

Biosurveillance environnementale  
par l'abeille mellifère (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758):  
évaluation de la contamination des milieux terrestres  
par les pesticides en Martinique

Chloé PIERRE & Eddy DUMBARDON-MARTIAL

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION / *PUBLICATION DIRECTOR*: Gilles Bloch,  
Président du Muséum national d'Histoire naturelle

RÉDACTEUR EN CHEF / *EDITOR-IN-CHIEF*: Jean-Philippe Siblet

ASSISTANTE DE RÉDACTION / *ASSISTANT EDITOR*: Sarah Figuet ([naturae@mnhn.fr](mailto:naturae@mnhn.fr))

MISE EN PAGE / *PAGE LAYOUT*: Sarah Figuet

COMITÉ SCIENTIFIQUE / *SCIENTIFIC BOARD*:

Luc Abbadie (UPMC, Paris)  
Luc Barbier (Parc naturel régional des caps et marais d'Opale, Colémbert)  
Aurélien Besnard (CEFE, Montpellier)  
Hervé Brustel (École d'ingénieurs de Purpan, Toulouse)  
Patrick De Wever (MNHN, Paris)  
Thierry Dutoit (UMR CNRS IMBE, Avignon)  
Éric Feunteun (MNHN, Dinard)  
Romain Garrouste (MNHN, Paris)  
Grégoire Gautier (DRAAF Occitanie, Toulouse)  
Olivier Gilg (Réserves naturelles de France, Dijon)  
Frédéric Gosselin (Irstea, Nogent-sur-Vernisson)  
Patrick Haffner (PatriNat, Paris)  
Frédéric Hendoux (MNHN, Paris)  
Xavier Houard (OPIE, Guyancourt)  
Isabelle Le Viol (MNHN, Concarneau)  
Francis Meunier (Conservatoire d'espaces naturels – Hauts-de-France, Amiens)  
Serge Muller (MNHN, Paris)  
Francis Olivereau (DREAL Centre, Orléans)  
Laurent Poncet (PatriNat, Paris)  
Nicolas Poulet (OFB, Vincennes)  
Jean-Philippe Siblet (PatriNat, Paris)  
Laurent Tillon (ONF, Paris)  
Julien Touroult (PatriNat, Paris)

COUVERTURE / *COVER*:

Focus sur des alvéoles de cire d'abeille contenant du pollen, du nectar, des larves ou des nymphes. Tous ces éléments constituant la colonie d'abeilles mellifères peuvent contribuer à l'évaluation de la contamination de l'environnement par les pesticides.

*Naturae* est une revue en flux continu publiée par les Publications scientifiques du Muséum, Paris  
*Naturae* is a fast track journal published by the Museum Science Press, Paris

Les Publications scientifiques du Muséum publient aussi / *The Museum Science Press also publishes*:

*Adansonia*, *Zoosystema*, *Anthropozoologica*, *European Journal of Taxonomy*, *Geodiversitas*, *Cryptogamie* sous-sections *Algologie*, *Bryologie*, *Mycologie*, *Comptes Rendus Palevol*.

Diffusion – Publications scientifiques Muséum national d'Histoire naturelle  
CP 41 – 57 rue Cuvier F-75231 Paris cedex 05 (France)  
Tél.: 33 (0)1 40 79 48 05 / Fax: 33 (0)1 40 79 38 40  
[diff.pub@mnhn.fr](mailto:diff.pub@mnhn.fr) / <https://sciencepress.mnhn.fr>

© Cet article est sous licence Creative Commons Attribution 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)  
ISSN (électronique / electronic) : 2553-8756

# Biosurveillance environnementale par l'abeille mellifère (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758): évaluation de la contamination des milieux terrestres par les pesticides en Martinique

**Chloé PIERRE**

FREDON Martinique,  
Chemin Tolobé, Route du lycée Agricole, F-97224 Ducos (France)  
[c.pierre@fredon972.org](mailto:c.pierre@fredon972.org)

**Eddy DUMBARDON-MARTIAL**

FREDON Martinique,  
Chemin Tolobé, Route du lycée Agricole, F-97224 Ducos (France)  
et Correspondant du Muséum national d'Histoire naturelle,  
57 rue Cuvier, F-75005 Paris (France)  
[e.dumbardon-martial@fredon972.org](mailto:e.dumbardon-martial@fredon972.org)

Soumis le 13 juillet 2023 | Accepté le 7 février 2024 | Publié le 7 août 2024

Pierre C. & Dumbardon-Martial E. 2024. —Biosurveillance environnementale par l'abeille mellifère (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758): évaluation de la contamination des milieux terrestres par les pesticides en Martinique. *Naturae* 2024 (12): 247-259. <https://doi.org/10.5852/naturae2024a12>

## RÉSUMÉ

Grâce à ses particularités physiologique et biologique, l'abeille mellifère (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758) est un outil de biosurveillance permettant de détecter et de suivre les contaminations environnementales. Par la mise en place d'un réseau de ruches sentinelles le projet APISentinelles avait pour objectif d'évaluer la contamination des milieux terrestres par les pesticides en Martinique. La recherche de pesticides s'est effectuée dans trois milieux au contexte paysager différent (milieu agricole, milieu urbain et milieu naturel). Dans chaque rucher, de la cire, du miel, du pollen et des abeilles butineuses ont été prélevés pendant un an. Des analyses non ciblées (600 molécules) et des analyses spécifiques (glyphosate et chlordécone) ont été réalisées. Au total dix molécules de pesticides ont été détectées et quantifiées. Soixante-seize pour cent des échantillons ont été contaminés par au moins une molécule. Les molécules les plus fréquemment détectées sont le thiabendazole (49 %), le glyphosate (43 %) et la propargite (16 %). La chlordécone n'a été détectée dans aucune des matrices analysées. Le glyphosate est la seule molécule détectée dans le miel et cela dans 100 % des échantillons prélevés en milieu agricole. La comparaison des valeurs quantifiées avec les limites maximales de résidus (LMR) révèle un niveau de dépassement de ces LMR dans le pollen pour le thiabendazole (43 %) et le glyphosate (29 %). Le système de biosurveillance révèle la contamination chronique de l'environnement par le glyphosate et les produits fongicides qui sont fréquemment détectés par les réseaux de suivi de la qualité des eaux.

