

Article de vulgarisation inspiré de la publication suivante :

## **Résidus de pesticides et de traitements vétérinaires dans la cire d'abeille en Belgique: présence, toxicité et risque pour les abeilles domestiques**

Investigatrice principale : *Ing.* Noémie El Agrebi *M.Sc*, FARAH, Université de Liège

Promoteur : Prof. Ord. Claude Saegerman

Etude financée par : SPW ARNE (Service public de Wallonie, Agriculture, Ressources naturelles et Environnement)

### **INTRODUCTION**

La présence de résidus de pesticides à usage agricole ou de produits vétérinaires dans les matrices apicoles est un reflet des activités anthropiques. Les abeilles domestiques et autres pollinisateurs sont exposés à de multiples facteurs de stress qui affaiblissent les colonies. Les résidus de pesticides et de traitements vétérinaires font indéniablement partie de ces facteurs. Depuis l'arrivée du parasite *Varroa destructor* en Belgique en 1984, le moyen le plus courant de contrôler ce *Varroa* a été l'utilisation de produits synthétiques acaricides. Les traitements sont habituellement placés dans la ruche, exposant non seulement les acariens au composé (principe même du traitement), mais également les œufs, les larves, les abeilles adultes et tous les produits de la ruche. La toxicité aiguë d'un résidu de pesticide pour les abeilles est caractérisée par la détermination de la valeur de la dose létale aiguë (DL50), qui est la dose de ce résidu nécessaire pour provoquer la mort de la moitié des animaux testés.

Le but de l'étude a été de caractériser la présence et la concentration des résidus de pesticides dans quatre types de cire d'abeille (cire de corps, cire en blocs, cire de hausse et cire d'opercules). Dans 182 ruchers repartis aléatoirement sur l'ensemble du territoire belge, un échantillon de cire par rucher a été prélevé en 2015 et analysé par chromatographie en phase liquide ou gazeuse et par spectrométrie de masse (LC-MS/MS et GC-MS/MS) en vue de détecter la présence de 294 résidus de pesticides. Un quotient de risque (QR) exprimant le risque de toxicité de la cire pour les abeilles a été calculé pour chaque échantillon et chaque type de cire, selon deux scénarios de toxicité. En effet la valeur de la dose létale aiguë (DL50) pour le tau-fluvalinate (matière active de l'Apistan) diffère pour l'Europe et les USA. Les résidus présentant la plus forte prévalence dans la cire ont été corrélés à la mortalité des abeilles dans un modèle de régression logistique multivariée et un modèle basé sur le risque a été ensuite utilisé pour prédire la mortalité des colonies.

