



**HAL**  
open science

## La réalité du terrain : comment évaluer l'effet des pesticides en situation d'exposition multiple

Cyril Vidau, Alexandre Dangleant, Maryline Pioz

### ► To cite this version:

Cyril Vidau, Alexandre Dangleant, Maryline Pioz. La réalité du terrain : comment évaluer l'effet des pesticides en situation d'exposition multiple. Innovations Agronomiques, 2016, 53, pp.95-103. 10.15454/1.5137718503581494E12 . hal-01603973

**HAL Id: hal-01603973**

**<https://hal.science/hal-01603973>**

Submitted on 27 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

## **La réalité du terrain : comment évaluer l'effet des pesticides en situation d'exposition multiple**

**Vidau C.<sup>1,3</sup>, Dangleant A.<sup>1,3</sup>, Pioz M.<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup> ITSAP – Institut de l'Abeille, 149 rue de Bercy, F-75595 Paris Cedex 12

<sup>2</sup> INRA, Unité Abeilles & Environnement, Site Agroparc, F-84914 Avignon Cedex 9

<sup>3</sup> UMT PRADE, INRA, Site Agroparc, F-84914 Avignon Cedex 9

Correspondance : cyril.vidau@itsap.asso.fr

### **Résumé**

Un nombre croissant de publications scientifiques indique que les pesticides ont des effets négatifs sur la santé des abeilles. Pour autant, le diagnostic des cas d'intoxication demeure une tâche complexe, rarement accomplie avec succès sur le terrain. Cette situation est difficilement compréhensible pour les apiculteurs et source de frustration pour les personnes chargées du diagnostic des colonies. Pour dépasser cette situation, les recherches s'orientent aujourd'hui vers une approche moins fondamentale et plus appliquée qui prend davantage en compte la complexité du terrain. L'UMT PrADE œuvre dans ce sens depuis sa création en investissant ses efforts dans la mise au point de méthodes et d'outils de diagnostic et dans le développement d'indicateurs de référence visant dans leur ensemble à mieux appréhender la réalité du terrain. Quelques exemples de travaux réalisés par les chercheurs de l'UMT PrADE sont présentés dans cet article.

**Mots-clés** : Toxicologie, Pesticides, Co-exposition, Epidémiologie, Abeilles

### **Abstract : The reality on the ground : How to evaluate the effect of colonies co-exposition to pesticides mixtures**

More and more scientific publications show negative effects of pesticides on honey bee health. However, diagnostic of honey bee colonies intoxication is still complex and rarely done in the field, which is frustrating for people performing colony diagnostic and hardly understandable for beekeepers. To overcome this situation and cope with the reality on the ground less theoretical and more applied approaches are now used. Thus both engineers and researchers of the UMT PrADE elaborate methods and diagnostic tools as well as references to better cope with the complex reality on the ground. Some examples are shown in this paper.

**Keywords** : Toxicology, Pesticides, Co-exposition, Epidemiology, Honey bees

### **1. De l'expérimentation à la réalité du terrain**

On considère généralement qu'une colonie d'abeilles en « bonne santé » est une colonie dont la démographie et les performances sont conformes à celles attendues à un moment donné de l'année. Cette attente est toutefois propre à chacun et fortement liée au contexte géographique. Subjective, elle se réfère essentiellement aux situations habituelles mémorisées au cours des expériences passées. C'est la raison pour laquelle lorsqu'il s'agit de qualifier l'état de santé d'une colonie, le regard croisé des observateurs conduit régulièrement à des perceptions différentes. Et ces divergences sont encore plus

marquées au moment d'expliquer les causes d'anomalies telles que des comportements aberrants, une surmortalité d'abeilles ou bien encore des échecs de remérages successifs. Cette situation s'explique principalement par l'absence de référentiels permettant de définir l'état de « normalité » d'une colonie et de traduire les observations de chacun en maladies clairement définies (Anses, 2015). Car en effet, les connaissances disponibles sur la physiologie des colonies et sur l'impact des stress auxquels elles sont soumises sont encore trop limitées pour établir de manière systématique un tableau clinique précis et proposer un diagnostic sans faille.

Depuis l'antiquité pourtant de nombreuses et passionnantes recherches ont été conduites afin de mieux comprendre le fonctionnement général des colonies d'abeilles et expliquer l'origine de leur maux. Ces dernières années ces recherches se sont vues multipliées. Entre 1996 et 2012 par exemple ce sont plus de 15 000 articles scientifiques en lien avec les abeilles qui ont été publiés dans le monde, soit environ 5 fois plus que le nombre d'articles parus entre 1975 et 1995 (Savarol, ITSAP, 2014).

