


# Environnement

## Les pesticides, le pollen et les abeilles

par **Marie-Pierre CHAUZAT**, **Jean-Paul FAUCON**, **Anne-Claire MARTEL**, **Julie LACHAIZE**, **Nicolas COUGOULE** et **Michel AUBERT** – [mp.chauzat@afssa.fr](mailto:mp.chauzat@afssa.fr)  
AFSSA, Les Templiers, 105, route des Chappes, BP 111 – F-06 902 Sophia-Antipolis Cedex  
Phytoma, Juin 2006, n° 594

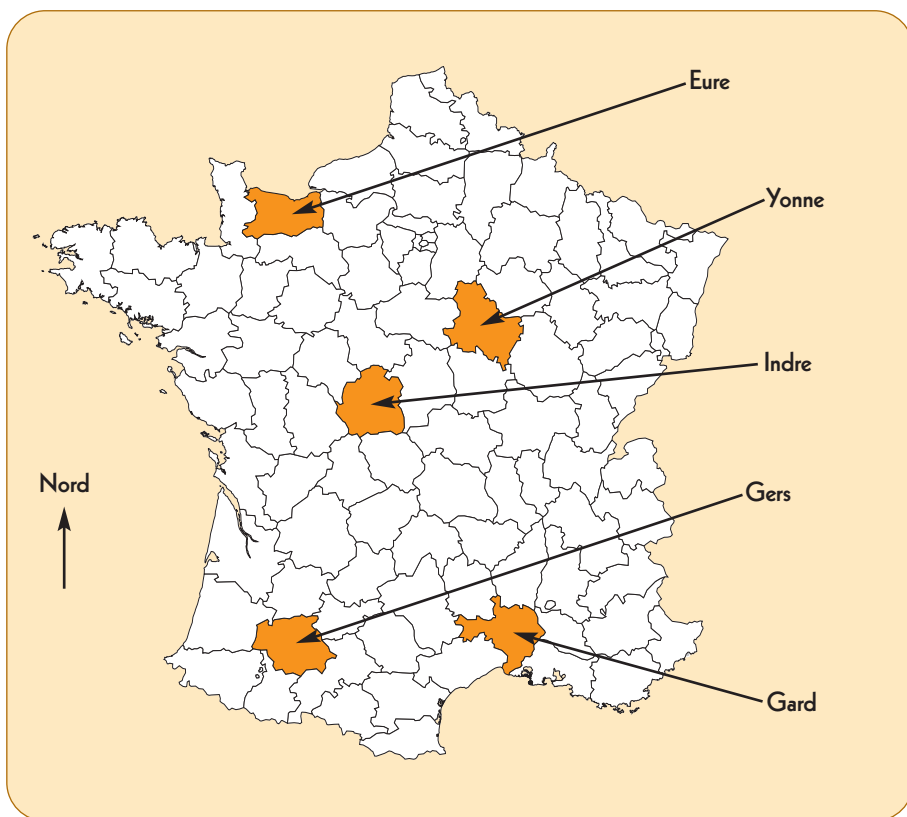
Pour étudier la présence des résidus de pesticides utilisés dans l'agriculture et surtout pour étudier leur influence sur la santé des colonies d'abeilles, une étude de terrain pilotée par l'AFSSA Sophia Antipolis a débuté en 2002 en France. Cette étude se devait d'étudier le médiatique phénomène des mortalités brutales des colonies d'abeilles suite à leur exposition à des miellées ciblées. À notre connaissance, cette étude est la première qui rend compte du taux de présence de pesticides dans des pelotes de pollen d'abeille collectées pendant une année entière.

 Les pesticides ont été largement utilisés pour combattre les insectes après la Seconde Guerre mondiale en commençant par l'utilisation généralisée des organochlorés. Plus près de nous, pour la seule année 2003 en France, environ 74 500 tonnes de pesticides ont été utilisés, plaçant ainsi notre pays au premier rang européen des consommateurs en tonnage, mais à un rang moyen si on considère les doses utilisées (4 kg/ha cultivé) par rapport à des pays très utilisateurs (Pays-Bas) ou très peu utilisateurs (Portugal) (Devillers *et al.* 2005). Pour chaque produit, les quantités totales dépendent de l'importance de la culture et des doses autorisées qui vont de

quelques grammes à 1 ou 2 kilogrammes par hectare.

### Pourquoi étudier le pollen récolté ?

Depuis plusieurs années, la présence des résidus de pesticides dans l'eau, l'air et les aliments est étroitement étudiée à cause de leur toxicité pour la santé humaine mais aussi à cause du risque potentiel qu'ils représentent pour les équilibres écologiques. L'utilisation de l'abeille domestique (*Apis mellifera*) comme sentinelle de l'environnement a été décrite et discutée plusieurs fois lors de différentes études.