### **PRINCIPAUX RÉSULTATS ET DISCUSSION**

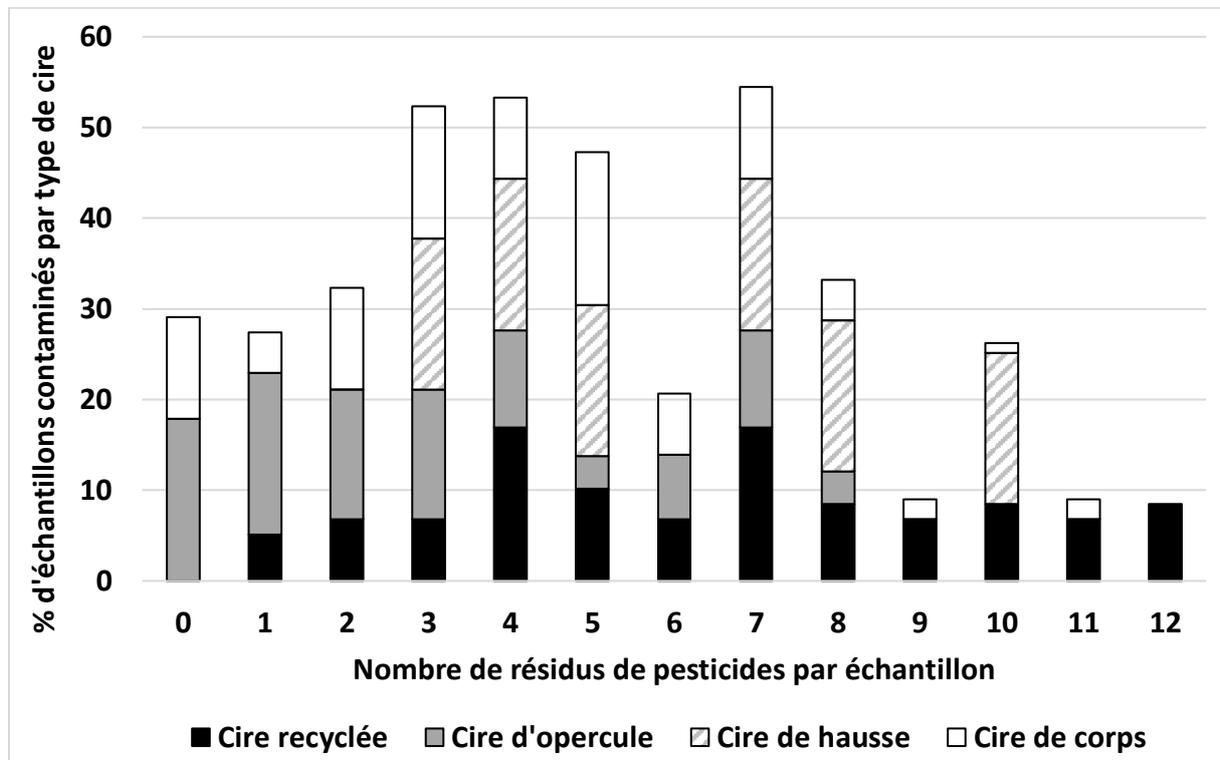
L'analyse des échantillons a révélé une contamination de 97,3 % des échantillons de cire (au moins un pesticide présent) et la présence d'un total de 54 résidus différents de pesticides pour tous les types de cire confondus. Par échantillon, le nombre de résidus variait entre 1 et 12, avec une valeur médiane de 5. La fréquence d'apparition de chaque résidu par type de cire est indiquée dans le **Tableau 1**. Le pourcentage d'échantillons contaminés en fonction du nombre de résidus par type de cire est présenté dans la **Figure 1**. Le nombre de résidus est significativement plus faible dans les cires d'opercules par rapport à tous les autres types de cires (régression binomiale négative ; valeur de  $P < 0,001$ ).

**Tableau 1** : Niveaux de résidus de pesticides trouvés dans les quatre types de cire d'abeille dans les ruchers belges. Le type de chaque substance active, la dose létale médiane aiguë de contact et le nombre d'échantillons positifs trouvés sont indiqués.