Ces travaux ont amplement participé à la description des fonctions vitales des abeilles telles que celles de la reproduction, de la nutrition, de la locomotion, de la cognition, de l'immunité ou de la détoxification (Hartfelder et al., 1998 ; Menzel et al., 2006 ; Brodschneider et al., 2010 ; Evans et al., 2010 ; Johnson, 2015).

Ils ont également permis d'identifier les facteurs de stress impliqués dans les problèmes de santé des abeilles (Goulson et al., 2015) et de participer au développement de moyens de protection. Ces travaux de recherches ont majoritairement été conduits dans des conditions expérimentales contrôlées qui permettent d'assurer la standardisation des mesures, la reproductibilité des résultats et de limiter l'influence de facteurs confondants (Medrzycki et al., 2013). Mais si cette approche permet d'étudier avec précision l'apparition d'une anomalie sur un individu ou une colonie, elle permet rarement d'obtenir des résultats généralisables et extrapolables à l'échelle d'une population. Bien conscients de ces limites, les scientifiques se sont peu à peu réunis au sein de consortiums internationaux pluridisciplinaires (par exemple COLOSS) qui œuvrent actuellement à l'intégration des connaissances acquises dans une approche holistique considérant les colonies d'abeilles dans toute leur complexité. Depuis sa création, l'UMT PrADE participe activement au déploiement de cette approche globale en s'impliquant dans la mise au point de méthodes et d'outils de diagnostic et d'évaluation ainsi que dans le développement d'indicateurs de référence visant dans leur ensemble à mieux appréhender la réalité du terrain.

## **2. Identifier les cas d'intoxication**

Dans les ruchers atteints par des problèmes de santé, il est souvent compliqué de distinguer les cas d'intoxication et d'identifier leur origine. L'identification des cas d'intoxication est d'abord rendu complexe par la nature et la diversité des effets que peuvent produire les pesticides mais également par l'existence d'autres facteurs qui peuvent moduler la toxicité de ces molécules (Poquet et al., 2015) ou provoquer des symptômes similaires. Cette complexité a été mise à jour progressivement au fil des nombreuses expérimentations conduites pour décrire et décortiquer les effets des pesticides sur l'abeille. Dans des conditions contrôlées, les effets des pesticides et leur modulation sont facilement observables car ils sont bien souvent attendus par l'expérimentateur qui aura pris soin de mettre en place un dispositif spécifique pour les mesurer et les analyser. C'est dans ces conditions d'expositions prédéfinies et d'observations programmées que des effets tels que la diminution de la durée de vie des abeilles, l'altération de leurs fonctions motrices et cognitives ou de leur fonction reproductrice ont pu être montré ou démontré pour certains pesticides.

Le contexte dans lequel évoluent les apiculteurs et les personnes en charge du diagnostic des colonies est très différent. Il relève davantage de l'enquête que de l'expérimentation, et comporte une part plus importante d'inconnus qui rend toujours incertaine l'issue du travail réalisé. La première difficulté rencontrée sur le terrain est de pouvoir dresser un tableau clinique précis et dater l'apparition d'un événement de

santé (mortalité d'abeilles, symptômes comportementaux et physiques, affaiblissement, ...). Dans le meilleur des cas, les observations sont réalisées peu de temps après l'apparition du problème et l'historique de santé (antécédents, médication,...) ainsi que les commémoratifs de la colonie (démographie, âge de la reine, parcours,...) sont disponibles. Il est plus facile dans ces conditions d'orienter l'examen clinique de la colonie et d'établir un diagnostic rigoureux. Mais les problèmes de santé dont sont victimes les abeilles sont rarement prévisibles et ils sont constatés dans des délais souvent trop importants pour dresser une image fidèle des événements et distinguer clairement les cas d'intoxication.

Quand une cause infectieuse ou chimique est suspectée, il est nécessaire de la confirmer par des examens complémentaires faisant appel à des techniques de chimie analytique et de biologie moléculaire. La seconde difficulté rencontrée sur le terrain est précisément de pouvoir prélever des échantillons de qualité et en quantité suffisante pour réaliser ces analyses.

La qualité d'un échantillon est en effet fondamentale car elle conditionne à la fois la faisabilité d'une analyse, et la pertinence des résultats et de leur interprétation.

