

Suivi des pesticides dans l'environnement à l'aide de l'abeille mellifère

Lars Rietveld
Marion Fracheboud
Emmanuel Schaad
Benoît Droz
Christina Kast

Centre de recherche apicole, Agroscope
3003 Berne

Les abeilles sont exposées à de nombreux polluants environnementaux qu'elles rapportent parfois à la ruche. Dans notre étude, nous avons voulu développer une approche nous permettant de suivre la contamination de l'environnement à l'aide du pollen rapporté par les abeilles mellifères afin d'évaluer le risque pour les autres pollinisateurs. Un premier essai a donc été réalisé dans notre rucher situé dans une zone agricole près de Sugiez (FR) et au cours duquel nous avons détecté différents pesticides dans le pain d'abeilles de nos colonies. Autrement dit, nos abeilles ont été exposées à plusieurs pesticides durant une saison, mais à des concentrations qui a priori n'ont pas entraîné de surmortalité des abeilles.

Exposition des abeilles mellifères aux pesticides

Les pesticides sont des produits phytosanitaires utilisés pour protéger les cultures contre les insectes (insecticides), les champignons (fongicides) et les adventices (herbicides). Ils sont en outre utilisés comme acaricides dans l'apiculture pour lutter contre l'acarien *varroa*¹. Pendant la floraison, les abeilles mellifères récoltent le nectar et le pollen de différentes plantes à fleurs et peuvent donc rapporter des substances nocives, telles que des pesticides, dans la colonie. Les abeilles stockent dans les rayons le nectar sous forme de miel et le pollen sous forme de pain d'abeilles. Comme les abeilles mellifères butinent les plantes mellifères dans un rayon de 2 à 3 km, elles sont exposées à des polluants provenant d'un environnement étendu. Elles conviennent donc particulièrement bien comme bioindicateur des polluants, tels que les pesticides.

Un plan d'action national pour réduire les risques

En 2017, le Conseil fédéral a adopté un plan d'action visant à réduire de moitié les risques

liés aux produits phytosanitaires, entre autres en promouvant des alternatives à la protection chimique des plantes².

Objectif à long terme de nos essais

Dans nos essais, nous entendons étudier quels pesticides sont utilisés en Suisse et si une réduction des concentrations de pesticides dans les produits apicoles peut effectivement être observée au cours du temps. A cet effet, nous avons développé une méthode visant à mesurer l'utilisation des pesticides sur plusieurs années. Elle nous permet d'évaluer le risque d'exposition des pollinisateurs aux pesticides et sur la base de cela, de déterminer quels pesticides sont problématiques.

Questions abordées lors de la première et la deuxième année d'essai

- Combien de colonies sont nécessaires pour un échantillonnage représentatif ?
- Pain d'abeilles ou pollen, quelle matrice est la plus appropriée pour notre étude ?



- Existe-t-il une matrice d'analyse plus simple comme alternative au pain d'abeilles et au pollen ?

Démarche

Lors d'une première étape, nous avons développé des méthodes d'analyse pour 51 pesticides couramment utilisés. Lors d'une deuxième étape, nous avons effectué des tests dans nos colonies d'abeilles. Du printemps à l'automne, nous avons prélevé du pain d'abeilles et analysé les résidus de pesticides, car selon d'autres études, la quantité et le nombre de résidus de pesticides détectés dans le pollen et le pain d'abeilles sont souvent plus élevés que dans le miel³.

Rucher d'essai

Notre rucher se trouve près de Sugiez (FR), dans une région agricole où l'on cultive entre autres du colza, du maïs, du tournesol et des pommes de terre, mais aussi des cultures maraîchères et des céréales (fig. 1). Les cultures sont souvent

traitées avec des pesticides, de sorte que les abeilles qui butinent le pollen et le nectar des fleurs de ces cultures ou des plantes environnantes sont exposées à ces produits chimiques et les rapportent dans la ruche.

Figure 1: Cultures. Dans un rayon de 2 km autour de notre rucher à Sugiez (FR) se trouvent notamment des champs de colza (a), de maïs (b) et de tournesols (c).