Matière active	Type de matière active			Cire de corps (n=89)					Cire recyclée (n=59)					Cire d'opercule (n=28)					Cire de hausse (n=6)						
	Insecticide	Fongicide	Acaricide	autre	Nombre échantillons positifs	Fréquence	Moyenne (mg kg <sup>-1</sup> )	Min (mg kg <sup>-1</sup> )	Max (mg kg <sup>-1</sup> )	Nombre échantillons positifs	Fréquence	Moyenne (mg kg <sup>-1</sup> )	Min (mg kg <sup>-1</sup> )	Max (mg kg <sup>-1</sup> )	Nombre échantillons positifs	Fréquence	Moyenne (mg kg <sup>-1</sup> )	Min (mg kg <sup>-1</sup> )	Max (mg kg <sup>-1</sup> )	Nombre échantillons positifs	Fréquence	Moyenne (mg kg <sup>-1</sup> )	Min (mg kg <sup>-1</sup> )	Max (mg kg <sup>-1</sup> )	
Amitraz (incl. Métabolites)	x			Antiparasite	25	28,1%	0,740	0,010	16,700	10	16,9%	0,046	0,010	0,189	4	13,8%	0,089	0,020	0,243						
Cyperméthrin	x				4	4,5%	2,344	0,023	9,3																
tau-Fluvalinate	x	x			82	92,1%	0,530	0,010	6,46	56	94,9%	0,501	0,012	8,68	19	65,5%	0,139	0,014	0,525	6	100,0%	0,417	0,014	0,914	
Coumaphos	x	x		Antiparasite	72	80,9%	0,150	0,010	2,257	53	89,8%	0,553	0,014	7,41	13	44,8%	0,145	0,010	0,933	5	83,3%	0,156	0,036	0,451	
Captan		x		Bactericide	3	3,4%	0,646	0,014	1,837	5	8,5%	0,034	0,010	0,065											
DEET (diethyltoluamid)	x			Repulsif	23	25,8%	0,102	0,010	0,707	31	52,5%	0,192	0,011	1,777	11	37,9%	0,100	0,010	0,430	1	16,7%	0,783	0,783	0,783	
Diméthomorph		x			2	2,2%	0,285	0,046	0,523																
Dichlofluand	x				3	3,4%	0,174	0,012	0,494	7	11,9%	0,034	0,010	0,082											
Propiconazole		x			1	1,1%	0,378	0,378	0,378	2	3,4%	0,100	0,085	0,115											
Piperonyl butoxide				Synergist	20	22,5%	0,055	0,010	0,376	24	40,7%	0,040	0,010	0,201	5	17,2%	0,055	0,013	0,173	4	66,7%	0,019	0,010	0,033	
Propargite			x		51	57,3%	0,124	0,011	0,375	34	57,6%	0,067	0,011	0,309	7	24,1%	0,080	0,012	0,450	5	83,3%	0,211	0,092	0,398	
Permethrin (Sum all Isomere)	x			Antiparasite	12	13,5%	0,077	0,011	0,311	16	27,1%	0,026	0,011	0,100	4	13,8%	0,023	0,014	0,030	2	33,3%	0,018	0,013	0,023	
Boscalid		x			5	5,6%	0,121	0,038	0,310	7	11,9%	0,054	0,029	0,175	2	6,9%	0,033	0,028	0,038						
Iprodione		x			10	11,2%	0,058	0,010	0,130	13	22,0%	0,023	0,013	0,051											
Azoxystrobin		x			3	3,4%	0,047	0,011	0,117	1	1,7%	0,014	0,014	0,014											
Carbendazim		x		Metabolite	6	6,7%	0,040	0,014	0,098																
Chlorfenvinphos	x	x			20	22,5%	0,036	0,012	0,084	19	32,2%	0,031	0,010	0,151	4	13,8%	0,029	0,010	0,079	2	33,3%	0,045	0,025	0,065	
Pyriméthanal		x			3	3,4%	0,048	0,012	0,080	7	11,9%	0,055	0,010	0,261	2	6,9%	0,019	0,014	0,024						
2-phenylphenol		x			17	19,1%	0,022	0,010	0,074	5	8,5%	0,045	0,013	0,070											
Chlorothalonil		x			1	1,1%	0,066	0,066	0,066																
Pentachloroanisole				Metabolite Pentachlorophenol	6	6,7%	0,026	0,010	0,065	14	23,7%	0,025	0,010	0,086	1	3,4%	0,023	0,023	0,023	2	33,3%	0,030	0,020	0,040	
Fenpyroximate		x			8	9,0%	0,029	0,010	0,064	4	6,8%	0,018	0,012	0,027											
Cyprodinil		x			2	2,2%	0,063	0,062	0,063	6	10,2%	0,023	0,015	0,028	1	3,4%	0,031	0,031	0,031						
Bromopropylate			x		22	24,7%	0,024	0,010	0,058	23	39,0%	0,058	0,010	0,232	4	13,8%	0,078	0,010	0,264	2	33,3%	0,077	0,073	0,081	
Chlorpropham				Herbicide	3	3,4%	0,034	0,025	0,053	15	25,4%	0,030	0,010	0,117	1	3,4%	0,135	0,135	0,135						
Thiacloprid	x			Molluscicide	2	2,2%	0,030	0,014	0,046	1	1,7%	0,014	0,014	0,014											
Chlorpyrifos (-ethyl)	x				12	13,5%	0,025	0,011	0,041	7	11,9%	0,640	0,013	4,38						2	33,3%	0,011	0,010	0,012	
Chlorpropylate	x	x			2	2,2%	0,024	0,011	0,036	3	5,1%	0,018	0,012	0,027											
Hexythiazox			x		9	10,1%	0,015	0,010	0,030	2	3,4%	0,018	0,012	0,023											
Pendimethalin				Herbicide	5	5,6%	0,017	0,012	0,030																
Propamocarb		x			3	3,4%	0,018	0,010	0,027	1	1,7%	0,019	0,019	0,019											
Trifloxystrobin		x			1	1,1%	0,025	0,025	0,025																
Lindane (γ-HCH)	x	x			1	1,1%	0,023	0,023	0,023	5	8,5%	0,027	0,010	0,062											
Dimoxystrobin		x			1	1,1%	0,022	0,022	0,022						1	3,4%	0,178	0,178	0,178						
Parathion	x	x			1	1,1%	0,016	0,016	0,016																
Pirimicarb		x			2	2,2%	0,014	0,011	0,016																
Dibromobenzophenone				Metabolite	3	3,4%	0,013	0,010	0,015	1	1,7%	0,010	0,010	0,010	1	3,4%	0,048	0,048	0,048	2	33,3%	0,017	0,014	0,019	
Metalaxyl		x			1	1,1%	0,015	0,015	0,015																
Acrinathrin	x	x			1	1,1%	0,014	0,014	0,014	1	1,7%	0,166	0,166	0,166											
p,p'-DDT (Chlorophenothane)	x				1	1,1%	0,010	0,010	0,010	5	8,5%	0,030	0,011	0,052											
Pyridaben	x	x			1	1,1%	0,010	0,010	0,010																
Biphenyl	x	x	x							1	1,7%	0,088	0,088	0,088											
p,p'-DDE (Dichlorodiphényldichloroéthylène)				Metabolite						1	1,7%	0,038	0,038	0,038											
DDT (Sum, expressed as DDT)	x									1	1,7%	0,094	0,094	0,094											
o,p'-DDT				Isomer						2	3,4%	0,025	0,014	0,035											
Deltaméthrin	x			Metabolite						1	1,7%	0,026	0,026	0,026											
Diazinon	x	x		Repulsif						2	3,4%	0,119	0,010	0,227											
Dichlorobenzophenone				Metabolite																					
Etridiazole		x								1	1,7%	0,013	0,013	0,013											
Methoxychlor		x								2	3,4%	0,032	0,012	0,051	1	3,4%	0,050	0,050	0,050						
Tebuconazole		x		Regulateur de croissance						1	1,7%	0,032	0,032	0,032											
Tetradifon	x	x								3	5,1%	0,169	0,011	0,485											
Tetraméthrin	x									1	1,7%	0,462	0,462	0,462											
Vinclozolin		x								1	1,7%	0,021	0,021	0,021	1	3,4%	0,016	0,016	0,016						