Idéalement ces analyses sont réalisées sur les individus symptomatiques ou morts récemment. L'état de fraîcheur des individus est capital car les molécules et les acides ribonucléiques (ARN) qui sont respectivement recherchées pour la quantification des pesticides et des virus ont tendance à se dégrader rapidement. La dégradation de pesticides (Suchail et al., 2004) et des ARN viraux (Dainat et al., 2011) progresse si rapidement que 3 à 5 jours (quelques heures parfois) suffisent pour ne plus rien retrouver dans les échantillons.

Ce délai, laisse un temps de réaction souvent trop court pour prélever des échantillons de qualité et fiabiliser les résultats d'analyses. Outre la qualité des échantillons d'abeilles il est également nécessaire d'obtenir une quantité d'individus compatible avec la prise d'essai des analyses. Mais il est possible que le problème de santé des abeilles n'ait laissé aucune trace matérielle dans la colonie (e.g mortalité dans le champ) ou que des prédateurs aient consommés les individus morts avant les opérations de prélèvements. La recherche d'agents chimiques ou infectieux peut aussi être réalisée à partir d'échantillons prélevés sur d'autres matrices issues de la colonie (miel, pain d'abeille, cire, débris, ...) ou issues de l'environnement du rucher (végétaux, eau, effluents, ...). Mais les résultats obtenus à partir de ces matrices offrent uniquement un témoignage indirect qui n'est pas toujours facile à interpréter.

La dernière étape pour caractériser un problème de santé chez une colonie et identifier l'agent causal, consiste à interpréter les résultats des analyses chimiques et pathologiques et de les confronter avec le bilan clinique et les connaissances issues de la bibliographie. En règle générale, c'est la charge de l'agent causal dans l'échantillon, en lien avec la présence de signes cliniques spécifiques, qui permet de confirmer la suspicion d'une cause infectieuse ou toxique. L'interprétation des analyses est principalement réalisée en comparant les résultats obtenus à des valeurs de référence afin de déterminer si les quantités de pesticides ou de virus retrouvées sont compatibles avec la nature et l'ampleur du problème observé sur la colonie. Cette dernière étape représente l'ultime difficulté rencontrée dans le diagnostic des colonies et l'identification des cas d'intoxication. La valeur toxicologique de référence qui sert actuellement à l'interprétation des résultats d'analyses est la Dose Létale 50 (DL<sub>50</sub>), une valeur proposée en 1927 par le pharmacien J.W Trevan dans l'objectif de comparer la toxicité de médicaments. La DL<sub>50</sub> est obtenue en déterminant expérimentalement la dose (quantité) de substance nécessaire pour tuer dans les 24 heures (ou 48 heures) 50 % des individus exposés. Elle sert actuellement à définir la toxicité aiguë des pesticides sur l'abeille et elle est obligatoirement demandée dans les dossiers d'homologation des produits phytosanitaires. Les DL<sub>50</sub> des produits phytosanitaires sont donc toujours disponibles mais leurs valeurs peuvent varier en fonction des sources utilisées. D'autres substances aux effets insecticides avérées n'ont en revanche pas de DL<sub>50</sub> connues (par exemple doramectine et moxidectine). L'emploi de la DL<sub>50</sub> au cœur de la démarche permettant de caractériser les intoxications est toutefois très restrictif.

La DL<sub>50</sub> considère en effet uniquement la mort des individus à court terme et ne prend pas en compte l'apparition d'effets sublétaux (Desneux et al., 2007), qui peuvent pourtant conduire à des problèmes de santé important à l'échelle coloniale. L'utilisation de la DL<sub>50</sub> oblige également à considérer les substances une par une alors que les abeilles sont le plus souvent exposées à des mélanges de pesticides dont l'association peut parfois provoquer des effets synergiques. Enfin il n'est pas possible de prédire la toxicité chronique des pesticides sur la base de leur DL<sub>50</sub>, ce qui limite notamment l'interprétation des résultats des analyses réalisées sur les matrices alimentaires (miel, pain d'abeille). Bien qu'imparfaite, les DL<sub>50</sub> ont néanmoins le mérite d'exister. Car il existe en revanche peu de références disponibles sur lesquelles se baser pour définir des seuils de pathogénicité des agents infectieux de l'abeille (bactérie, virus, champignon, ...). L'interprétation des charges infectieuses rapportées dans les analyses est donc particulièrement difficile dans ces circonstances. Il est toutefois possible de comparer les résultats des analyses aux informations issues d'études dans lesquelles les charges infectieuses d'individus symptomatiques et asymptomatiques ont été examinées (Blanchard et al., 2014 ; Amiri et al., 2015). L'historique sanitaire de la colonie et le contexte épidémiologique local peuvent également aider à l'interprétation des analyses pathologiques.