**MOTS CLÉS**  
Système sentinelle,  
projet APISentinelles,  
résidus de pesticides,  
contamination  
environnementale,  
Outre-Mer.

## ABSTRACT

*Environmental biomonitoring with honey bees (Apis mellifera Linnaeus, 1758): assessment of environmental contamination of terrestrial habitats by pesticides in Martinique.*

Thanks to its physiological and biological features honeybee (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758) is known as a biomonitor for detecting and monitoring environmental pollution. APISentinelles project aimed to assess pesticide contaminations of terrestrial ecosystems through sentinel apiaries in Martinique. Pesticides were searched in hives placed in three landscape contexts: urban, agricultural and natural environments. Four apicultural matrices (beewax, honey, pollen and foraging bees) were collected following specific protocols. Multiresidue analyses and specific monoresidues (glyphosate and chlor-

**KEY WORDS**  
Sentinel hives,  
APISentinel Project,  
pesticide residues,  
environmental  
contamination,  
French overseas  
departments and  
territories.

decone) were performed on each matrice for searching of a wide variety of compounds. Residues of 10 compounds were found in samples. In 76 % of samples one of these residues was at least detected. Thiabendazole (49 %), glyphosate (43 %) and propargite (16 %) are the most frequently occurring residues. No residues of chlordecone were detected in samples analyzed. Glyphosate only was found in all honey samples collected in agricultural area. Comparison of the quantified values with the maximum residue limits (MRLs) reveals a high level of exceedance of these MRLs in pollen for thiabendazole (43%) and glyphosate (29 %). Honeybee biomonitoring system used in our studying revealed a chronic environmental contamination by glyphosate and fungicides detected locally by the systems of water quality monitoring.

## INTRODUCTION

Au regard des risques sanitaires et environnementaux que peuvent présenter les pesticides, la mise en œuvre de dispositifs permettant d'évaluer et de suivre la contamination des milieux ainsi que l'exposition des populations humaines à ces produits est un enjeu national en matière de santé environnementale. Cette surveillance est d'autant plus importante dans les Antilles françaises que la gestion des pollutions liées aux molécules biopersistantes est une préoccupation majeure (Ministère de la santé et de la prévention & Ministère des solidarités, de l'autonomie, et des personnes handicapées 2021). Nombreuses sont les études qui ont évalué et suivi depuis ces dernières années l'état et l'étendue des contaminations des milieux, aussi bien par des polluants historiques persistants (chlordécone, hexachlorocyclohexane) que par des molécules encore autorisées et destinées à la protection des plantes au champ et à la conservation des récoltes (Groupe d'Observation et de Suivi Scientifique [GOSS] & Groupe Inter-Alliances [GIA] 2018; <https://www.chlordecone-infos.fr/liste-de-documents>, dernière consultation le 7 octobre 2022; <https://www.observatoire-eau-martinique.fr/>, dernière consultation le 7 octobre 2022). Les dispositifs actuels de surveillance de la contamination de l'environnement par les pesticides dans les Antilles françaises s'inscrivent dans des programmes de suivi de la qualité de l'eau (<https://www.observatoire-eau-martinique.fr/>, dernière consultation le 7 octobre 2022), de l'air (Donon & Boullanger 2013; MadininAir 2018) et du sol (Préfecture de Martinique 2018) et reposent sur l'application d'analyses quantitatives physico-chimiques.

La biosurveillance pour révéler les contaminations environnementales et en apprécier les impacts biologiques et écologiques est largement présentée comme une démarche complémentaire à celles mobilisant des systèmes de capteurs physico-chimiques (Rivière 1993). Grâce à son mode de vie en population abondante, à sa domestication, à sa capacité à explorer une vaste zone pour le butinage (7 km<sup>2</sup> en moyenne) et son aptitude à collecter efficacement les polluants environnementaux, l'abeille mellifère (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758) est une espèce sentinelle de grand intérêt car elle peut constituer un système de surveillance et d'alerte sur les pollutions environnementales et leurs effets (Devillers & Pham-Delegue 2002; Sabatini 2004; Laramée 2007; Bonmatin 2013). À travers cet article nous faisons le bilan de la mise en œuvre et des résultats d'une étude de

biosurveillance environnementale utilisant pour la première fois en Martinique des ruches d'abeilles mellifères comme un système sentinelle (projet APISentinel 2020-2022). Cette étude avait pour objectif de renforcer la surveillance et le suivi de la contamination des milieux terrestres par les pesticides en Martinique. S'inscrivant pleinement dans l'objectif national qui est de connaître et de surveiller les effets non intentionnels des pesticides sur l'environnement (ANSES 2021), elle a l'ambition de contribuer à renseigner d'avantage le niveau d'imprégnation des milieux par ces produits en vue d'en appréhender au mieux les risques environnementaux et sanitaires.

## MATÉRIEL & MÉTHODES

### DES RUCHES SENTINELLES DANS DES MILIEUX CONTRASTÉS

Un dispositif de ruches sentinelles a été constitué et suivi de janvier à novembre 2021 en Martinique. Il était composé de trois ruchers expérimentaux de trois ruches, installés chacun dans trois sites présentant une occupation biophysique des sols contrastée : un site à territoire artificialisé, un site à dominance agricole et un site à forêts et à milieux semi-naturels. Espacés au minimum de 3,5 km, ces sites étaient indépendants et permettaient de couvrir des contextes d'utilisation des pesticides et des profils de contamination potentiellement différents. La validation du choix des sites s'est faite suite à la caractérisation de l'environnement d'emplacements potentiels, de telle sorte que l'occupation du sol à l'échelle de l'aire de butinage des abeilles butineuses (rayon de 2 km ayant pour point central le rucher) corresponde aux trois types de milieux recherchés (Tableau 1; Fig. 1).