Légende : Amitraz, y compris les métabolites DMPF, DMF et la fraction 2,4 -diméthylaniline; PPDB/VSDB. Les données utilisées dans ce tableau ont été extraites de la Pesticide Properties DataBase et de la Veterinary Substances DataBase (Lewis et al., 2016).

**Figure 1.** Pourcentage d'échantillons contaminés par type de cire en fonction du nombre de résidus de pesticides trouvés dans chaque échantillon



Le modèle de régression logistique multivariée a indiqué une influence significative du chlorfenvinphos sur la mortalité des abeilles. Le risque le plus élevé encouru par les abeilles se fait par contact avec la cire de corps ensuite par la cire recyclée. Tous ces résultats indiquent que la cire d'opercule était nettement moins contaminée.

### Pesticides à usage apicole

Les résultats de l'étude confirment l'hypothèse d'une présence importante de résidus de pesticides à usages apicole et agricole dans la cire d'abeilles.

Les résidus typiques de traitements vétérinaires appliqués directement dans la ruche tels que le tau-fluvalinate (Apistan®) et le coumaphos (Checkmite®) ont la prévalence la plus forte dans tous les types de cire (respectivement 89,6 % et 78,6 %) et les concentrations sont les plus élevées (**Tableau 1**). Néanmoins, ces produits ont une faible toxicité. Des résidus de pesticides à usage agricole ont été trouvés avec une prévalence et des concentrations plus faibles, mais ces produits ont une toxicité plus élevée pour les abeilles. De plus, ces résidus sont connus pour avoir des effets de synergie avec d'autres pesticides, effets pouvant augmenter la toxicité d'un ou de plusieurs des composés présents dans les cires.