Ainsi sur le terrain, il est rare que les problèmes observés sur les colonies soient caractéristiques d'une cause particulière, facilement identifiable. Ils peuvent en effet relever d'un déterminisme multifactoriel qui rend particulièrement difficile l'identification des cas d'intoxication.

L'interprétation des résultats d'analyses chimiques et pathologiques révèlent le plus souvent que les colonies sont exposées conjointement à des substances chimiques et à des agents infectieux détectés à des niveaux de contamination souvent si faibles qu'il est impossible d'attribuer avec certitude l'origine des problèmes à un facteur de stress particulier.

### **3. Comment évaluer l'effet des pesticides en situation d'exposition multiple**

Les obstacles précédemment énoncés pour expliquer les problèmes de santé des colonies, sont de moins en moins acceptables pour les apiculteurs qui ne comprennent pas pourquoi, alors que les publications scientifiques s'accumulent, les effets des pesticides sont toujours aussi difficiles à identifier sur le terrain. Ces obstacles sont également une source de frustration importante pour tous ceux qui travaillent à l'identification des événements de santé qui affectent les colonies d'abeilles (vétérinaires, techniciens sanitaires et techniciens du développement apicole, pouvoirs publics,...).

Pour dépasser cette situation, les recherches actuelles privilégient de plus en plus une démarche expérimentale plus proche de la réalité du terrain et qui implique davantage les apiculteurs et leurs cheptels. Ainsi, les chercheurs de l'UMT PrADE favorisent, depuis sa création en 2009, la mise en place d'études appelées « suivi de colonies » dans lesquelles une approche holistique est développée. Ils s'attachent également à considérer les colonies comme un outil de production et font appel au savoir-faire des apiculteurs et à leur expertise pour concevoir des protocoles expérimentaux. Ainsi, les suivis de colonies misent en place par les équipes de l'UMT PrADE répondent à trois objectifs principaux. Le premier est d'acquérir des références objectives sur la dynamique démographique des colonies, sur la nature, la fréquence et la périodicité de leurs problèmes de santé et sur les niveaux d'exposition des facteurs de stress auxquels elles sont soumises. Le second objectif vise en particulier à identifier des indicateurs pertinents (démographiques, toxicologiques, pathologiques) permettant de hiérarchiser les facteurs de risque et de définir des seuils de références sur lesquels il est possible de s'appuyer pour mieux interpréter l'examen clinique des colonies et les résultats des analyses chimiques et pathologiques. Le troisième objectif est de développer des approches épidémiologiques qui viendront compléter l'approche événementielle utilisée jusqu'à présent pour expliquer les problèmes de santé des colonies.

### 3.1 Acquérir des références

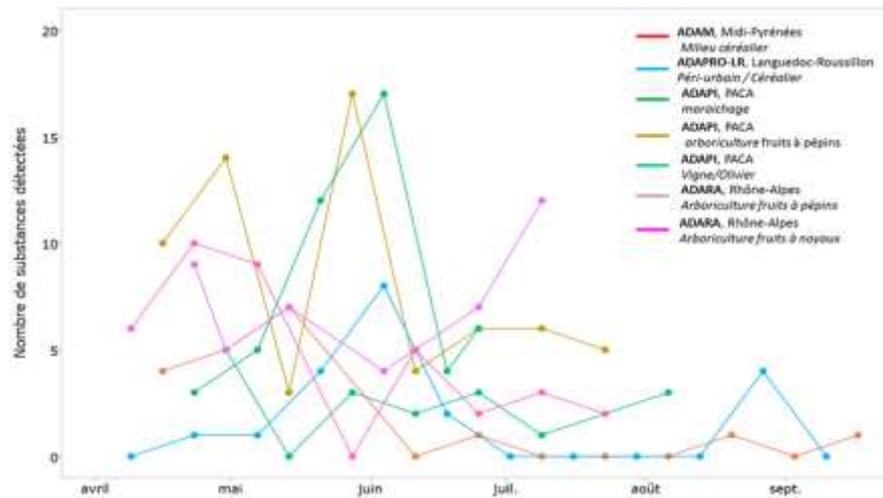
Les suivis de colonies mis en place par l'UMT PrADE permettent d'acquérir un nombre important de références relatives à l'état populationnel et sanitaire des colonies tout au long de l'année. Ils permettent également de générer des informations précises sur les niveaux d'exposition des abeilles aux facteurs de stress en général et aux pesticides en particulier. En effet, l'exposition des abeilles aux pesticides est particulièrement mal connue car la plupart des études conduites sur les pesticides se sont surtout intéressées à leurs impacts sur l'abeille. Il est donc actuellement impossible de définir quel est, pour un agrosystème donné, le niveau d'exposition moyen des abeilles aux résidus de pesticides. Le projet « observatoire des résidus de pesticides » par exemple, conduit en partenariat avec l'INRA d'Avignon, l'ITSAP, l'ADAPI et les ADAs d'autres régions, permet de combler une partie de ces lacunes. Dans ce projet la contamination des cires et celle des pollens collectés par les abeilles sont suivies durant la saison apicole dans différents agrosystèmes (arboriculture, maraichage, céréaliculture,...). Les résultats déjà acquis permettent de décrire la fréquence de contamination de ces matrices et la nature des contaminants (Tableau 1) ainsi que l'évolution de la contamination (Figure 1) dans différents contextes environnementaux.