**Fig. 1: Localisation et noms des départements français où étaient placés les ruchers étudiés.**

L'efficacité de cet insecte en tant qu'outil écologique est basée sur plusieurs caractéristiques biologiques et éthologiques telles qu'un taux élevé de reproduction, une grande mobilité, une capacité à voler sur de grandes distances et à visiter de nombreuses fleurs en un seul jour. De plus, les colonies d'abeille couvrent l'ensemble du territoire français et leur état est suivi de façon attentive par les apiculteurs. D'un point de vue scientifique, on peut citer les études qui ont utilisé les abeilles domestiques pour suivre la présence dans l'environ-

nement d'éléments radioactifs ou des métaux lourds. Plus originale, une étude italienne a également montré qu'*A. mellifera* pouvait être utilisée avec succès pour détecter la présence de micro-organismes pathogènes pour les plantes (Porrini *et al.* 2002).

L'examen des matrices apicoles miel, cire, abeilles et pollen entre autres, peut donner des renseignements utiles sur la présence des polluants dans l'environnement. Le miel étant un produit de consommation humaine, sa

Pesticides	Famille	Utilisation	Statut	LD	LQ
Acide-6-cloronicotinique	Métabolite	I	A	0,2	0,6
Aldicarbe	Carbamate	I, N	A	5,0	10,0
Aldicarbe sulfoxyde	Métabolite	SO	SO	5,0	10,0
Aldicarbe sulfone	Métabolite	SO	SO	5,0	10,0
Azinphos-méthyl	Organophosphoré	I	A	57,0	196,7
Carbaryl	Carbamate	I, RC	A	5,0	10,0
Carbofurane	Carbamate	I	A	5,0	10,0
Chlorpyrifos-éthyl	Organophosphoré	I	A	10,0	34,5
Coumaphos	Organophosphoré	I, Ac	In	37,0	142,6
Cyfluthrine	Pyrétrinoïde	I	A	7,0	98,7
Cyperméthrine	Pyrétrinoïde	I	A	3,8	93,3
Cyproconazole	Triazole	F	A	5,0	10,0
Deltaméthrine	Pyrétrinoïde	I	A	0,1	29,9
Dimétoate	Organophosphoré	I	A	18,0	59,6
Endosulfan	Organochloré	I	A	0,1	8,0
Epoxyconazole	Triazole	F	A	5,0	10,0
Fénitrothion	Organophosphoré	I	A	19,0	66,9
Fenthion	Organophosphoré	I	A	8,0	30,6
Fipronil	Phénylpyrazole	I	A	0,3	2,0 - 0,5
Fipronil sulfone	Métabolite	I	A	0,3	2,0 - 0,5
Fipronil désulfinyl	Métabolite	I	A	0,3	2,0 - 0,5
Flusilazole	Triazole	F	A	5,0	10,0
Hexaconazole	Triazole	F	A	10,0	20,0
Imidaclopride	Néonicotinique	I	A	0,2	1,0
Lindane	Organochloré	I	In	0,1	4,0
Malathion	Organophosphoré	I	A	9,0	31,5
Mercaptodiméthur	Carbamate	I, M	A	5,0	10,0
Mercaptodiméthur sulfone	Métabolite	SO	SO	5,0	10,0
Mercaptodiméthur sulfoxyde	Métabolite	SO	SO	5,0	10,0
Méthidathion	Organophosphoré	I	A	13,0	49,6
Méthomyde	Carbamate	Ac, I, M	A	5,0	10,0
Mévinphos	Organophosphoré	I	A	3,8	27,7
Myclobutanile	Triazole	F	A	5,0	10,0
Oxamyl	Carbamate	I	A	5,0	10,0
Parathion-éthyl	Organophosphoré	I	A	8,0	30,4
Parathion-méthyl	Organophosphoré	I	A	10,0	39,5
Penconazole	Triazole	F	A	5,0	10,0
Propiconazole	Triazole	F	A	5,0	10,0
Tau-Fluvalinate	Pyrétrinoïde	I, Ac	A	1,1	76,0
Tébuconazole	Triazole	F	A	10,0	20,0
Tétraconazole	Triazole	F	A	5,0	10,0

Tableau 1 : Caractéristiques des pesticides étudiés : famille chimique, utilisation (Ac : acaricide, F : fongicide, RC : régulateur de croissance, I : insecticide, N : nématicide, M. : molluscicide, SO : sans objet), statut légal d'utilisation pour la protection des plantes en 2003 (A : autorisé, In : interdit), limite de détection (LD) et limite de quantification (LQ) exprimées en µg/kg.

contamination par diverses molécules est largement étudiée dans différents pays. En France, un plan de surveillance nationale évalue tous les ans la contamination des miels français par des molécules de synthèse et les métaux lourds. En 2003, sur les 117 miels analysés, des résidus dépassant le seuil maximal autorisé ont été trouvés dans 2,8 % d'entre eux. Il s'agissait de résidus d'antibiotiques (tétracyclines et sulfathiazole) ainsi que de métaux lourds (plomb et cadmium).