Outre leur application directe dans la ruche, la grande stabilité chimique et le faible taux de migration de ces acaricides hautement lipophiles les poussent à s'accumuler dans la cire à des concentrations pouvant atteindre le  $\text{mg kg}^{-1}$ . Ce phénomène semble se produire surtout avec le coumaphos, dont les niveaux de concentration varient considérablement (entre  $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$  et

7,41 mg kg<sup>-1</sup>) probablement en raison de différentes applications, mais aussi suite à sa forte persistance dans la cire d'abeille (temps de demi-vie de 115-356 jours) et du recyclage des cires de corps.

En revanche, l'amtiaz (Apivar®) a rarement été détecté dans les échantillons de cire d'abeille, en raison de son court temps de demi-vie, ce qui nécessite sa quantification indirecte par le biais de ses métabolites. L'amtiaz se dégrade en 1 jour dans la cire d'abeille et en 10 jours dans le miel. Dans cette étude, une détection très élevée de l'amtiaz et ses métabolites (16,7 mg kg<sup>-1</sup>) a été enregistrée dans une de cire de corps; probablement en raison d'une application massive récente. Aucune autre concentration n'a dépassé 0,54 mg kg<sup>-1</sup>.

L'acaricide bromopropylate, utilisé dans les premières années des traitements contre le *Varroa* (Folbex VA®) a également été retrouvé dans les cires avec une forte prévalence (28%). Le bromopropylate présente des propriétés lipophiles élevées (le Log P qui est le coefficient de partition octanol-eau est de 5,4) et une forte persistance dans la cire, c'est pourquoi son utilisation en agriculture a été interdite en Europe en 2003 et en Belgique en 2007 (règlement (CE) n° 2076/2002 de la Commission). Aujourd'hui, son utilisation en apiculture n'est plus autorisée.

### **Pesticides à usage agricole**

L'acaricide propargite a également été détecté avec une prévalence élevée (53,3 %). Ce résidu provient d'applications agricoles et non de la lutte contre *Varroa*. Son accumulation dans la cire d'abeille provient de contaminants externes ramenés à la ruche par les abeilles butineuses. Son utilisation n'est plus autorisée par le règlement européen (CE) 1107/2009.

Le Piperonyl butoxide a été trouvé avec une prévalence de 29,1%. Cette substance a été signalée comme augmentant la toxicité de l'insecticide néonicotinoïde « thiacloprid » pour l'abeille domestique et comme affectant la capacité de l'abeille à le détoxifier, contribuant de manière significative à l'intolérance des abeilles domestiques aux insecticides pyréthrinoides.

Le diéthyltoluamide (DEET), un répulsif, a été trouvé avec une prévalence de 36,3 %. Le DEET a des propriétés lipophiles relativement élevées (Log P = 2,1), ce qui pourrait expliquer son accumulation. Néanmoins, la source de contamination du DEET n'a pas pu être déterminée.

Six insecticides néonicotinoïdes ont également été recherchés dans le cadre de cette étude. Seuls des résidus de thiacloprid ont été détectés dans 3 échantillons de cire.

Plus alarmante a été la détection de molécules hautement toxiques pour les abeilles et interdites par l'UE, telles que le lindane (gamma-HCH) (prévalence de 3,29 %) et le DDT, y compris son produit de dégradation, le dichlorodiphényldichloroéthylène (prévalence de 0,54 %). Depuis 2008, toutes les utilisations du lindane sont interdites dans l'UE. En 2009, le lindane et deux autres isomères du HCH ont été inclus dans la Convention de Stockholm (ECE/EB.AIR/104) sur les polluants organiques persistants (POP) afin de parvenir à l'élimination mondiale de ces substances. L'utilisation du DDT est également interdite en Europe depuis 2009 (règlement (CE) n° 1107/2009). Nos résultats confirment que les pesticides peuvent continuer à contaminer l'environnement longtemps après leur interdiction.