Ces premiers résultats indiquent que les abeilles sont très régulièrement exposées aux résidus de pesticides à la fois par les cires dans lesquelles elles élèvent leur descendance et stockent leur nourriture et par les pollens qu'elles collectent durant toute la saison. En règle générale les insecticides et les fongicides sont les substances les plus fréquemment identifiées dans ces matrices.

La contamination des pollens varie considérablement en fonction des différents agrosystèmes qui environnent les ruchers. Par exemple, les territoires où l'arboriculture prédomine sont ceux dans lesquels les pollens sont les plus régulièrement contaminés. Ainsi ces travaux permettent de décrire avec précision les niveaux d'exposition des abeilles aux résidus de pesticides et d'estimer quelles sont les concentrations moyennes et maximales des contaminants retrouvés dans les matrices apicoles.

**Tableau 1** : Tableau récapitulatif des analyses de cire de corps et de pollen de trappe réalisées sur l'ensemble des ruchers du dispositif durant les saisons apicoles 2014 et 2015. D'après Vidau C. (2016). Projet Observatoire des résidus de pesticides.

Période d'étude	Cire de corps		Pollen de trappe	
	2014	2015	2014	2015
Échantillons analysés	138	132	165	254
Échantillons contaminés	98%	99%	72%	81%
Échantillons contaminés par plus de 5 résidus	20%	18%	25%	22%
Nombre maximal de résidus dans un échantillon	10	9	11	20
Résidus détectés	19	28	66	91
Insecticides	10	13	22	32
Fongicides	5	7	32	43
Herbicides	1	3	8	10
Acaricides	3	5	1	3
Régulateurs de croissance	0	0	3	3



**Figure 1 :** Evolution de la contamination des pollens de trappe dans les 7 ruchers observatoires au cours de la saison apicole 2015. D'après Vidau C. (2016). Projet Observatoire des résidus de pesticides.

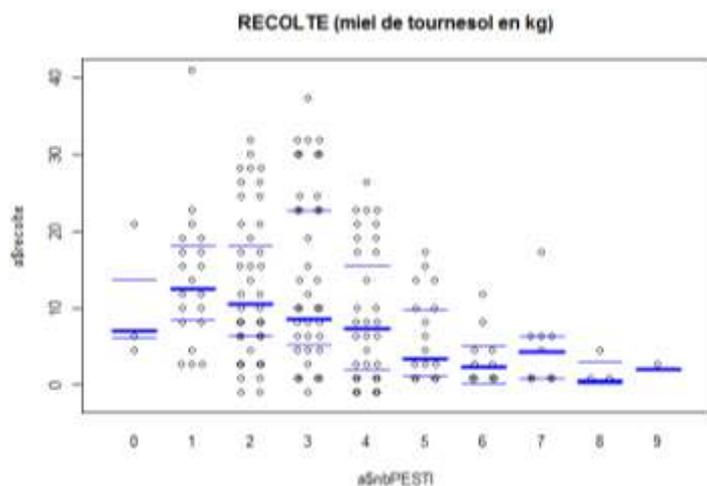
L'évolution de la dynamique des colonies et de varroa ainsi que l'apparition de problèmes de santé étant également suivis dans cette étude, il est possible constituer une base de données sur laquelle s'appuyer pour comparer les résultats d'analyses chimiques réalisées dans le cadre d'enquêtes.