### UN MAXIMUM DE MATRICES ET DES ANALYSES TOXICOLOGIQUES NON CIBLÉES POUR UNE GRANDE FORCE D'ÉCHANTILLONNAGE DES PESTICIDES

La cire, le pollen, le miel et les abeilles butineuses ont constitué l'ensemble des matrices étudiées. Elles ont été prélevées tous les deux mois pendant un an selon un protocole de prélèvement propre à chaque matrice (Tableau 2; Fig. 2). Dans chaque rucher sentinelle les prélèvements ont été répartis sur les trois ruches selon la force des colonies et les quantités disponibles de miel et de pollen. Pour les matrices concernant la cire, les

TABLEAU 1. — Occupation du sol dans les aires de butinage des ruchers des sites sélectionnés (exprimée en pourcentage de la surface totale).

	Territoires artificialisés (%)	Zone habitations dispersées (%)	Surfaces en eau (%)	Grandes cultures (%)	Terres cultivées (%)	Prairies permanentes (%)	Forêts et milieux semi-naturels (%)	Friche ou savane (%)
Rucher zone agricole	9,2	24,2	1	32,4	3,3	11,5	13,6	4,8
Rucher zone urbaine	47,5	34,4	0,4	0	0	0,5	8,7	8,6
Rucher zone naturelle	0,2	1,7	0	1	3,4	4,8	74	15,1

TABLEAU 2. — Protocole de prélèvement des matrices apicoles.

Matrices	Mode de prélèvement	Protocole de référence	Quantité / rucher
Abeilles butineuses	Aspiration	Norme XP X43-909 (AFNOR 2017)	1000 abeilles (c. 100 g)
Cire	Découpage de sections (85 cm <sup>2</sup> )	Prélèvement de cire (ITSAP 2014)	50 g
Pollen	Trappe à pollen	Prélèvement de pollen (ITSAP 2014)	50 g
Miel	Extraction manuelle	Prélèvement de miel (ITSAP 2014)	35-40 g

abeilles et le miel, des quantités identiques ont été prélevées par ruche puis combinées pour constituer les échantillons finaux. Pour le pollen, une quantité proportionnelle à la production de chaque ruche a été utilisée pour constituer un échantillon final de 50 g par rucher. Les sections de rayon de cire destinées à être analysées ont été prélevées uniquement sur des cadres dont la cire a été secrétée, par les abeilles au cours de l'année, à partir d'amorces de feuilles de cire gaufrée de deux à cinq centimètres soudées aux cadres.

Des analyses multi-résidus par screening (GC-MS/MS 250 & LC-MS/MS 350) permettant de détecter plus de 600 substances actives (LD = 0,005 mg/kg et LQ = 0,01 mg/kg) ont été effectuées par un laboratoire accrédité par le COFRAC (norme ISO 17025). La liste des molécules recherchées est donnée dans l'Annexe 1. Deux analyses mono-résidus spécifiques pour la recherche du glyphosate et de la chlordécone (molécules non incluses dans les analyses multi-résidus) ont été ajoutées pour tenir compte du contexte de pollution historique à la chlordécone et de l'usage fréquent du glyphosate en Martinique.

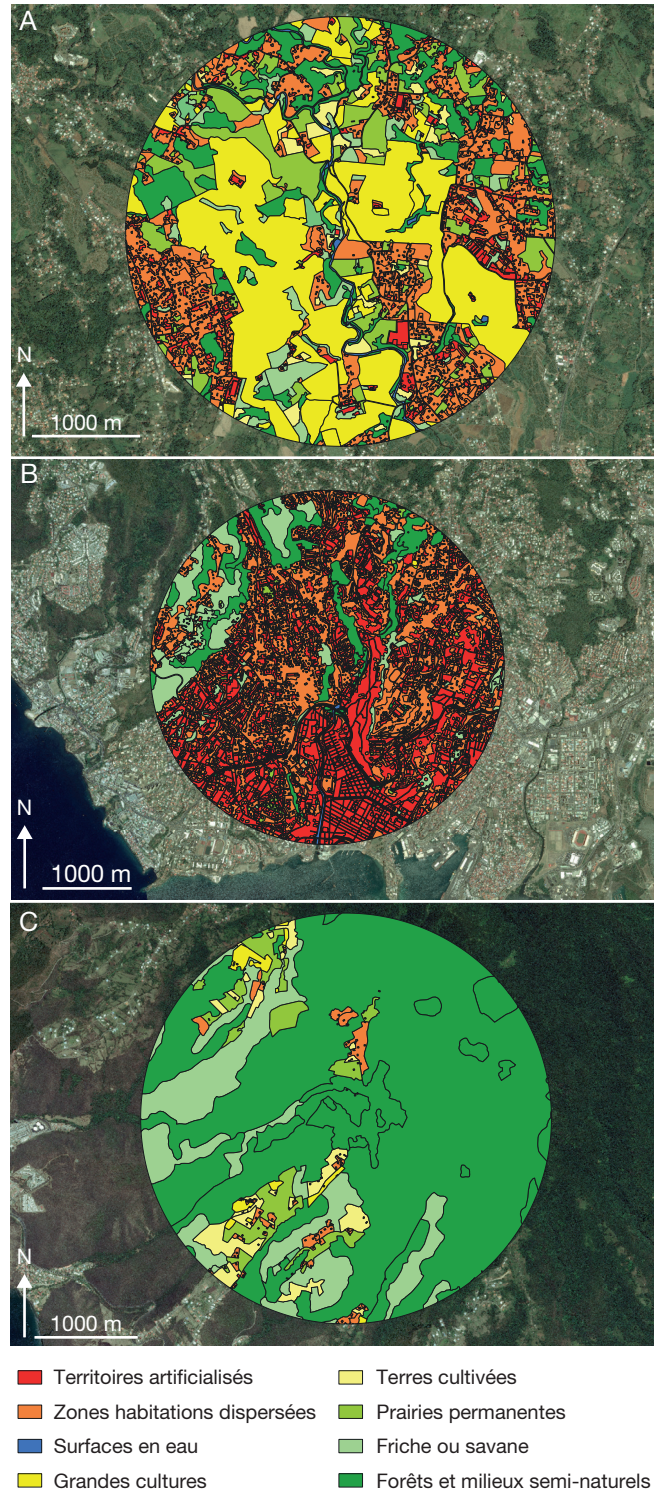


FIG. 1. — Occupation du sol dans l'aire de butinage des abeilles des ruchers sentinelles : en zone agricole (Rivière Lézarde, St Joseph) (A) ; en zone urbaine (Pont de Chaîne, Fort-de-France) (B) ; en zone naturelle (La Discorde, Case-Pilote) (C).