Bien que le pollen en pelote soit une denrée consommée par l'homme, jusqu'à ce jour aucune législation n'est appliquée à ce produit. Pour cette raison, il n'y a que peu de données disponibles dans la littérature sur la pollution du pollen.

### *Le protocole d'étude*

Vingt-cinq ruchers ont été choisis dans cinq départements (Eure, Yonne, Indre, Gers et Gard, voir Figure 1) en fonction de leur environnement (zones de grandes cultures, ou autres zones).

Dans chaque rucher, cinq colonies ont été tirées au sort (125 colonies au total) et ont été visitées quatre fois par an: avant l'hiver 2002, à la sortie de l'hiver, avant l'été, pendant l'été et enfin avant l'hiver 2003. Lors de ces visites, on a procédé à des observations cliniques.

Par ailleurs, deux colonies supplémentaires ont été choisies par rucher et équipées de trappes à pollen. Les api-

culteurs devaient mettre en fonction les trappes quelques jours avant notre visite des colonies et récolter le pollen tous les deux jours. Les échantillons étaient immédiatement congelés et conservés ainsi jusqu'à leur analyse.

Les analyses ont été conduites dans deux laboratoires: à l'AFSSA Sophia Antipolis et au GIRPA (Groupe Interrégional sur les Recherches des Produits Agropharmaceutiques) à Angers. On a procédé à deux types d'analyses pour rechercher les résidus de 41 molécules différentes: des analyses mutirésidus qui recherchent simultanément les résidus de différentes molécules dans un même échantillon, et des analyses spécifiques qui ne portent que sur une seule molécule. Le premier type d'analyse est évidemment moins sensible que le second mais il présente l'avantage de permettre la recherche simultanée de plusieurs produits (36 dans nos analyses). Elles ont été conduites sur un chromatographe à phase gazeuse en utilisant un détecteur à capture d'électrons pour les pesticides organochlorés et les pyréthriinoïdes de synthèse, et un détecteur azote-phosphore pour les pesticides organophosphorés. La famille chimique des pesticides, leur statut légal d'utilisation et les organismes nuisibles ciblés sont détaillés dans le tableau 1, ainsi que les limites de détection (LD) et de quantification (LQ) de ces analyses. Le choix des substances actives recherchées a été guidé par leur toxicité vis-à-vis de l'abeille et/ou par leur large utilisation agricole. Les limites de détection des différentes molécules recherchées lors de l'analyse

Pesticides	Pourcentages (%)	Concentrations des résidus		Concentration moyenne (µg/kg)
		min (µg/kg)	min (µg/kg)	
Imidaclopride	49,4	> LD	5,7	1,2
Acide-6-chloronicotinique	44,4	> LD	9,3	1,2
Fipronil	12,4	> LD	< LQ	1,2
Fipronil désulfinyl	11,1	> LD	1,5	1,3
Penconazole	10,3	> LD	126,0	27,6
Carbaryl	8,3	126,0	265,0	218,7
Endosulfan	6,1	> LD	340,0	81,2
Tau-Fluvalinate	6,1	> LD	2020,0	487,2
Flusilazole	5,1	> LD	71,0	26,1
Parathion-méthyl	4,9	> LD	< LQ	24,8
Carbofurane	3,8	> LD	10,9	14,0
Cyproconazole	3,8	> LD	< LQ	7,5
Fipronil sulfone	3,7	1,7	3,6	1,2
Myclobutanil	2,8	> LD	20,3	13,9
Coumaphos	2,4	150,0	1700,0	925,0
Oxamyl	1,8	38,4	38,4	38,4
Tébuconazole	1,3	12,3	12,3	12,3
Hexaconazole	1,3	18,0	18,0	18,0
Parathion-méthyl	1,2	> LD	< LQ	19,2

**Tableau 2 : Fréquence des résidus de pesticides dans les pelotes de pollen. Les pesticides sont classés par ordre décroissant de fréquence.**

multirésidus ont été comprises entre 0,1 et 57,0 µg/kg, et les limites de quantification entre 4,0 et 196,7 µg/kg.

Les analyses spécifiques ont porté sur les molécules imidaclopride et fipronil et trois de leurs métabolites (l'acide-6-chloronicotinique pour l'imidaclopride et les dérivés sulfone et désulfinyl pour le fipronil). L'imidaclopride et tous ses métabolites ont été préalablement hydrolysés pour donner de l'acide-6-chloronicotinique. Les méthodes analytiques concernant les résidus de fipronil et de ses métabolites ont évolué au cours de l'étude, par conséquent, les limites de quantification ont diminué de 2,0 à 0,5 µg/kg.