## Résidus de pesticides et mortalité des abeilles

Le chlorfenvinphos a été trouvé dans 24,7 % de tous les échantillons de cire. Cette molécule n'est plus autorisée pour l'agriculture dans l'UE (règlement (CE) n° 2076/2002 de la Commission) et n'est pas approuvée en tant que traitement anti-*Varroa*.

Dans l'analyse de régression logistique multivariée, la mortalité des colonies d'abeilles était environ deux fois plus élevée si la cire analysée contenait du chlorfenvinphos (Odds ratio = 2,15; intervalle de confiance à 95% : 1,04-4,44; valeur de  $P = 0,038$ ). Ce résultat a également été confirmé dans un autre modèle basé sur le risque. Dans cette analyse, les données utilisées sur la mortalité des abeilles doivent être interprétées avec prudence car les facteurs sous-jacents responsables de la mortalité des abeilles sont généralement multifactoriels.

Comme aucune limite maximale de résidus (LMR) n'a été définie pour le chlorfenvinphos, une valeur par défaut de  $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$  est appliquée (LMR pour le miel) conformément au règlement (CE) n° 2076/2002 de la Commission (CE) n° 396/2005. La concentration moyenne du chlorfenvinphos dans la cire d'abeille des échantillons positifs (tous types de cire confondus) était de  $0,033 \text{ mg kg}^{-1}$  (min-max :  $0,01-0,15 \text{ mg kg}^{-1}$ ), cette concentration dépassant la LMR fixée pour le miel.

Aucune étude des effets du chlorfenvinphos sur la santé des larves d'abeilles n'a été trouvée. L'origine du chlorfenvinphos dans les cires belges est incertaine. L'utilisation illégale du chlorfenvinphos comme acaricide a été suspectée en Espagne, au Portugal, en France et en Italie, où des produits non autorisés sont utilisés comme alternative à l'efficacité limitée de certains traitements autorisés. Les résidus peuvent également avoir été absorbés par les abeilles domestiques lors de la collecte du nectar et/ou du pollen dans l'environnement autour de la ruche dans l'hypothèse d'un usage illégal de ce pesticide sur des cultures. Le chlorfenvinphos pourrait également provenir de la pollution des rivières, la substance ayant été identifiée parmi 45 autres, comme substance prioritaire à surveiller dans l'Union européenne (directive 2013/39/UE). Une autre voie possible de contamination est l'utilisation de cire légalement commercialisée provenant de pays membres ou non de l'Union européenne. Les concentrations de chlorfenvinphos détectées dans les cires belges sont faibles et ne semblent donc pas être le résultat d'une utilisation illégale de la substance dans la ruche comme traitement vétérinaire.

## Quotient de risque et toxicité pour les abeilles

Globalement, dans le premier scénario où la dose létale aiguë du tau-fluvalinate est de  $12 \mu\text{g abeille}^{-1}$ , la majorité des échantillons analysés (68%) ont un faible risque de toxicité pour les abeilles et ne devraient pas poser de problèmes, néanmoins, 32% des échantillons représenteraient un risque.

La cire de corps a montré le risque de toxicité le plus élevé pour les abeilles. Ce risque de toxicité élevé est dû à la présence d'un seul échantillon contaminé par une forte concentration de cyperméthrine ( $9,3 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Cette contamination élève la moyenne générale du QR de la cire de corps significativement. Cette contamination a été enregistrée dans la province du Luxembourg, où les terres agricoles sont essentiellement consacrées à l'élevage des bovins laitiers. La cyperméthrine est utilisée en élevage bovin.

Dans la cire recyclée, le risque de toxicité est moyen mais, là encore, ce risque est dû à 2 échantillons présentant des valeurs de toxicité extrêmement élevées. Ces deux contaminations

ont été localisées dans la province du Limbourg (région consacrée à l'horticulture et l'arboriculture fruitière) et dans la province de Flandre orientale (élevage bovin). La contamination dans le Limbourg est due à la présence de la perméthrine et du chlorpyrifos (-éthyle), tous deux utilisés pendant de longues années respectivement pour lutter contre les lépidoptères et les coléoptères dans les cultures ornementales, fruitières et maraîchères et contre un large éventail de parasites foliaires. En Flandre orientale (élevage bovin), la contamination était due à la présence de deltaméthrine ( $0,026 \text{ mg kg}^{-1}$ ) et de lindane ( $0,021 \text{ mg kg}^{-1}$ ). La deltaméthrine est un insecticide pyréthroïde utilisé pour éradiquer les parasites externes dans les fermes d'élevage. Le lindane une substance topique obsolète (actuellement interdite) qui était utilisée pour traiter les parasites.

