entsprachen. Zu Beginn der Saison waren die Nisthöhlen mit einem Durchmesser von 3 mm wenig besetzt, doch ab Mitte Mai stieg die Nutzung durch Wildbienen an. In den Obstkulturen waren die Nisthöhlen mit einem Durchmesser von 9 mm am stärksten besetzt, und dies

signifikant häufiger als in den anderen Lebensräumen, was sich durch die Anwesenheit der Gehörnten Mauerbiene (*Osmia cornuta*) während der Blütezeit der Obstbäume (März-April) erklären lässt. Intensive Obstkulturen stellen also Lebensräume dar, in denen einige höhlenbewohnende Wildbienen Pollen- und Nektarressourcen nutzen, wenn auch zeitlich begrenzt, sowie einige Nisthabitate finden. In diesem Punkt unterscheiden sich die Obstkulturen deutlich von Weinbergen, deren geringeres Angebot an Nahrungsressourcen und natürlichen Höhlen zu einer geringeren Vorkommenswahrscheinlichkeit höhlenbewohnender Wildbienen führt. In Obstkulturen konnte weiter aufgezeigt werden, dass das Vorhandensein von Wiesen die Besetzungsrate von Wildbienen, die in 3 mm grossen Höhlen nisten, positiv beeinflusst. Dies deutet darauf hin, dass die Erhöhung der strukturellen Vielfalt innerhalb der Kulturen die Ökosysteme stärken und somit widerstandsfähiger machen könnte. Diese Studie unterstreicht die Notwendigkeit, die Rolle und die Ansprüche von bestäubenden Wildinsekten in Obstkulturen unter dem Gesichtspunkt ihrer Ökosystemdienstleistungen besser zu verstehen.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN-WARDELL, G., P. BERNHARDT, R. BITNER, A. BURQUEZ, S. BUCHMANN, J. CANE, P.A. COX, V. DALTON, P. FEINSINGER, M. INGRAM, D. INOUE, C.E. JONES, K. KENNEDY, P. KEVAN, H. KOPOWITZ, R. MEDELLIN, S. MEDELLIN-MORALES & G.P. NABHAN 1998. The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conserv. Biol.* 12:8-17.
- BROWN, M. & R. PAXTON 2009. The conservation of bees: A global perspective. *Apidologie* 40:410-416.
- BUCHMANN, S. & J.S. ASCHER 2005. The plight of pollinating bees. *Bee World* 86:71-74.
- CRETTON, M. 2022. *Analyse von Wildbienenlebensräumen zur Förderung seltener Arten im Regionalen Naturpark Schaffhausen*. ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Departement Life Sciences und Facility Management. Wädenswil—Bachelorarbeit.