Prélèvement d'échantillons

Du 29 mars au 18 août 2022, nous avons récolté du pain d'abeilles toutes les deux semaines dans cinq colonies d'abeilles⁴. Cette période correspond à la floraison des cultures susmentionnées. Après le traitement d'été à l'acide formique, nous avons prélevé un autre échantillon le 4 octobre afin d'estimer la charge en pesticides à laquelle les abeilles d'hiver sont exposées⁴. Pour chaque colonie, un morceau de rayon contenant du pain d'abeilles, si possible fraîchement stocké, a été découpé des cadres de corps, le pain d'abeilles en a été retiré et le type ainsi que la quantité de pesticides ont été déterminés au moyen d'analyses⁴.

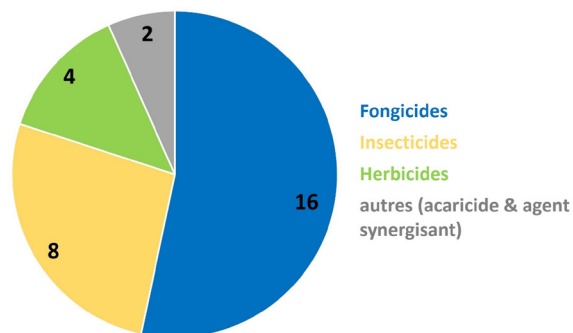
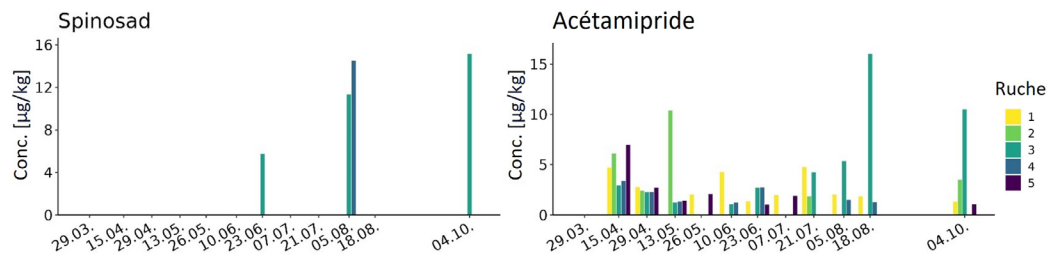


Figure 2: 30 pesticides ont été détectés dans le pain d'abeilles. Les fongicides (bleu) sont les plus représentés avec 16 substances actives. Viennent ensuite les insecticides (jaune) avec 8 substances actives et les herbicides (vert) avec 4 substances actives. En outre, un acaricide et un agent synergisant ont été détectés (gris).

Figure 3: Apparition dans le temps des insecticides spinosad et acétamipride dans le pain d'abeilles au cours de la saison 2022.

Les colonies d'abeilles sont indiquées par des couleurs différentes. La hauteur des colonnes représente la concentration de pesticide mesurée dans le pain d'abeilles (en µg de pesticide/kg de pain d'abeilles). Il ressort clairement que les cinq colonies d'abeilles ont rapporté des quantités de pesticides très différentes.



Type de résidus de pesticides dans le pain d'abeilles

Au total, nous avons détecté 30 pesticides différents dans le pain d'abeilles au moins une fois au cours de la période de récolte des échantillons en 2022 (fig. 2). Les fongicides constituent

le plus grand groupe de pesticides détectés. Pour les abeilles, ce sont surtout les insecticides qui sont problématiques. Au total, 8 substances actives ont été détectées. En outre, quatre herbicides, un acaricide (pour lutter contre les acariens et les tiques) et un agent synergisant ont été détectés.