La cire de hausse (N=6) contenait trois échantillons avec une toxicité significative. Pour ce type de cire, le nombre limité d'échantillons ne permet pas de tirer des conclusions définitives.

La cire d'opercule (N=28) avait la moyenne de QR la plus basse. Néanmoins, un échantillon avait un QR élevé suite à la présence de la perméthrine dans cet échantillon. Deux échantillons ont été trouvés avec une toxicité significative ( $250 < \text{QR} < 5000$ ). La toxicité de la cire d'opercule et de la cire de hausse peuvent être considérée comme faiblement ou non toxique pour les abeilles par rapport à la cire recyclée et à la cire de corps.

Les résultats de cette étude sont comparables aux conclusions de Calatayud-Vernich et al. 2017, où les pyréthrinoïdes (cyperméthrine, perméthrine, etc.) et l'organophosphate (chlorpyrifos) étaient les principaux contributeurs aux scores du QR, dû à leur toxicité élevée. Dans cette étude, la cire d'opercule présente également la toxicité la plus faible pour les abeilles.

Avec le deuxième scénario de toxicité au le DL50 du tau-fluvalinate équivalant à  $0.2 \mu\text{g abeille}^{-1}$ , les QR de risque atteignent des niveaux alarmants, et le nombre d'échantillons dépassant les valeurs de toxicité maximale augmente significativement (**Tableau 2**). Une révision de la DL50 pour abeille est impérative afin de clarifier la valeur du tau-fluvalinate.

Le modèle du QR utilisé dans cette étude est simpliste car il considère les effets toxiques comme cumulatifs et additifs mais ne prend pas en compte les effets synergiques ou antagonistes, ceux-ci n'étant pas encore bien documentés et donc pas encore intégrés dans l'équation utilisée. De meilleurs modèles d'estimation des effets nocifs potentiels des cocktails de résidus, plus fiables que ceux qui existent déjà, sont nécessaires pour évaluer plus correctement les risques potentiels des résidus.

**Tableau 2.** Risque pour les abeilles exprimées en pourcentage, quotient de risque (QR) et valeurs QR dépassant le seuil de toxicité dans la cire d'abeille pour les quatre types de cire (cire de corps, cire recyclée, cire d'opercule et cire de hausse) pour deux valeurs différentes de DL50 du tau-fluvalinate.

	Paramètre	Cire de corps (N=89)	Cire recyclée (N=59)	Cire d'opercule (N=28)	Cire de hausse (N=6)	
Tau-fluvalinate DL50 = 12 µg abeille <sup>-1</sup>	Quotient de risque	Moyenne	5562	1901	54	213
		Déviati on standart	49395	9855	116	193
		Médiane	27	136	4	169
		Min	0	0	0	5,8
		Max	466249	74208	507	452
		250 > valeur > 5000	24	26	2	3
		Valeur > 5000	2	2	0	0
	Risque exprimé en %	Moyenne	15,1	12,3	7,3	4,8
		Déviati on standart	1	240	1	4
		Médiane	108	55	0	3
		Min	0	0	0	0
		Max	1019	426	4	9
	Tau-fluvalinate DL50 = 0,2 µg abeille <sup>-1</sup>	Quotient de risque	Moyenne	7961	4238	533
Déviati on standart			49745	11341	744	1581
Médiane			753	1330	184	2466
Min			0	0	0	75.0
Max			468324	75476	2677	4584
250 > valeur > 5000			54	42	11	5
Valeur > 5000			10	9	0	0
Risque exprimé en %		Moyenne	122	119	16	104
		Déviati on standart	292	271	5	106
		Médiane	28	51	24	77
		Min	0	0	0	3
		Max	1438	1996	87	221

Légende : LD50, dose létale aigue; QR1 and QR2, Quotient de risque calculé pour 2 valeurs différentes de LD50 du tau-fluvalinate.