Dans le tableau 2, les pourcentages des pollens contenant des résidus ont été calculés en divisant le nombre

d'échantillons positifs (échantillons dans lesquels des résidus du composé étudié ont été détectés) par le nombre total d'échantillons dans lesquels l'analyse a été conduite. Ce nombre total variait en fonction de la quantité de pollen récoltée à certaines saisons, qui parfois était trop faible et n'a pas permis de réaliser l'ensemble des analyses sur un même échantillon. Dans ce tableau, les pesticides ont été classés en ordre décroissant selon leur fréquence d'apparition dans les échantillons. La teneur moyenne a été calculée en utilisant la valeur de la médiane lorsque la quantité des résidus était trouvée entre la limite de détection et la limite de quantification. Par exemple, la LD du tau-fluvalinate étant de 1,1 µg/kg et sa LQ de 76,0 µg/kg, la médiane avait pour valeur 38,6 µg/kg.

Les tests statistiques (régression logistique) ont été conduits sur les fréquences de présence des résidus et non sur les teneurs des résidus.

### Les voies de contamination du pollen

Des résidus de 19 pesticides sur les 41 molécules recherchées ont été trouvés dans les pelotes de pollen. Les résidus les plus fréquents étaient l'imidaclopride (49,4 % des échantillons), l'acide-6-chloronicotinique (44,4 %) et le fipronil (12,4 %). La fréquence de présence des autres résidus (16 composés) variait de 11,1 % à 1,2 % (tableau 2). La proportion des échantillons contenant au moins de l'imidaclopride ou de l'acide-6-chloronicotinique était de 69,1 %. Sur les 101 échantillons de pollen analysés, 73 l'ont été pour la recherche de l'ensemble des 41 molécules. Dans ces conditions, seuls 9 échantillons (12,3 %) ne contenaient aucun résidu détectable. Des résidus de un à cinq composés différents ont été retrouvés dans les pelotes de pollen. La pollution la plus fréquente correspondait à la présence d'un seul résidu (31,5 %). Un seul échantillon contenait cinq résidus à la fois.

Les résidus de deux pesticides, le coumaphos et le tau-fluvalinate, ont été quantifiés à la hauteur du milligramme par kilogramme, ce qui représente une teneur 1000 fois supérieure à l'unité utilisée pour l'expression des LD et LQ, le microgramme par kilogramme. Il est intéressant de noter que ces acaricides sont utilisés pour le traitement de

*Varroa destructor*, acarien parasite des abeilles qui ravage les colonies françaises depuis les années 80.

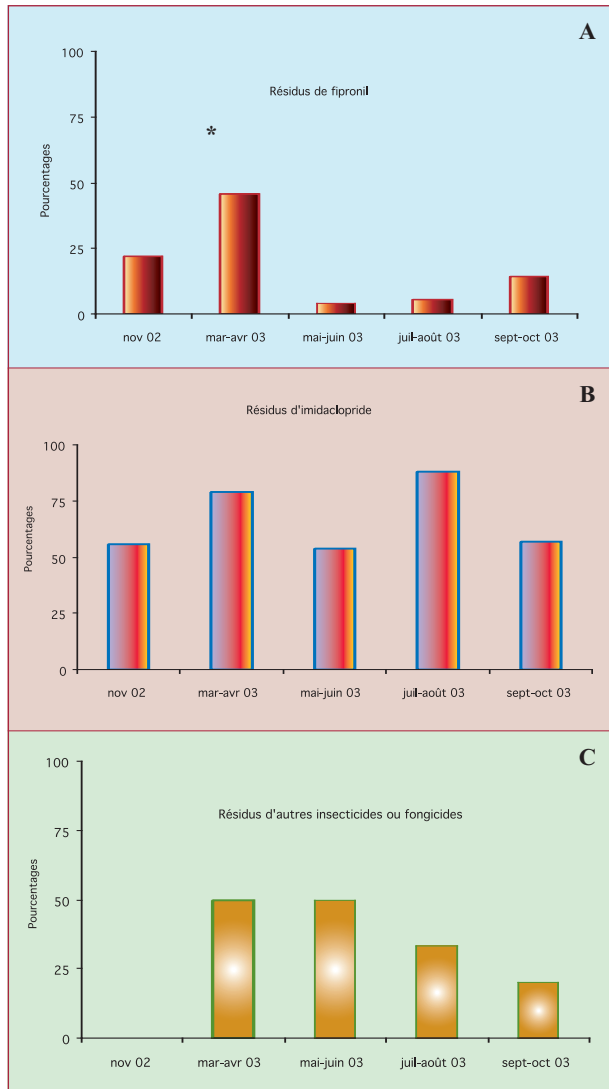
Les deux échantillons contenant le coumaphos provenaient de ruchers dont l'apiculteur avait mentionné son utilisation pour le traitement de la varroase. Il est probable que l'acaricide a été introduit dans les pelotes via les abeilles. Il est connu que les butineuses utilisent le nectar et/ou le miel pour agglomérer les grains de pollen afin de former les pelotes. La quantité de sucres ajoutés est variable et peut représenter jusqu'à 40 % du poids sec de la pelote de pollen (Roulston and Cane 2000). Bien que l'autre acaricide, le tau-fluvalinate, soit encore utilisé en apiculture malgré la mise en évidence de résistances de l'acarien à ce traitement, aucun des participants à notre étude n'a rapporté son utilisation pour le traitement de la varroase. Le scénario de contamination des pelotes via les abeilles n'explique probablement pas la présence de résidus de tau-fluvalinate dans le pollen. En 2003, le tau-fluvalinate était largement utilisé dans la protection des plantes. La source phytosanitaire pourrait expliquer la présence des résidus de tau-fluvalinate et également de toutes les autres matières actives dans les pelotes.