Grandes différences entre les colonies

Le spinosad et l'acétamipride sont deux insecticides utilisés pour protéger de nombreuses cultures contre les insectes. Le spinosad n'a été rapporté à la ruche qu'à partir de fin juin, contrairement à l'acétamipride, qui a été détecté dans tous les échantillons dès le 15 avril (fig. 3). Nous avons observé de grandes différences entre les colonies en ce qui concerne les quantités de pesticides rapportés, aussi bien dans le cas du spinosad que dans celui de l'acétamipride (fig. 3). Celles-ci sont dues à une activité de butinage propre à chaque colonie (fig. 4). A titre d'exemple : aucun résidu de spinosad n'a été détecté dans le pain d'abeilles des colonies 1, 2 et 5. En revanche, du spinosad a été détecté dans le pain d'abeilles des colonies 3 et 4. Ce comportement différent entre les colonies a été décrit dans des études antérieures⁵. Les différences de pesticides entre les colonies d'abeilles confirment que dans les essais futurs également, il sera nécessaire de prélever des échantillons dans plusieurs colonies par site et par période.

Evaluation des risques pour les abeilles mellifères

Contrairement à l'acétamipride, le spinosad est toxique pour les abeilles même à faible dose (voir l'encadré). Tous les résidus de pesticides mesurés dans notre essai étaient nettement inférieurs aux concentrations susceptibles d'engendrer une surmortalité des abeilles. Nous n'avons du reste pas observé d'augmentation inattendue de la mortalité dans nos colonies d'abeilles.



Figure 4: Activité de récolte propre à chaque colonie. Pelotes de pollen récoltées le 7 juillet 2022 par les cinq colonies du rucher de Sugiez. La diversité de pollen récoltée se distingue très nettement grâce aux couleurs des pelotes, ce qui permet de conclure à une activité de récolte différente (type et quantité de pollen) selon les colonies.

Evaluation du seuil de toxicité

Pour déterminer l'influence des concentrations de pesticides mesurées sur la santé des abeilles, on calcule la valeur TER (Toxicity Exposure Ratio). A cet effet, la dose létale aiguë orale 50 (LD₅₀) de chaque pesticide est divisée par la quantité de pesticide que les abeilles ingèrent quotidiennement par le biais du pain d'abeilles. Une abeille consomme 12 mg de pollen ou de pain d'abeilles par jour. La valeur LD₅₀ correspond à la dose de pesticide à laquelle 50 % des abeilles meurent 48 heures après l'exposition. Le spinosad (LD₅₀ = 0,057 µg/abeille) a une valeur LD₅₀ nettement plus basse que celle de l'acétamipride (LD₅₀ = 14,53 µg/abeille), ce qui signifie qu'il est létal pour les abeilles à des doses très faibles.

Comparaison entre le pain d'abeilles, le pollen et les APIStrips

Le prélèvement de pain d'abeilles étant laborieux, nous avons également testé, lors d'une étape ultérieure, la possibilité d'utiliser pour nos analyses le pollen ou les bandes plastiques APIStrips, dont la manipulation est plus simple. Les APIStrips sont des bandes plastiques munies d'une couche (Tenax) absorbant les substances chimiques telles que les pesticides⁶. Comme en 2022, nous avons prélevé en 2023 du pain d'abeilles toutes les deux semaines dans cinq colonies. De plus, nous avons récolté du pollen à l'aide de trappes à pollen pendant une journée toutes les deux semaines au cours de ces deux années. Parallèlement, des bandes APIStrips ont été placées dans les colonies. Les APIStrips ont été placés directement dans la colonie et ont été remplacés toutes les deux semaines. Sur la figure 5, on aperçoit du pain

d'abeilles, du pollen et des APIStrips qui ont servi de matrices d'analyse.

Les trois matrices d'analyse ont permis de détecter un nombre variable de pesticides dans les colonies d'abeilles (tabl. 1, p. 114). Le plus grand nombre de pesticides a été détecté dans le pain d'abeilles. Toutefois, le prélèvement d'échantillons de pain d'abeilles nécessite l'ouverture de la ruche et la découpe d'un morceau de rayon. Le travail est également important en laboratoire pour séparer le pain d'abeilles de la cire.