Ce travail de comparaison permet ainsi aux scientifiques de l'UMT d'apporter une expertise qui permet la plupart du temps, de mieux interpréter les résultats d'analyses chimiques dans lesquels des mélanges de pesticides sont retrouvés.

Les résultats obtenus dans le projet « observatoire des résidus de pesticides » constituent également un support précieux sur lequel s'appuient les scientifiques pour construire des plans d'expérimentation plus cohérents avec la réalité du terrain. D'autres études conduites par l'UMT PrADE tels que les projets « RESAPI », « Apimodèle », et « Miellée de tournesol » permettent également d'acquérir des références sur l'exposition réelle des abeilles aux résidus de pesticides et grâce auxquelles l'interprétation des résultats d'analyse chimique est facilitée.

### 3.2 Développer des indicateurs

L'interprétation des résultats d'analyses est souvent complexifiée par la présence de nombreux contaminants retrouvés à de faibles concentrations. Pour dépasser cette situation, les chercheurs de l'UMT PrADE développent des indicateurs synthétiques qui permettent de traduire les résultats d'analyses chimiques en une variable plus facilement interprétable et intégrable dans des modèles d'analyses statistiques. Ces indicateurs ont l'avantage de résumer au travers d'une seule valeur le potentiel que représentent des mélanges de pesticides. On peut citer par exemple l'indicateur de la toxicité des cires développé dans le cadre du projet « Miellée de tournesol ». Cet indicateur a été créé afin d'analyser le lien entre la contamination des cires et la production de miel en prenant en compte d'autres variables tels que la structure populationnelle des colonies, la charge en varroas phorétiques ou l'emplacement du rucher. Le travail réalisé a permis de définir que le nombre total de pesticides contenus dans les cires étaient un bon indicateur de leur toxicité. Il a ainsi pu être montré l'existence d'un lien entre le niveau de contamination des cires et la production de miel de tournesol (Figure 2). Une étude récemment publiée par une équipe américaine tend à confirmer la pertinence de cet indicateur (Traynor et al., 2016).



**Figure 2 :** Relation entre le nombre de pesticides contenus dans la cire et la récolte de miel de tournesol (saison 2014 et 2015). D'après Pioz M. (2016). Projet Miellée de tournesol

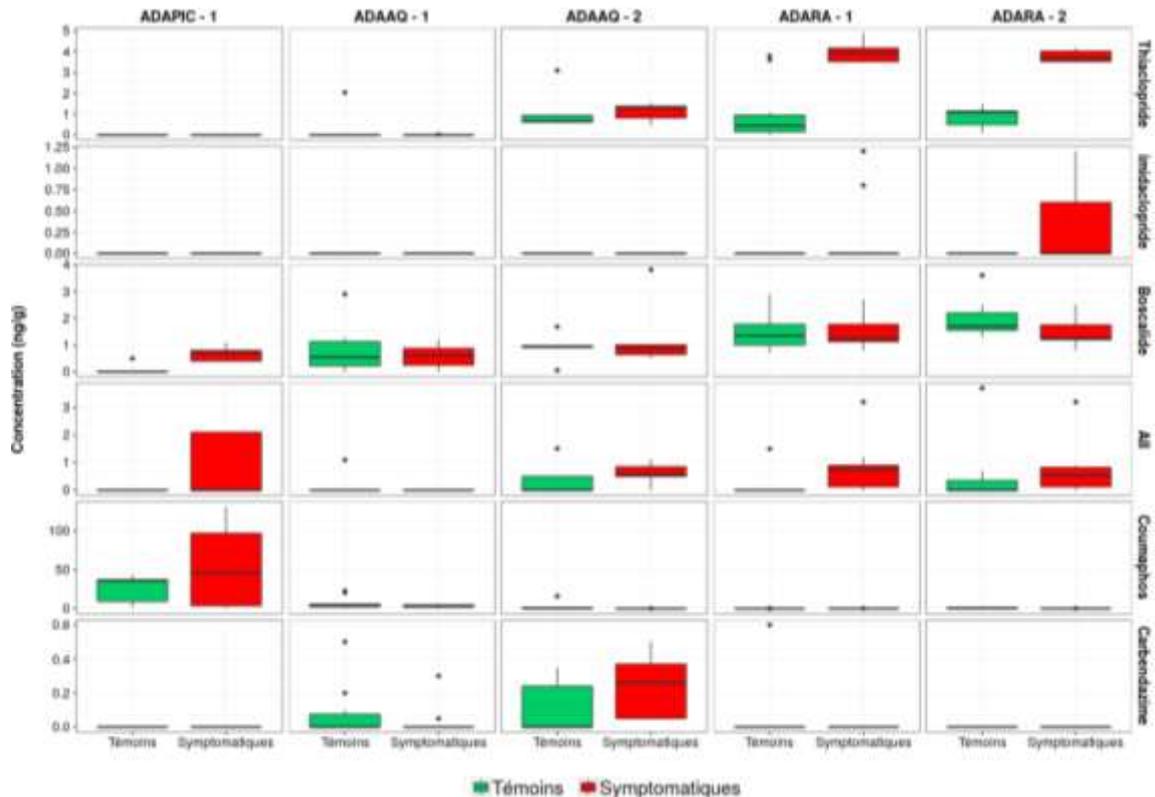
Parallèlement au travail réalisé sur l'indicateur de la toxicité des cires, les travaux réalisés dans l'UMT PrADE se concentrent également sur le développement d'un indicateur de la toxicité des pollens.