### Des résidus dans le pollen : quand, où et à quelle teneur ?

La figure 2 représente la fréquence des résidus dans le pollen en fonction du temps. 81 échantillons de pelotes ont été analysés pour la recherche de

fipronil et de ses métabolites. Un pic dans la fréquence de résidus de fipronil (et/ou de ses métabolites) dans les pelotes de pollen a été observé dans les échantillons collectés en mars-avril 2003. La matière active fipronil n'a jamais été quantifiée (teneurs jamais supérieures à la LQ). Le composé sulfone a été quantifié trois fois (1,7; 3,3 et 3,7 µg/kg), le composé désulfinyl une fois (1,5 µg/kg).

L'imidaclopride et l'acide-6-chloronicotinique ont été cherchés sur ces mêmes échantillons. Dans 56 d'entre eux, on a trouvé des résidus d'au moins une de ces deux molécules. Ces échantillons positifs ont été collectés de façon égale durant toute l'année (figure 2b). L'imidaclopride a été quantifié dans 11 échantillons (les teneurs variaient de 1,1 à 5,7 µg/kg), l'acide-6-chloronicotinique dans 28 échantillons (les teneurs variaient de 0,6 à 9,3 µg/kg).



**Figure 2 : Fréquences (%) des résidus de (a) : fipronil; (b) : imidaclopride; (c) : autres pesticides dans les pelotes de pollen ; \* : différence significative statistiquement.**

Concernant les autres pesticides, les fréquences de présence dans les pelotes variaient de 50 %, pour les échantillons collectés en mars-avril 2003 et en mai-

juin 2003 à 0 % pour les échantillons collectés en novembre 2002.

Dans notre étude, les résidus des pesticides ont été mis en évidence à des teneurs plus faibles que celles reportées dans la littérature. Par exemple, la teneur moyenne en parathion-méthyl a été de 24,8 µg/kg. Par comparaison, en 1982 une étude portant sur les résidus de parathion-méthyl réalisée en France sur le pollen de trappe avait montré des teneurs variant de 1 700 à 17 800 µg/kg (Faucon *et al.* 1986). Au cours d'une autre expérimentation de terrain, aux États-Unis, du pollen a été récolté à l'aide de trappes en 1984. Les teneurs de parathion-méthyl dans les pelotes étaient comprises entre 40 et 1 940 µg/kg. Lors de cette dernière expérimentation, il n'a pas été reporté de mortalité anormale d'abeilles adultes, de problème de reine ni de développement inhabituel du couvain (Waller *et al.* 1984).

Aucun résidu de nombreux autres pesticides recherchés dans cette étude n'a été trouvé dans les pelotes de pollen. Cependant, des références dans la littérature mentionnent la possibilité de trouver les traces de ces pesticides dans l'environnement. En Suède, lors d'une expérimentation, on a montré que des résidus de cyperméthrine et de lambda-cyhalothrine variaient entre 70 et 1 900 µg/kg dans du pollen de trappe. Les taux de résidus étaient élevés le jour du traitement et décroissaient rapidement au cours des jours suivants. Dans notre étude, l'absence de résidus de cyperméthrine dans les pelotes de

pollen pourrait s'expliquer par sa faible persistance dans l'environnement.

Des méthodes d'application plus ciblées, la plus grande spécificité des matières actives et les nouvelles préparations commerciales actives à plus faibles doses expliquent les diminutions des teneurs des résidus que nous observons. Une gestion moderne des nuisibles doit trouver un équilibre entre l'optimisation de l'efficacité des insecticides et la réduction des pertes des matières actives. Cet idéal peut être atteint en intégrant différentes tactiques telles que le choix de l'insecticide et de sa concentration, son mode d'application et la période à laquelle il est utilisé.