La récolte des pelotes de pollen à l'aide de trappes placées devant le trou de vol est plus simple et évite l'ouverture de la ruche. En outre, les pelotes de pollen peuvent être triées par couleur et analysées séparément, ce qui permet, le cas échéant, de déterminer les plantes à l'origine des résidus de pesticides rapportés dans la colonie. En revanche les pesticides ramenés à la ruche entre les échantillonnages risquent de ne pas être détectés. Une collecte à intervalle

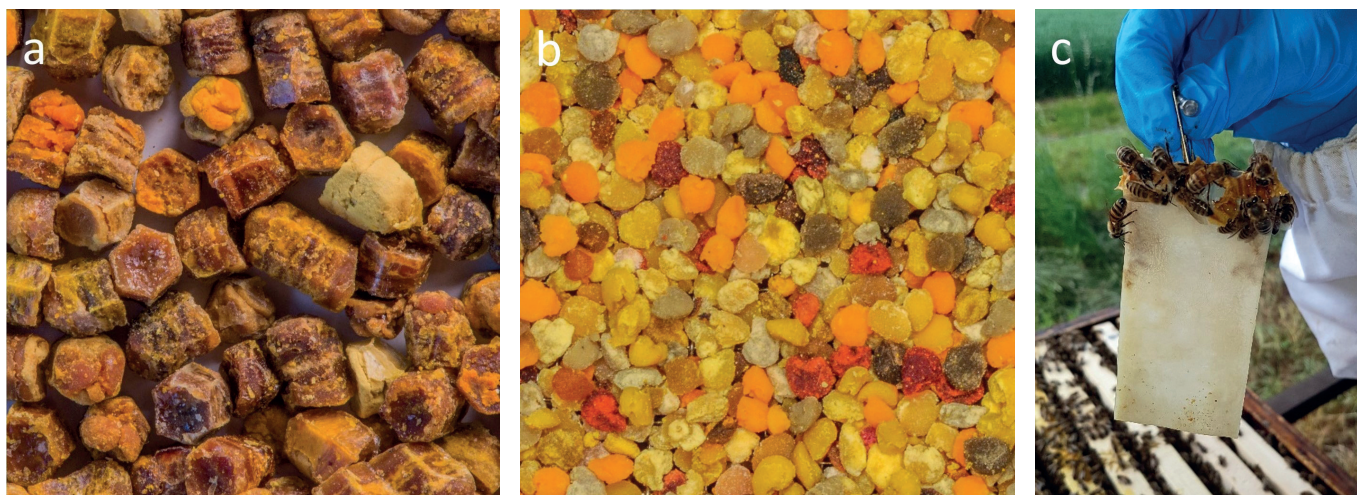


Figure 5: Matrices d'analyse. Au cours de la période de récolte des échantillons de 2022 et de 2023, nous avons prélevé du pain d'abeilles (a) et du pollen (b) au moyen de trappes à pollen toutes les deux semaines. En outre, des bandes plastiques avec une couche absorbante (APIStrips) ont été testées (c).

Bibliographie

1. Kast, C.; Kilchenmann, V.; Charrière, J.-D. (2021) Long-term monitoring of lipophilic acaricide residues in commercial Swiss beeswax. *Pest Management Science* 77(9): 4026-4033.
2. Plan d'action Produits phytosanitaires. (2017) *Office fédéral de l'agriculture*: Plan d'action Produits phytosanitaires (admin.ch)
3. Sabo, R.; Staroň, M.; Sabová, L.; Majchrák, T.; Bischoff, G.; Pistorius, J.; Janke, M.; Alkassab, A.T. (2024) Honey bees for pesticide monitoring in the landscape: Which bee matrices should be used? *Chemosphere* 364: 143130.
4. Schaad, E.; Fracheboud, M.; Droz, B.; Kast, C. (2023) Quantitation of pesticides in bee bread collected from honey bee colonies in an agricultural environment in Switzerland. *Environmental Science and Pollution Research* 30: 56353-56367.
5. Keller, I.; Fluri, P.; Imdorf, A. (2005) Pollen nutrition and colony development in honey bees: part 1. *Bee World* 86(1): 3-10.
6. Murcia-Morales, M.; Van der Steen, J.; Vejsnæs, F.; Díaz-Galiano, F.; Flores, J.; Fernández-Alba, A. (2020) APIStrip, a new tool for environmental contaminant sampling through honeybee colonies. *Science of The Total Environment* 729: 138948.

plus rapproché permet de réduire ce risque. A cet effet, nous avons opté, lors de la troisième année d'essai, pour une récolte hebdomadaire de pollen. L'avantage des APISrips est leur grande facilité d'utilisation, tant pour les apicultrices et apiculteurs que pour le laboratoire. Elles ne permettent toutefois pas de déterminer l'origine des pesticides, car les pesticides présents dans la cire sont également détectés. Les résultats issus des APISrips ne permettent pas non plus d'évaluer les risques pour les abeilles mellifères, car les quantités de pesticides mesurées dans les APISrips ne sont pas en lien avec les quantités relevées dans le pain d'abeilles ou le pollen.