### 3.3 Développer une approche épidémiologique

L'approche événementielle utilisée jusqu'à présent pour expliquer les problèmes de santé des colonies et qui se concentre exclusivement sur l'individu malade et sur son exposition aux facteurs de stress (agents infectieux, pesticides, ...) atteint rapidement ses limites. Elle permet rarement de reconnaître les cas d'intoxication et d'identifier la ou les substances toxiques impliquées. Depuis 2 ans, en partenariat avec les ADA de 4 régions l'UMT PrADE développe une approche épidémiologique « cas-témoin » visant à identifier les facteurs impliqués dans les affaiblissements de colonies. Cette approche consiste à comparer des colonies qualifiées d'affaiblies (symptomatiques) par les apiculteurs à des colonies de leur propre cheptel mais qui ne présentent pas de problème de santé (témoins).

Ainsi, cette approche permet de comparer la structure populationnelle, les charges infectieuses de 5 virus et la contamination du pain d'abeille (Figure 3) par des pesticides entre les 2 groupes de colonies afin d'identifier le ou les facteurs de risque associés avec le phénomène d'affaiblissement. Cette approche permet ainsi de s'affranchir de la notion de DL<sub>50</sub> et d'identifier d'éventuels impacts liés à la toxicité chronique des pesticides ou à leurs effets sublétaux.

D'autres approches sont également mises en œuvre dans l'UMT PrADE afin d'évaluer l'effet des pesticides en situation d'exposition multiple. C'est le cas de l'étude épidémiologique BAPESA (Biocides, Antiparasitaires Et Santé des Abeilles) qui est une étude de cohorte dans laquelle 160 colonies réparties dans deux départements (09 et 13) sont suivies pendant 2 ans (2016-2017) avec l'objectif d'étudier l'impact éventuel sur l'abeille des antiparasitaires et des biocides utilisés dans les élevages. Plus précisément, la démarche adoptée dans cette étude vise à recueillir des informations (suivi de colonies et enquêtes dans les exploitations d'élevage situées à proximité des ruchers) permettant d'analyser les relations spatiales entre la santé des colonies et la charge en animaux d'élevage d'une part et l'intensité de l'usage des antiparasitaires et des biocides d'autre part. Parallèlement à cette approche d'épidémiologie spatiale, une démarche plus classique visant à étudier le lien entre la santé des colonies et la contamination des matrices apicoles par les antiparasitaires et les biocides est également utilisée dans cette étude.



**Figure 3** : Concentrations des résidus de pesticides retrouvés dans les colonies témoins et symptomatiques (Saison 2015). D'après Dangleant A. (2016). Projet Affaiblissement.

#### 4. Des recherches en phase avec les besoins

Les travaux de recherche produits par l'UMT PrADE ont déjà permis d'améliorer nos connaissances sur la typologie des intoxications d'abeilles et de mieux décrire les niveaux d'exposition des facteurs de stress auxquels les colonies sont soumises. Les méthodes et les outils d'évaluation développés par l'UMT PrADE répondent aux enjeux que doit relever la recherche appliquée pour étudier plus efficacement les problèmes de santé des colonies *in situ*. Ils répondent également en grande partie aux recommandations émises par l'Anses (Anses, 2015) afin d'améliorer la prise en compte des interactions entre facteurs de stress dans le diagnostic des problèmes de santé des colonies d'abeilles.

Enfin, en raison de la qualité et de la pertinence des travaux de recherche réalisés par l'UMT PrADE, les résultats obtenus dans nos projets viendront alimenter le dispositif de phytopharmacovigilance décrit dans la loi d'avenir de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt afin de contribuer à la surveillance active des effets non intentionnels des pesticides sur l'abeille et au suivi de l'imprégnation de l'environnement par ces substances.