#### UNE GESTION AUTONOME DES RUCHERS SENTINELLES

Les abeilles mellifères des ruchers sont des hybrides de sous-espèces d'*Apis mellifera*. Elles ont été installées dans des ruches divisibles au format Langstroth (46 cm × 37 cm × 24 cm).



FIG. 2. — Prélèvement : des abeilles butineuses de retour à la ruche (A), de la cire dans le corps de ruche (B), du pollen à partir d'une trappe à pollen (C) et du miel (D).

La conduite des colonies a été ajustée aux besoins de l'expérimentation. Le nourrissage (sirop de canne à sucre) s'est limité aux colonies dont la survie était menacée. La gestion du varroa s'est faite par la technique du retrait du couvain mâle durant la saison apicole (mai à août) et par un traitement durant la basse saison (octobre à décembre) avec un médicament vétérinaire à base de thymol (APIGUARD®).

## RÉSULTATS

### UN NOMBRE D'ÉCHANTILLONS À ANALYSER MOINDRE QUE PRÉVU

Sur les 72 échantillons préalablement planifiés (18 échantillons / matrice), 61 échantillons ont été prélevés (abeilles butineuses  $n = 16$ ; cire  $n = 16$ ; miel  $n = 15$  et pollen  $n = 14$ ) et 49 d'entre eux ont pu faire l'objet d'analyse. Cette différence s'explique par la faible disponibilité d'une partie

des matrices (miel, pollen) à certaines périodes de l'année et par la perte de 12 échantillons lors de la distribution d'un des lots destinés au laboratoire d'analyse.

### DIVERSITÉ DES MOLÉCULES DÉTECTÉES ET FRÉQUENCE DE DÉTECTION

Les analyses toxicologiques ont révélé dans les matrices la présence de dix résidus de pesticides différents, représentés par quatre insecticides, un acaricide, quatre fongicides et un herbicide (Annexe 1). La part des échantillons contaminés par au moins une molécule est de 76 %. Les résidus les plus fréquents sont le thiabendazole (49 %), le glyphosate (43 %) et la propargite (16 %) (Fig. 3). Tous les échantillons contaminés le sont par au moins une de ces trois molécules. La fréquence des autres résidus est comprise entre 2 % et 10 %.

Des résidus de pesticides ont été détectés dans toutes les matrices. La cire révèle le plus grand nombre de molécules (neuf des dix résidus de pesticides détectés l'ont été dans

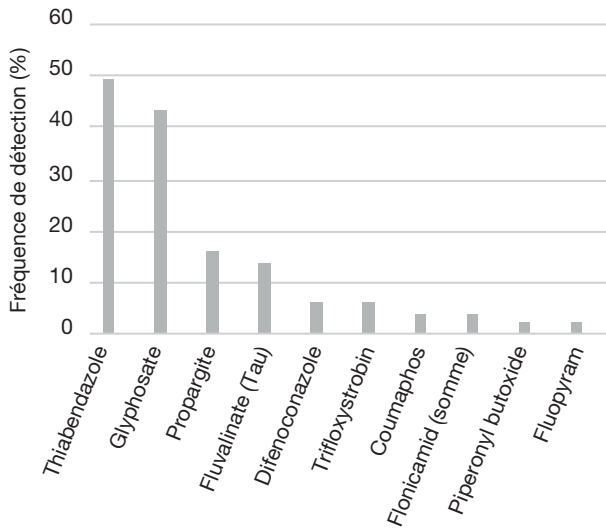


FIG. 3. — Fréquence de détection des résidus de pesticides trouvés dans les matrices apicoles (n = 49 échantillons).

TABLEAU 3. — Fréquence des résidus de pesticides dans les matrices.

Pesticide		Pourcentage d'échantillons contaminés (%)	Min (mg/kg)	Max (mg/kg)
Abeille (n = 10)	Thiabendazole	60	D < 0,01	0,033
	Glyphosate	30	D < 0,01	0,018
	Trifloxystrobin	10	0,012	0,012
Cire (n = 10)	Propargite	80	0,01	0,26
	Thiabendazole	70	0,012	0,033
	Fluvalinate (Tau)	70	0,015	0,27
	Glyphosate	50	0,063	0,15
	Coumaphos	20	0,095	0,095
	Difenoconazole	10	0,011	0,011
	Piperonyl butoxide	10	0,019	0,019
	Flonicamid (somme)	10	0,053	0,053
	Trifloxystrobin	10	0,01	0,01
	Miel (n = 15)	Glyphosate	40	< 0,01
Pollen (n = 14)	Thiabendazole	79	0,01	0,27
	Glyphosate	50	0,017	0,59
	Difenoconazole	14	< 0,01	< 0,01
	Fluopyram	7	0,029	0,029
	Trifloxystrobin	7	0,03	0,03

TABLEAU 4. — Profil de contamination des matrices apicoles dans les trois milieux étudiés (en proportion d'échantillons contaminés [%]). Le taux de contamination des échantillons correspond au rapport entre le nombre d'échantillons de la zone (toutes matrices confondues) contenant au moins une molécule et le nombre total d'échantillons prélevés dans la zone.