Pendant les années 70 et 80, de nouvelles techniques ont été développées concernant le traitement des ravageurs. Force est de constater que les nouveaux insecticides développés ont une meilleure action potentielle : leur toxicité à l'égard des organismes cibles, due à leur mode d'action plus spécifique, a augmenté. Par conséquent, ils sont utilisés en moins grande quantité par hectare. Leurs résidus étant plus faibles, théoriquement ils devraient être éliminés plus facilement. Mais l'exemple de la production d'insecticides micro-encapsulés montre que le but recherché n'est pas toujours atteint. Cette technique avait été présentée comme une étape majeure dans la réduction des pertes de colonies d'abeilles dues à la dérive des produits phytosanitaires appliqués par pulvérisation. Cependant, à l'occasion du suivi post-homologation, on a constaté que les micro-capsules étaient considérées

comme des grains de pollen par les abeilles. Les colonies d'abeilles n'étaient donc plus exposées au pesticide à travers la dérive, mais par le biais du stockage dans la ruche avec les pelotes de pollen. Pour réduire ce désavantage, il a été proposé d'ajouter un adjuvant qui collerait les micro-capsules à leur support, ne permettant plus leur récolte par les insectes non-cibles (Dahl and Lowell 1984). Plus tard, les insecticides systémiques utilisés en enrobage de semences ont été présentés comme la solution aux problèmes de pulvérisation à la condition que les abeilles ne soient pas exposées de manière significative à la matière active ou à ses métabolites par le nectar ou le pollen. La controverse générée par l'emploi du Gaucho® en enrobage de graines de tournesol a prouvé que la réalité était plus complexe.

En France, le fipronil a été accusé d'être responsable de la perte de nombreuses colonies d'abeilles par les apiculteurs. Cet insecticide a été largement utilisé pour le traitement des semences de graines de tournesol parce qu'il protège efficacement les graines puis les plantules. Cette propriété est peut-être le fruit de l'action combinée de la molécule mère et de son métabolite, le composé sulfone, qui a une action insecticide potentiellement similaire à celle du fipronil. Un autre facteur pourrait être la présence du photoproduit (le composé désulfinyl) dont la toxicité à l'égard des mouches et des souris est similaire à celle du fipronil (Hainzl and Casida 1996). Quand on étudie la présence de ces trois composés, nos résul-

tats suggèrent que les résidus du composé parent (le fipronil) sont les plus fréquents dans les pelotes de pollen.

### Quelle toxicité pour l'abeille ?

Le danger posé par les pesticides aux abeilles est le résultat de l'exposition et de la toxicité. Le temps d'exposition (= exposition chronique ou aiguë) et le stade de développement des individus exposés (= adulte, couvain) jouent également un grand rôle dans l'effet des pesticides sur une colonie d'abeilles.

Il est intéressant de constater que les résidus les plus fréquemment trouvés sont ceux pour lesquels les LD sont très basses. La LD de l'imidaclopride et de l'acide-6-chloronicotinique est de 0,2 µg/kg, celle du fipronil de 0,3 µg/kg. Ces valeurs très basses sont observées grâce aux analyses spécifiques conduites pour la recherche de ces molécules. Si les limites de détection de l'ensemble des 41 pesticides avaient été aussi basses que celles citées plus haut, il est fort à parier que les fréquences de résidus en auraient été largement augmentées. En d'autres termes, plus on cherche et de manière fine, plus on trouve.

Aucune mortalité forte d'abeilles (= intoxication aiguë) n'a été enregistrée au cours de cette étude. Cependant, la présence des divers résidus de pesticides dans les pelotes de pollen montre que les colonies d'abeilles ont été exposées à des polluants de manière chronique (sur les 73 échantillons analysés

pour la recherche de l'ensemble des pesticides, seulement 9 d'entre eux ne contenaient aucun résidu). Les pelotes de pollen sont stockées dans la ruche par les abeilles sous forme de pain d'abeille. Le pain d'abeille est un mélange de pollen et de miel auquel ont été ajoutées de nombreuses enzymes. Les abeilles adultes et le couvain sont nourris directement ou indirectement (à travers la production de gelée royale sécrétée par les glandes hypopharyngiennes) avec du pain d'abeille. Ces populations peuvent donc être exposées aux résidus de pesticides durant des périodes variables. On n'a que peu de données sur le devenir des pesticides lorsqu'ils sont stockés dans la ruche sous cette forme : à quelle vitesse sont-ils métabolisés et selon quels processus ? De même, aucune donnée n'est disponible sur les possibles interactions entre les molécules présentes simultanément dans le pollen ou dans le pain d'abeille. Par exemple dans notre étude, des résidus de fongicides et de pyréthri-noïdes ont été trouvés simultanément dans un échantillon. Or on sait que cette association augmente dans certains cas la toxicité de chaque matière active à l'égard pour les abeilles lorsque les molécules sont appliquées simultanément en pulvérisation. Une augmentation de toxicité similaire dans le pollen ou le pain d'abeille est-elle possible ?