Collaboration avec des apicultrices et apiculteurs dans toute la Suisse

De mars à août 2024, quelques apicultrices et apiculteurs ont collecté du pollen dans quatre de leurs colonies. Leurs ruchers se situent à proximité de zones de production fruitière, de cultures maraîchères et/ou céréalières et de zones viticoles. Les analyses de ces échantillons fournissent des informations sur le type et la quantité de pesticides présents sur différents

sites. A l'avenir, il serait envisageable d'étendre les analyses à d'autres contaminants tels que les métaux lourds provenant de l'agriculture, des émissions industrielles ou du trafic.

Conclusions

- Des résidus de 30 pesticides différents ont été détectés tout au long de la saison apicole 2022 dans le pain d'abeilles de nos cinq ruches situées à Sugiez.
- L'exposition de nos abeilles aux pesticides n'a pas entraîné d'augmentation anormale de la mortalité des abeilles.
- En raison d'une activité de butinage propre à chaque colonie, il est nécessaire de prélever des échantillons dans plusieurs colonies par site.
- Avec des collectes de pollen hebdomadaires, nous espérons obtenir une évaluation fiable de l'exposition aux pesticides des abeilles mellifères et des autres pollinisateurs.
- D'autres essais au cours des prochaines années, en collaboration avec des apicultrices et apiculteurs suisses et sur des sites appropriés, devraient permettre d'évaluer l'exposition des abeilles mellifères aux pesticides ou d'autres polluants dans toute la Suisse.

En bref

But de l'article : Présenter le résultat du monitoring des pesticides dans l'environnement à l'aide d'abeilles mellifères commencé en 2022 et évaluer la pertinence des différentes méthodes d'échantillonnage.

Contexte : En 2017, le Conseil fédéral a adopté un plan d'action visant à réduire de moitié les risques liés aux produits phytosanitaires, entre autres en promouvant des alternatives à la protection synthétique des plantes. Pour surveiller les risques environnementaux liés aux polluants, les abeilles peuvent être d'excellentes bioindicateurs car elles récoltent du pollen sur des végétaux exposés à des pesticides et le ramènent à la ruche, et ce sur un rayon large de 2 à 3 km.

Conclusions :

- Des résidus de 30 pesticides différents ont été détectés tout au long de la saison apicole 2022 dans le pain d'abeilles de nos cinq ruches situées à Sugiez.
- L'exposition de nos abeilles aux pesticides n'a pas entraîné d'augmentation anormale de la mortalité des abeilles.

- En raison d'une activité de butinage propre à chaque colonie, il est nécessaire de prélever des échantillons dans plusieurs colonies par site.

- Une récolte hebdomadaire des pelotes de pollen semble être la meilleure méthode d'échantillonnage.

Tableau 1 : Nombre de pesticides détectés et avantages/inconvénients des différentes matrices d'analyse.

		Pain d'abeilles	Pollen	APISrips
Nombre de pesticides détectés+	2022	30	26	24
	2023	23	22	16
Avantages :		Le plus grand nombre de pesticides détectés	Les pesticides présents proviennent assurément de l'environnement L'origine botanique du pollen contaminé par les pesticides peut être déterminée	Très facile à utiliser
Inconvénients :		Manipulation laborieuse	Une récolte fréquente est nécessaire pour détecter les pesticides de la manière la plus complète possible	Détection incomplète des pesticides Détection également des pesticides provenant de la cire Pas de calcul de risque possible pour les abeilles

+ Pesticides détectés au moins une fois au cours de la période de récolte des échantillons dans le pain d'abeilles, le pollen ou dans la couche absorbante des APISrips