Molécule	Zone agricole				Zone urbaine				Zone naturelle			
	abeille	cire	miel	pollen	abeille	cire	miel	pollen	abeille	cire	miel	pollen
Thiabendazole	50	50	–	67	67	67	–	80	67	100	–	100
Glyphosate	75	100	100	83	–	–	–	–	–	33	–	67
Coumaphos	–	25	–	–	–	–	–	–	–	33	–	–
Fluvalinate (Tau)	–	100	–	–	–	33	–	–	–	67	–	–
Propargite	–	75	–	–	–	67	–	–	–	100	–	–
Difenoconazole	–	25	–	17	–	–	–	20	–	–	–	–
Piperonyl butoxide	–	–	–	–	–	–	–	–	–	33	–	–
Fluopyram	–	–	–	17	–	–	–	–	–	–	–	–
Flonicamid (somme)	–	–	–	–	–	67	–	–	–	–	–	–
Trifloxystrobin	25	25	–	17	–	–	–	–	–	–	–	–
Taux de contamination des échantillons de la zone	100 %				58 %				62 %			

cette matrice), suivi du pollen avec cinq molécules détectées, des abeilles butineuses (trois molécules) et du miel dans lequel seul le glyphosate est détecté. Aucune matrice analysée ne présente une contamination à la chlordécone aux doses de détection et de quantification utilisées (Tableau 3).

#### DES PESTICIDES DÉTECTÉS

##### DANS TOUS LES MILIEUX ÉTUDIÉS

Tous les échantillons analysés en milieu agricole sont contaminés par au moins une molécule et neuf substances différentes y ont été détectées (Tableau 4). Retrouvé dans 90 % des échantillons, le glyphosate est la substance la plus fréquente, responsable à elle seule de la contamination de

tous les échantillons de miel dans cette zone. La présence du fluopyram et de la trifloxystrobin est révélée uniquement en zone agricole et la fréquence de détection du difenoconazole y est plus élevée.

En milieu urbain, cinq molécules différentes ont été détectées et 58 % des échantillons contiennent au moins un pesticide. La moitié des échantillons contient du thiabendazole et 20 % du pollen est contaminé par le difenoconazole.

En milieu naturel, six molécules différentes ont été détectées et 62 % des échantillons sont contaminés par au moins une molécule. Le thiabendazole est le pesticide le plus fréquemment détecté. La pollution par le glyphosate est révélée dans ce milieu par la contamination du pollen et de la cire.

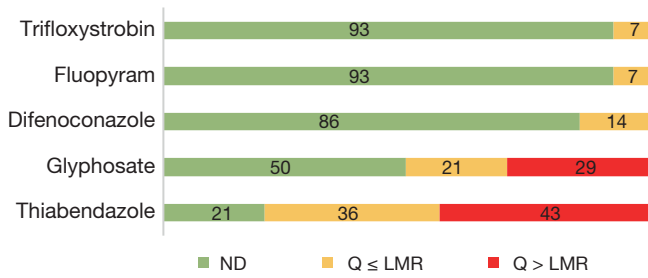


Fig. 4. — Taux (%) de non-détection (ND), de quantification ( $Q \leq LMR$ ) et de dépassement des LMR ( $Q \geq LMR$ ) des cinq molécules détectées dans le pollen.

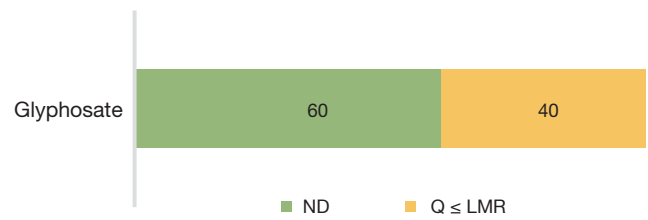


Fig. 5. — Taux (%) de non-détection (ND), de quantification ( $Q \leq LMR$ ) et de dépassement des LMR ( $Q \geq LMR$ ) du glyphosate, unique molécule détectée dans le miel.

### LE GLYPHOSATE ET LES FONGICIDES : DES COMPOSANTES MAJEURES DE LA POLLUTION DE L'ENVIRONNEMENT PAR LES PESTICIDES

Le thiabendazole est présent dans toutes les matrices, à l'exception du miel. Avec un taux d'échantillons positifs par matrice compris entre 60 % et 80 %, cette molécule est responsable d'une part importante des contaminations. Le glyphosate est l'unique molécule commune à toutes les matrices. Le pourcentage d'échantillons positifs pour cette molécule est compris entre 20 % et 50 % selon les matrices. Sa présence dans le miel est observée uniquement en zone agricole où elle est détectée dans tous les échantillons de cette matrice.

### UN RISQUE DE NON-CONFORMITÉ DES POLLENS DESTINÉS À LA CONSOMMATION HUMAINE

La matrice pollen est concernée par des situations de non-conformité car les résidus de thiabendazole et de glyphosate sont présents à des concentrations supérieures aux Limites Maximales de Résidus (LMR) pour respectivement 43 % et 29 % des échantillons de pollen contaminés par ces molécules (Fig. 4). La valeur maximale quantifiée de glyphosate dans le miel (0,04 mg / kg) reste en dessous du seuil réglementaire de 0,05 mg/kg (Fig. 5).

## DISCUSSION

### DES DONNÉES À APPROFONDIR POUR UNE MEILLEURE ÉVALUATION DE L'EXPOSITION DES ABEILLES AUX PESTICIDES EN MARTINIQUE

En analysant plus de 600 molécules au sein de quatre matrices apicoles, notre étude apporte des données préliminaires sur l'exposition des abeilles aux pesticides en Martinique. Toutefois, elle est loin d'être représentative de leur exposition à l'échelle du territoire car seuls trois sites sont considérés avec un nombre limité de ruches par site. L'absence de répétition à l'échelle d'un même milieu rend également impossible la comparaison entre les zones d'étude. Il serait pertinent de poursuivre l'acquisition de données à de plus vastes échelles spatio-temporelles.

La multiplicité des matrices et leur différence de composition (base aqueuse ou lipidique) a permis de détecter une diversité de polluants à tendance hydrophile ou lipophile.

Cet effort de prospection a été amélioré par le choix de méthodes d'analyses (analyses multi-résidus par screening [GC-MS/MS 250 & LC-MS/MS 350]) offrant une recherche à large spectre des molécules dans les matrices étudiées.