Beaucoup d'équipes ont travaillé sur la quantité de pollen dont une larve a besoin pour son développement. Cette quantité dépend principalement des saisons, de la variété de pollen et

des conditions dans lesquelles les larves sont élevées. Plusieurs chiffres sont cités dans les références bibliographiques : pour son développement complet, une larve de butineuse a besoin de 86 mg de pollen de maïs selon Babendreier *et al.* (Babendreier *et al.* 2004) ou de 145 mg de pollen selon d'autres auteurs sans qu'il soit mentionné l'espèce florale (Winston 1993). D'autre part, on sait que l'apport de pollen influence la résistance des abeilles aux pesticides. La diversité pollinique ainsi que la quantité de pollen ingérée par la larve lors de ses premiers jours de développement affectent plus tard la sensibilité aux pesticides des butineuses issues de ces larves (Wahl and Ulm 1983). Il est intéressant de remarquer que les pesticides présents le plus fréquemment dans les échantillons de pollen n'étaient pas ceux qui avaient les plus fortes concentrations moyennes. On peut donner l'exemple de l'imidaclopride présent dans presque la moitié des échantillons de pollen (49,4 %) à une concentration moyenne de 1,2 µg/kg. À l'opposé, seuls trois échantillons contenaient des résidus de carbaryl à une concentration moyenne de 218,7 µg/kg. Il est important de compléter ces observations par la toxicité intrinsèque des substances actives. La toxicité aiguë d'une molécule est mesurée par la dose létale 50 (DL 50) orale ou de contact. Il est connu que ces valeurs sont extrêmement dépendantes de la température, des substances actives, des races d'abeilles et de l'âge des individus testés. Les DL 50 des molécules concernées par notre étude et disponibles dans la littérature ont été

Insecticides	DL 50 sur couvain	DL 50 sur adultes	Administration
Aldicarbe	0,356	0,272	I
Aldicarbe sulfoxyde	0,854	2,211	I
Aldicarbe sulfone	1,067	399,3	I
Azinphos-méthyl	ND	NT	So
		0,428	I
Carbaryl	1,212	1,34	I
Carbofurane	ND	0,16	I
Chlorpyrifos-éthyl	ND	0,11	I
Coumaphos	ND	3-6	O
Cyperméthrine	0,066	0,060	I
Deltaméthrine	ND	0,7	O
Dimétoate	ND	0,18 - 0,90	I
Endosulfan	28,142	21,79	I
Fénitrothion	ND	0,28	I
Fenthion	ND	0,30	I
		0,004	O
Fipronil	ND	0,006	C
		0,0179	C
Imidaclopride	ND	0,04 - 0,01	O
Malathion	0,736	0,726	I
Méthidathion	0,274	0,237	I
Méthomyle	0,539	1,29	I
Mévinphos	0,441	0,305	I
Oxamyl	0,367	10,26	I
		0,07 - 0,10	C
Parathion-éthyl	ND	0,09 - 0,13	O
Parathion-méthyl	ND	0,29	I
Tau-Fluvalinate	ND	65,85	I
Tébuconazole	ND	97 - 175,8	C

**Tableau 3 : Toxicité aiguë des pesticides pour le couvain et les abeilles adultes. Les DL50 du couvain sont exprimées en µg/larve, les DL50 adultes en µg/abeille (NT : non toxique, ND: non disponible). Pour les adultes, le mode d'administration du pesticide est mentionné par C pour contact, O pour oral et I pour ignoré (So : sans objet).**

rassemblées dans le tableau 3. Il est heureux de constater que les résidus trouvés aux plus fortes concentrations ont des DL 50 élevées.

Cependant, la question à laquelle tout le monde souhaite une réponse reste: des pesticides sont présents dans les pelotes de pollen à certaines teneurs, ces quantités sont-elles dangereuses pour les abeilles? Prenons le cas de l'imidaclopride. Il serait intéressant

de savoir combien de pollen contaminé doit consommer une abeille pour ingérer la quantité d'imidaclopride nécessaire pour atteindre la DL 50. Si on prend en compte la teneur moyenne trouvée dans cette étude (1,2 µg/kg), c'est 33 g de pollen qu'un seul individu doit consommer. Ce dernier chiffre est à comparer avec la consommation de pollen pour l'élevage d'une larve, citée plus haut. Il est évident que cette quantité ne sera pas atteinte en quelques

jours et que le pollen devra être stocké dans la ruche. On en revient donc au problème de notre manque de connaissance sur la stabilité et le devenir des molécules actives au sein de la ruche.