#### Remerciements

Les travaux mentionnés dans ce document ont été financés par les fonds issus de la Direction Générale de l'Alimentation et du Programme National de Développement Agricole et Rural géré par FranceAgriMer.

Nos remerciements vont aux apiculteurs qui ont mis à disposition leurs colonies et aux personnels de l'ITSAP-Institut de l'abeille et des associations pour le développement de l'apiculture des régions PACA (ADAPI), Aquitaine (ADAAQ), Centre (ADAPIC), Midi-Pyrénées (ADAM), Languedoc-Roussillon (ADAPRO-LR) et Rhône-Alpes (ADARA) qui ont mis en œuvre les suivis expérimentaux des colonies.

## Références bibliographiques

- Amiri E., Meixner M., Nielsen S.L., Kryger P., 2015. Four Categories of Viral Infection Describe the Health Status of Honey Bee Colonies. *PLoS One*. Oct 8;10(10):e0140272. doi: 10.1371/journal.pone.0140272. eCollection 2015.
- Anses, 2015. Rapport d'expertise collective. 2015. Co-exposition des abeilles aux facteurs de stress. <https://www.anses.fr/fr/system/files/SANT2012sa0176Ra.pdf>
- Brodschneider R., Crailsheim K., 2010. Nutrition and health in honey bees. *Apidologie* (2010) 41: 278.
- Dainat B., Evans J.D., Chen Y.P., Neumann P., 2011. Sampling and RNA quality for diagnosis of honey bee viruses using quantitative PCR. *J Virol Methods*. Jun, 174(1-2):150-2. doi: 10.1016/j.jviromet.2011.03.029.
- Desneux N., Decourtye A., Delpuech J.M., 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu Rev Entomol*. 52:81-106.
- Evans J.D., Spivak M., 2010. Socialized medicine: individual and communal disease barriers in honey bees. *J Invertebr Pathol*. Jan,103 Suppl 1:S62-72. doi: 10.1016/j.jip.2009.06.019.
- Goulson D., Nicholls E., Botías C., Rotheray E.L., 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*. Mar 27, 347(6229):1255957.
- Hartfelder K., Engels W., 1998. Social insect polymorphism: hormonal regulation of plasticity in development and reproduction in the honeybee. *Curr Top Dev Biol*. 40:45-77.
- Johnson R.M., 2015. Honey bee toxicology. *Annu Rev Entomol*. Jan 7, 60:415-34.
- Medrzycki P., Giffard H., Aupinel P., Belzunces L.P., Chauzat M.-P., Claßen C., Colin M.E., Dupont T., Girolami V., Johnson R., Leconte Y., Lückmann J., Marzaro M., Pistorius J., Porrini C., Schur A., Sgolastra F., Simon Delso N., Van der steen J.J.F., Wallner K., Alaux C., Biron D.G., Blot N., Bogo G., Brunet J.-L., Delbac F., Diogon M., El alaoui H., Provost B., Tosi S., Vidau C., 2013. Standard methods for toxicology research in *Apis mellifera*. In V Dietemann; J D Ellis; P Neumann (Eds) *The COLOSS BEEBOOK, Volume I: standard methods for Apis mellifera research*. *Journal of Apicultural Research* 52(4)
- Menzel R., De Marco R.J., Greggers U., 2006. Spatial memory, navigation and dance behaviour in *Apis mellifera*. *J Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol*. Sep, 192(9):889-903.
- Poquet Y., Vidau C., Alaux C., 2016. Modulation of pesticide response in honeybees. *Apidologie*, 47: 412.
- Savajol C., 2014. Analyse bibliométrique des publications scientifiques mondiale sur la recherche en apidologie 1975-2013. *ITSAP- Institut de l'abeille* (110 p).
- Suchail S., Debrauwer L., Belzunces L.P., 2004. Metabolism of imidacloprid in *Apis mellifera*. *Pest Manag Sci*. Mar, 60(3):291-6.
- Traynor K.S., Pettis J.S., Tarpay D.R., Mullin C.A., Frazier J.L., Frazier M., van Engelsdorp D., 2016. In-hive Pesticide Exposome: Assessing risks to migratory honey bees from in-hive pesticide contamination in the Eastern United States. *Sci Rep*. Sep 15;6:33207

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « *Innovations Agronomiques* », la date de sa publication, et son URL ou son DOI)