Une limite souvent évoquée dans les études analysant la cire est la détection de molécules interdites depuis longtemps, dont la présence pourrait être expliquée par la contamination exogène préalable des cires utilisées par l'apiculteur (APILAB 2017). Afin que notre étude reflète au mieux la contamination récente de l'environnement, les rayons de cire analysés ont été construits intégralement par les abeilles à partir d'amorces de feuilles de cire gaufrée de 2 à 5 cm soudées aux cadres. L'analyse de ces amorces était prévue mais n'a pas pu être réalisée car les échantillons correspondants étaient dans le lot perdu lors de l'acheminement au laboratoire.

### L'AGRICULTURE : SOURCE PRINCIPALE DE LA CONTAMINATION DE L'ENVIRONNEMENT PAR LES PESTICIDES

L'autorisation de mise sur le marché des produits phytosanitaires et vétérinaires est encadrée par le concept d'usage qui repose sur l'association entre une espèce végétale ou animale, un organisme cible et des conditions de traitements et d'emplois spécifiques. L'étude des usages est une première approche permettant d'identifier les principales sources de contaminations de l'environnement par les pesticides. L'Annexe 2 détaille les principaux usages auxquels sont associés les molécules détectées dans les matrices apicoles. Toutes les molécules détectées et autorisées en France sont associées à au moins un usage agricole. Un usage vétérinaire pour les abeilles est également autorisé pour le Fluvalinate (Tau).

Destinées aux traitements des parties aériennes des cultures, les molécules fongicides comme le difenoconazole, le fluopyram et la trifloxystrobin sont autorisées pour lutter contre diverses maladies causées par des champignons phytopathogènes (anthracoses, oïdiums, cercosporioses, etc.). Parmi les résidus fongicides détectés, le thiabendazole est le seul produit de post-récolte. Il est appliqué dans les hangars des exploitations agricoles pour protéger les bananes des maladies de conservation. Cette molécule est régulièrement détectée dans les eaux de rivière (Deffontaines & Mottes 2017; Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de Martinique 2018; Lala & Bocaly 2021). Le rejet des bouillies de traitement et des



eaux de rinçage des dispositifs de traitement seraient les principales sources de contamination de l'environnement par ce produit (Lala & Bocaly 2021). Malgré l'amélioration des pratiques relatives à la gestion des bouillies destinées aux traitements de post-récolte, la contamination des eaux reste élevée au regard des concentrations mesurées dans certains cours d'eau. Il est probable que la contamination des ruches par le thiabendazole se fasse par les abeilles ouvrières collectrices d'eau s'approvisionnant dans des points d'eau potentiellement pollués par le thiabendazole (rivière, flaque d'eau, aquifère, sol à hydromorphie, retenue d'eau, etc.).

Le flonicamide et le tau-fluvalinate sont des insecticides à large spectre utilisés sur les cultures maraîchères pour lutter contre les insectes piqueurs-suceurs de sève dont l'aleurode *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) et le puceron *Aphis gossypii* Glover, 1877. Il est probable que l'exposition des abeilles à ces molécules ait pu se faire par contact direct lors d'opérations d'application au champ ou à la suite du butinage des fleurs des cultures ayant été traitées.

Le glyphosate est l'unique herbicide détecté dans les matrices apicoles analysées. Sa fréquence de détection et ses concentrations relativement élevées dans les matrices révèlent une forte pression de contamination de l'environnement par cette molécule particulièrement en milieu agricole. Herbicide non sélectif réservé aux traitements généraux pour tous les systèmes de cultures, le glyphosate est la molécule la plus utilisée en Martinique et celle qui enregistre le plus de ventes en 2020 (Lala & Bocaly 2021). Il est probable que le pollen et le nectar des plantes adventices constituant les couverts herbacés traités par le glyphosate soient une des voies de contamination des abeilles, ainsi que l'eau collectée par les butineuses.

#### LES ORGANOCHLORÉS : UN RISQUE DE TRANSFERT DE LA CHLORDÉCONE DANS LES RUCHES QUI RESTE À ÉVALUER

Interdite d'utilisation en Martinique depuis 1993, la chlordécone est aujourd'hui responsable de la principale pollution historique du territoire avec une contamination durable des sols et des eaux mais également un risque de contamination des denrées alimentaires (Dereumeaux & Saoudi 2018; ANSES 2022). Aucune molécule de la famille des organochlorés n'a été détectée dans nos échantillons. Pourtant ces composés ont déjà été mis en évidence dans des matrices apicoles aux États-Unis et en Europe (Chauzat *et al.* 2006; Mullin *et al.* 2010; Ravoet *et al.* 2015; Perugini *et al.* 2018). La détection de ces composés dans le pollen et dans les abeilles en Europe, où les insecticides organochlorés ne sont plus autorisés, témoigne de l'exceptionnelle persistance de ces molécules dans l'environnement. Notre étude ne permet pas de conclure sur une absence de risque de transfert de la chlordécone vers les ruches car l'occupation biophysique des sols a été l'unique critère de sélection des sites et la force d'échantillonnage ne considère pas la pression de contamination de l'environnement par ce pesticide. Ainsi les études de biosurveillance portant sur l'évaluation des risques de transfert de la chlordécone vers

des ruches devront s'étendre sur une plus grande échelle spatiale et temporelle en intégrant le degré de contamination des sols par cette molécule.