De plus, on a montré que de très petites quantités de molécules actives pouvaient avoir des effets délétères sur la physiologie et le comportement des abeilles. Ces effets sont difficiles à détecter. Lors d'études sur la toxicité chronique, il a été montré que l'imidaclopride provoquait un effet sur les abeilles à des doses très faibles: ces doses étaient de 60 000 à 60 000 fois inférieures à celles nécessaires pour produire le même effet lors d'intoxications aiguës. Le même type de réponse a été enregistré pour le fipronil. Des effets sur l'apprentissage ont été remarqués lorsque les abeilles avaient ingéré des doses faibles: 0,075 et 0,15 ng de fipronil par abeille et par jour ce qui correspond à la dose de la DL 50 divisée par 80 et par 40, respectivement. Si les effets enregistrés sur chaque individu sont additionnés, on peut s'attendre à ce que la colonie dans sa globalité soit affectée par l'ingestion de très faibles doses. Cependant, les conséquences sur les colonies de l'ingestion de ces très faibles doses sont encore mal connues et mal quantifiées.

### En conclusion

Cette étude a montré la présence de résidus d'un grand nombre de pesticides dans les pelotes de pollen collectées par les abeilles domestiques. Ces résidus ont été trouvés à des concentra-

tions moyennes très variables qui vont de l'état de traces à des centaines de microgrammes par kilogramme. Cette pollution a été mise en évidence au cours d'une année entière, aucune saison n'étant plus représentée qu'une autre à l'exception des résidus de fipronil dont la fréquence observe un pic aux mois de mars et avril. Les abeilles sont exposées à ces molécules par contact dans la colonie et potentiellement par l'ingestion du pain d'abeille. Cependant, plus de données sont nécessaires pour évaluer la dangerosité de ces résidus sur les colonies d'abeilles: données sur la présence des pesticides dans les colonies, dans le pain d'abeille et dans les larves. Des données sur la conséquence de l'exposition chronique des abeilles à un pesticide ou à une association de molécules sont également nécessaires.

Une des questions les plus difficiles pour la recherche en apidologie est de développer de nouvelles techniques permettant d'évaluer sur le terrain l'effet de la pollution par les pesticides sur les abeilles adultes. Le meilleur moyen pour évaluer cette exposition serait de travailler sur des colonies entières, mais cette solution expérimentale n'est pas encore disponible. À l'heure actuelle, et dans l'état de nos connaissances, il est difficile de décrire l'impact sur les abeilles des pesticides stockés dans la ruche par l'intermédiaire des pelotes de pollen.

### Remerciements

Nous souhaitons remercier l'ensemble des apiculteurs qui ont mis à dis-

position leurs ruches pour cette étude. Sans leur assistance et leur bonne volonté, cette étude n'aurait pas pu voir le jour. Un grand merci également à nos collègues de la Direction des Services Vétérinaires pour leur aide matérielle. Ce projet a été financé pour partie par des fonds FEOGA de la Communauté Européenne.

## Bibliographie

- **Babendreier D., N. Kalberer, J. Romeis, P. Fluri and F. Bigler. 2004.** *Pollen consumption in honey bee larvae: a step forward in the risk assessment of transgenic plants.* *Apidologie* 35: 293-300.
- **Dahl G. H. and J. R. Lowell. 1984.** *Microencapsulated pesticides and their effects on non-target insects.* *ACS Symposium Serie 254*: 141-150.
- **Devillers J., R. Farret, P. Girardin, J. L. Rivière, and G. Soulas. 2005.** *Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides.* Tec & Doc, Paris.
- **Faucon J. P., C. Flamini and M. E. Colin. 1986.** *Évaluation de l'incidence de la deltaméthrine sur les problèmes de cheptel apicole.* Chapitre 4. Abeille de France 182-184.
- **Hainzl D. and J. E. Casida. 1996.** *Fipronil insecticide: novel photochemical desulfinylation with retention of neurotoxicity.* *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A* 93: 12764-12767.
- **Porrini C., S. Ghini, S. Girotti, A. G. Sabatini, E. Gattavecchia and R. Celli. 2002.** *Use of honey bees as bioindicators of environmental pollution in Italy,* pp. 187-247 In J. Devillers and M. H. Pham-Delègue [eds.], *Honey bees: estimating the environmental impact of chemicals.* Taylor & Francis, London.
- **Roulston T. H. and J. H. Cane. 2000.** *Pollen nutritional content and digestibility for animals.* *Plant Syst. Evol.* 222: 187-209.
- **Wahl O. and K. Ulm. 1983.** *Influence of pollen feeding and physiological condition on pesticide sensitivity of the honey bee *Apis mellifera carnica*.* *Oecologia* 59: 106-128.
- **Waller G. D., B. J. Erickson, J. Harvey, and T. I. Archer. 1984.** *Comparison of honey bee (*Hymenoptera: Apidae*) losses from two formulations of methyl parathion applied to sunflowers.* *J. Econ. Entomol.* 77: 230-233.
- **Winston M. L. 1993.** *La biologie de l'abeille.* Beauchevin, Belgium.