- DAVID, W. 2018. *Fertig zum Einzug: Nisthilfen für Wildbienen: Leitfaden für Bau und Praxis - so gelingt's* (3. Auflage). Pala-Verlag.
- FOLEY, J. A., R. DEFRIES, G.P. ASNER, C. BARFORD, G. BONAN, S.R. CARPENTER, F.S. CHAPIN, M.T. COE, G.C. DAILY, H.K. GIBBS, J.H. HELKOWSKI, T. HOLLOWAY, E.A. HOWARD, C.J. KUCHARIK, C. MONFREDA, J.A. PATZ, I.C. PRENTICE, N. RAMANKUTTY & P.K. SNYDER 2005. Global Consequences of Land Use. *Science* 309: 570-574.
- GARIBALDI, L.A., I. STEFFAN-DEWENTER, R. WINFREE, M. A. AIZEN, R. BOMMARCO, S. A. CUNNINGHAM, C. KREMEN, L. G. CARVALHEIRO, L. D. HARDER, O. AFIK, I. BARTOMEUS, F. BENJAMIN, V. BOREUX, D. CARVEAU, N. P. CHACOFF, J. H. DUDENHÖFFER, B. M. FREITAS, J. GHAZOU, S. GREENLEAF, J. HIPÓLITO, A. HOLZSCHUH, B. HOWLETT, R. ISAACS, S. K. JAVOREK, C. M. KENNEDY, K. M. KREWENKA, S. KRISHNAN, Y. MANDELIK, M. M. MAYFIELD, I. MOTZKE, T. MUNYUL, B. A. NAULT, M. OTIENO, J. PETERSEN, G. PISANTY, S. G. POTTS, R. RADER, T. H. RICKETTS, M. RUNDLÖF, C. L. SEYMOUR, C. SCHÜEPP, H. SZENTGYÖRGYI, H. TAKI, T. TSCHARNTKE, C. H. VERGARA, B. F. VIANA, T. C. WANGER, C. WESTPHAL, N. WILLIAMS & A.M. KLEIN 2013. Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science* 339: 1608-1611.
- GELMAN, A. & Y.-S. SU 2020. *arm: Data Analysis Using Regression and Multilevel/Hierarchical Models*. R package version 1.11-2. <https://CRAN.R-project.org/package=arm>
- GREENLEAF, S. S., N.M. WILLIAMS, R. WINFREE, & C. KREMEN 2007. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia* 153: 589-596.
- HELLWIG, N., L.F. SCHUBERT, A. KIRMER, S. TISCHEW & P. DIEKER 2022. Effects of wildflower strips, landscape structure and agricultural practices on wild bee assemblages – A matter of data resolution and spatial scale? *Agric. Ecosyst. Environ.* 326: 107764.
- KASSAMBARA, A., M. KOSINSKI & P. BIECEK 2021. *survminer: Drawing Survival Curves using 'ggplot2'*. R package version 0.4.9. <https://CRAN.R-project.org/package=survminer>
- KEARNS, C. A., D.W. INOUE & N.M. WASER 1998. Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 29: 83-112.
- KNOP, E., D. KLEIJN, F. HERZOG, & B. SCHMID 2006. Effectiveness of the Swiss agri-environment scheme in promoting biodiversity. *J. Appl. Ecol.* 43: 120-127.
- KOH, I., E.V. LONSDORF, N.M. WILLIAMS, C. BRITAIN, R. ISAACS, J. GIBBS & T.H. RICKETTS 2016. Modeling the status, trends, and impacts of wild bee abundance in the United States. *PNAS* 113: 140-145.
- KRAHNER, A., J. SCHMIDT, M. MAIXNER, M. PORTEN & T. SCHMITT 2021. Evaluation of four different methods for assessing bee diversity as ecological indicators of agroecosystems. *Ecol. Indic.* 125: 107573.
- KREMEN, C., N. WILLIAMS & R. THORP 2003. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *PNAS* 99: 16812-16816.
- MALLINGER, R. E. & C. GRATTON 2015. Species richness of wild bees, but not the use of managed honeybees, increases fruit set of a pollinator-dependent crop. *J. Appl. Ecol.* 52: 323-330.
- MICHENER, C. D. 2007. *The bees of the world* (2ème édition). Johns Hopkins University Press.
- POTTS, S. G., B. VULLIAMY, A. DAFNI, G. NE'EMAN & P. WILLMER 2003. Linking bees and flowers: How do floral communities structure pollinator communities? *Ecology* 84: 2628-2642.
- PRENDERGAST, K. S., M. H. M. MENZ, K. W. DIXON & P. W. BATEMAN 2020. The relative performance of sampling methods for native bees: An empirical test and review of the literature. *Ecosphere* 11: 1-22.
- PYTHOUD, K. 2007. *Etude des terroirs viticoles valaisans—Modélisation des paramètres mesoclimatiques du vignoble valaisan*. LaSIG, EPFL et IVV.
- R CORE TEAM 2020. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- RIME, Y., C. LUISIER, R. ARLETTAZ & A. JACOT 2020. Landscape heterogeneity and management practices drive habitat preferences of wintering and breeding birds in intensively managed fruit-tree plantations. *Agric. Ecosyst. Environ.* 295: 106890.

- STEFFAN-DEWENTER, I., S.G. POTTS & L. PACKER 2005. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *TREE* 20: 651-652.
- SUTTER, L., D. GANSER, F. HERZOG & M. ALBRECHT 2021. *Bestäubung von Kulturpflanzen durch Wild- und Honigbienen in der Schweiz: Bedeutung, Potential für Ertragssteigerungen und Fördermassnahmen*. Agroscope.
- THERNEAU, T. 2012. *coxme: mixed effects Cox models. R package version 2.2-3*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- VULLIAMY, B., S.G. POTTS & P.G. WILLMER 2006. The effects of cattle grazing on plant-pollinator communities in a fragmented Mediterranean landscape. *Oikos* 114: 529-543.
- WESTRICH, P. 2015. *Wildbienen: Die anderen Bienen* (5. Aufl.). Pfeil.
- 2018. *Die Wildbienen Deutschlands*. Eugen Ulmer KG.
- ZURBUCHEN, A., S. CHEESMAN, J. KLAIBER, A. MÜLLER, S. HEIN & S. DORN 2010. Long foraging distances impose high costs on offspring production in solitary bees. *J. Anim. Ecol.* 79: 674-681.
- ZURBUCHEN, A. & A. MÜLLER 2012. *Wildbienenenschutz—Von der Wissenschaft zur Praxis*. Haupt.