#### PRENDRE EN COMPTE LES PRODUITS APICOLES DANS L'EXPOSITION GÉNÉRALE DES MARTINIQUAIS AUX PESTICIDES, UNE NÉCESSITÉ ?

La Directive 96/23/CE encadre les contrôles à effectuer sur les denrées animales et végétales (Conseil de l'Union européenne 1996). Elle est mise en application en France à travers les plans de surveillance sanitaire et de contrôle réalisés chaque année (Direction générale de l'alimentation 2021; Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation 2022). En 2020, à l'échelle européenne, le bilan de cette surveillance s'est traduit par la détection d'une trentaine de pesticides différents identifiés dans le miel. Des substances interdites et des dépassements de LMR sont constatés. Ainsi, l'EFSA (l'Autorité européenne de Sécurité des Aliments; agence chargée de l'évaluation des risques dans le domaine des denrées alimentaires) recommande aux pays membres de poursuivre le suivi des substances chimiques dans le miel en élargissant le plus possible les recherches (Cabrera & Pastor 2022). En Martinique les données relatives à la recherche de pesticides dans les miels sont éparpillées. La chlordécone a rarement été recherchée dans le miel et ne l'avait jamais été dans le pollen (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation 2022). Le nombre de molécules recherchées est souvent limité (le glyphosate n'est pas recherché dans les plans de surveillance dans le miel et le pollen n'est pas un aliment pris en compte) (Direction générale de l'Alimentation 2020, 2021). Les études qui ont estimé l'exposition alimentaire de la population antillaise aux pesticides ne considèrent ni le miel, ni le pollen (étude sapotille de l'ANSES [Seurin 2012]). Bien que nos données ne reflètent pas la contamination potentielle des denrées apicoles produites en Martinique, elles mettent en lumière le risque sanitaire que pourrait représenter la consommation du pollen récolté par les abeilles (dépassement des LMR et présence de cocktails de un à cinq pesticides) et celui d'une contamination du miel dans des zones où l'usage du glyphosate est fréquent.

#### CONCLUSION

Comme le souligne le dernier rapport de l'expertise scientifique collective (Leenhardt *et al.* 2022) traitant de l'impact des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité et les services écosystémiques, les matrices environnementales sont inégalement surveillées, la contamination des eaux terrestres et marines par les produits phytosanitaires étant mieux documentée que celle de l'air et du sol. En Martinique, peu de travaux ont été conduits sur des matrices biologiques en dehors des recherches sur la chlordécone. Malgré ses limites, le dispositif de ruches sentinelles développé dans le cadre du projet APISentinelles contribue à renseigner et à renforcer la surveillance et le suivi de la

contamination des milieux terrestres par les pesticides en Martinique. Les données obtenues mettent en lumière la possibilité de transfert des polluants d'origine agricole vers la faune terrestre (i.e. l'abeille mellifère) via une contamination par l'alimentation (pollen, nectar). Enfin, ils montrent que le pollen est une voie de contamination importante à des mélanges de pesticides et à des valeurs non négligeables, pouvant représenter un facteur de risque pertinent à suivre dans des études portant sur la santé des abeilles et des pollinisateurs sauvages ainsi que celles en lien avec l'exposition des martiniquais aux pesticides.

### Remerciements

Cette étude a pu être conduite grâce au soutien financier de l'Office de l'Eau de Martinique (ODE), l'Agence de la Transition écologique (ADEME Martinique) et la Collectivité territoriale de Martinique (CTM). Nos remerciements vont à Marc-André Vigilant qui a bien voulu accueillir, le temps de l'étude, un de nos ruchers sur le site de la maison d'hôte dont il a la gestion. Nous adressons également nos plus sincères remerciements à Marie-Pierre Chauzat de l'ANSES ainsi qu'aux rapporteurs pour leur relecture avisée de notre article.

### RÉFÉRENCES

ANSES 2021. — *La phytopharmacovigilance*. <https://www.anses.fr/fr/content/la-phytopharmacovigilance>, dernière consultation le 10 octobre 2022.

ANSES 2022. — *Chlordécone aux Antilles : les risques liés à l'exposition alimentaire*. <https://www.anses.fr/fr/content/chlord%C3%A9cone-aux-antilles-les-risques-li%C3%A9s-%C3%A0-l%E2%80%99exposition-alimentaire>, dernière consultation le 6 janvier 2023.

APILAB 2017. — *ECOPHYTO II : biosurveillance environnementale apicole en Guyane française*. ECOPHYTO/NBC, Lagord, 64 p.

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION (AFNOR) 2017. — *Biosurveillance active de l'environnement au moyen de l'abeille domestique – Norme AFNOR/XP X 43-909*. Association Française de Normalisation (AFNOR), La Plaine Saint-Denis, 16 p.

BONMATIN J.-M. 2013. — Contamination de la ruche : l'exemple révélateur des insecticides systémiques dans les plantes, les pollens, les nectars et les abeilles, in *Actes du colloque : « L'abeille, indicateur des écosystèmes » du 6 juin 2013*. Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique, Bruxelles: 32 p. <https://doi.org/10.13140/2.1.3955.0401>

CABRERA C. L. & PASTOR P. M. 2022. — The 2020 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA Journal* 20 (3): 1-57. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7215>

CHAUZAT M.-P., FAUCON J.-P., MARTEL A.-C., LACHAIZE J., COUGOULE N. & AUBERT M. 2006. — A survey of pesticide residues in pollen loads collected by honey bees in France. *Journal of Economic Entomology* 99 (2): 253-262. <https://doi.org/10.1093/jee/99.2.253>

CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE 1996. — Directive 96/23/ce du conseil de l'Union européenne relative aux mesures de contrôle à mettre en œuvre à l'égard de certaines substances et de leurs résidus dans les animaux vivants et leurs produits et abrogeant les directives 85/358/CEE et 86/469/CEE et les décisions 89/187/CEE et 91/664/CEE. *Journal officiel des Communautés européennes* : 10-32.

DEFFONTAINES L. & MOTTES C. 2017. — *Appui au pilotage et au suivi du dispositif d'instrumentation pour la caractérisation des pesticides du bassin versant pilote martiniquais du Galion. Rapport final*. CIRAD/ODE, Lamentin, 56 p.

DEREUMEAUX C. & SAOUDI A. S. 2018. — *Imprégnation de la population antillaise par la chlordécone et certains composés organochlorés en 2013/2014. Étude Kannari*. Santé publique France, Saint-Maurice, 86 p.

DEVILLERS J. & PHAM-DELEGUE M.-H. 2002. — *Honey Bees: Estimating the Environmental Impact of Chemicals*. CRC Press., Londres, 352 p. <https://doi.org/10.1201/9780203218655>

DIRECTION DE L'ALIMENTATION, DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORÊT DE MARTINIQUE 2018. — *Note de suivi du plan Écophyto Martinique – Année 2018 Martinique*. Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de Martinique, Fort-de-France, 27 p.