### Risque cumulé par exposition par contact avec les larves d'abeilles

Le risque le plus élevé était posé par la cire de corps, où 15% des larves étaient exposées à des doses de pesticides supérieures à la dose létale, suivie par la cire recyclée et la cire de rayons de hausse. La cire d'opercule était nettement moins contaminée que les 3 autres types de cire et présentait un risque très limité (0,7%). Dans le scénario où la DL50 du tau-fluvalinate est de 0.2 µg abeille<sup>-1</sup>, le risque cumulé d'exposition par contact est considérablement augmenté pour dépasser 100 %, sauf pour la cire d'opercule (16 %).

Il serait plus adapté d'estimer un risque de toxicité en utilisant des valeurs DL50 aiguës pour les larves et non pas pour les abeilles adultes, puisque ce sont les larves qui se développent dans la cire. Néanmoins les DL50 pour larves existent très peu. D'autres études ont déjà estimé le risque d'exposition par contact des abeilles ou des larves d'abeilles à des pesticides isolés (Harriet et al., 2017 ; Sanchez-Bayo et Goka, 2014). En utilisant une équation légèrement différente de la nôtre, Harriet et al. (2017), ont trouvé que le chlorpyrifos (-ethyl) et le coumaphos présentaient le risque le plus élevé pour les larves d'abeilles (respectivement 198% et 21%).

## CONCLUSION

Cette étude met en évidence l'omniprésence de pesticides dans tous les types de cire. Les pesticides à usage apicole ont la prévalence les plus élevées mais la toxicité la plus faible contrairement aux pesticides à usage agricole qui présentent une toxicité plus élevée pour les abeilles. Indéniablement, la cire d'opercule présentait les plus faibles contaminations ainsi que le plus faible risque pour les abeilles. Les cires de corps et cires recyclées présentaient le plus de risque pour les abeilles. Afin de diminuer la pression des contaminations dans la cire sur les abeilles et surtout les larves, un remplacement plus fréquent des cires de corps est recommandé, la recommandation actuelle étant un remplacement de 1/4 à 1/3 des cires de corps chaque année (ITSAP, 2017). La cire de corps ne devrait plus être recyclée dans le flux de cire. Pour les apiculteurs individuels, l'utilisation de cire d'opercule en circuit fermé est recommandé. Une campagne d'éducation pour les utilisateurs de pesticides ou de médicaments vétérinaires est nécessaire pour accroître la sensibilisation et les bonnes pratiques.

Pour les ciriers, l'utilisation de plus grandes quantités de cire d'opercule dans la fabrication des cires gaufrées est recommandée, ainsi que l'utilisation de cire dont la toxicité a été testée. Une application facile d'utilisation a été développée afin d'estimer la toxicité des cires commerciales, cette application est mise gratuitement à disposition de toute personne souhaitant contrôler la qualité de la cire à partir d'une analyse de pesticide(s). Il suffit de cliquer sur le lien suivant : <https://www.beetools.uliege.be/>

Les recommandations émises envers le secteur apicole n'ont de sens que si elles s'accompagnent de recommandations au secteur phytopharmaceutique et le secteur vétérinaire. La formulation et la mise sur le marché de produits phytosanitaires devrait tenir compte de la durée de vie et des propriétés lipophiles des pesticides qui leur permettent de s'accumuler dans la cire.

Étant donné le grand nombre de résidus trouvés dans la cire d'abeille et la quantité d'effets synergiques potentiels entre les différents résidus détectés, nous recommandons de tester les combinaisons couramment trouvées dans des expériences de terrain afin de déterminer les effets synergiques potentiels sur la santé de la colonie. L'utilisation de substances vétérinaires alternatives (par exemple les acides) doit être encouragée. Nous recommandons l'introduction de limites maximales de résidus pour la cire à usage apicole, en tenant compte de la toxicité des résidus pour les abeilles et, idéalement, pour les larves. Les valeurs de toxicité de l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (EPA) et de la base de donnée européenne des propriétés des pesticides (PPDB) pour le tau-fluvalinate devraient être réexaminées scientifiquement en profondeur.

La version originale de l'article est disponible [ici](#)