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ALIMENTATION 2021. — *Surveillance sanitaire des denrées animales et végétales et des aliments pour animaux – Bilan 2021 – Plans de surveillance et plans de contrôle*. Ministère de l'agriculture et de l'Alimentation, Paris, 129 p.

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ALIMENTATION 2020. — *Instruction technique DGAL/SDSPA/2020-471 du 22/07/2020*. Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, Paris, 36 p.

DONON É. & BOULLANGER C. 2013. — *Évaluation des concentrations des produits phytosanitaires dans l'air ambiant, Martinique 2012-2013*. MadininAir, Fort-de-France, 64 p.

GROUPE D'OBSERVATION ET DE SUIVI SCIENTIFIQUE (GOSS) & GROUPE INTER-ALLIANCES (GIA) 2018. — *Connaissances sur les effets environnementaux du Chlordécone*. Groupe d'Observation et de Suivi scientifique, Groupe Inter-Alliances, 12 p.

ITSAP 2014. — *Fiche prélèvement diagnostic toxicologique*. ITSAP, Paris, 24 p.

LALA G. & BOCALY M. 2021. — *Suivi des produits phytopharmaceutiques dans les cours d'eau de Martinique. Rapport de suivi*. Office de l'Eau, Fort-de-France, 93 p.

LARAMÉE S. 2007. — *L'abeille domestique comme bio-indicateur écotoxicologique de polluants : le cas de l'insecticide imidaclopride. Essai présenté au Centre universitaire de Formation en Environnement en vue de l'obtention du grade de Maître en environnement (M.Env.)*. Centre universitaire de formation en environnement Université de Sherbrooke, Sherbrooke, 85 p.

LEENHARDT S., MAMY L. & SANCHEZ W. 2022. — *Impacts des produits phytopharmaceutiques sur la biodiversité et les services écosystémiques. Résumé du rapport d'ESCo*. INRAE – Ifremer, Paris, 14 p.

MADININAIR 2018. — *Campagne nationale exploratoire des pesticides dans l'air : synthèse des résultats en Martinique. Synthèse des résultats*. MadininAir, Fort-de-France, 4 p.

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DE LA PRÉVENTION & MINISTÈRE DES SOLIDARITÉS, DE L'AUTONOMIE ET DES PERSONNES HANDICAPÉES 2021. — *Plan chlordécone IV : Plan stratégique de lutte contre la pollution par la chlordécone 2021-2027*. Ministère de la Santé et de la Prévention, Ministère des Solidarités, de l'Autonomie et des Personnes handicapées, Paris, 59 p.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION 2022. — *Plans de surveillance et de contrôle*. <https://agriculture.gouv.fr/plans-de-surveillance-et-de-contrôle>, dernière consultation le 30 mai 2023.

MULLIN C. A., FRAZIER M., FRAZIER J. L., ASHCRAFT S., SIMONDS R., VANENGELSDORP D. & PETTIS J. S. 2010. — High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. *PLoS ONE* 5 (3): e9754. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009754>

PERUGINI M., TULINI S. M. R., ZEZZA D., FENUCCI S., CONTE A. & AMORENA M. 2018. — Occurrence of agrochemical residues in beeswax samples collected in Italy during 2013-2015. *Science of the total Environment* 625: 470-476. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.321>

PRÉFECTURE DE MARTINIQUE 2018. — *Synthèse des analyses de la chlordécone dans le sol de la Martinique*. [254](https://carto.geomar-</a></p>
</div>
<div data-bbox=)

- [tunique.fr/1/layers/pref\\_chlordecone\\_analyse\\_sol\\_s\\_972.map](https://tuniqu.fr/1/layers/pref_chlordecone_analyse_sol_s_972.map), dernière consultation le 30 mai 2023.
- RAVOET J., REYBROECK W. & DE GRAAF D. C. 2015. — Pesticides for apicultural and/or agricultural application found in Belgian honey bee wax combs. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 94 (5): 543-548. <https://doi.org/10.1007/s00128-015-1511-y>
- RIVIÈRE J.-L. 1993. — Les animaux sentinelles. *Courrier de l'Environnement de l'INRA* 20 (20): 59-67.
- SABATINI A.-G. 2004. — L'abeille comme indicateur biologique. *Abeilles & Cie* 1 (98): 13-17.
- SEURIN S. 2012. — *Évaluation de l'exposition alimentaire aux pesticides de la population antillaise – Étude Sapotille, Rapport d'étude*. ANSES, Maison-Alfort, 96 p.

*Soumis le 13 juillet 2023 ;  
accepté le 7 février 2024 ;  
publié le 7 août 2024.*

ANNEXES

ANNEXE 1. — Liste des molécules recherchées et des molécules détectées dans les échantillons analysés. Les molécules détectées non autorisées en France sont en **gras**.

Menus analytiques	Molécules recherchées	Molécules détectées	LQ (mg/kg)
MULTIRÉSIDUS GC-MS/MS 250 PESTICIDES: Organochlorés Pyréthrinoides Organophosphorés Organo azotés	2,4,6 Trichlorophenol (TCP), 2-Phenylphenol, 4,4-Dichlorobenzophenone, Acetochlore, Acibenzolar-S-methyl, Aclonifen, Acrinathrine, Aldrin Heptachlore epoxyde trans, Amisulbrom, Atrazine, Benalaxyl dont Benalaxyl-M, Benfluraline, Bifenox, Bifenthrine (Σ des isomères), Biphenyl, Bromopropylate, Butraline, Captan, Captan (+THPI), Carbofuran, Carbofuran (+3-hydroxy+Furathiocarbe), Carbofuran-3-hydroxy, Carfentrazone-ethyl, Chlordane (cis+trans), Chlorfenapyr, Chlorfenvinphos, Chlorobenzilate, Chlorothalonil, Chlorpropham, Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl, Clomazone, Coumaphos, Cyfluthrine(β+γ), Cyhalofop-butyl, Cyhalothrine(λ), Cypermethrine(α+β+θ+ζ), Cyproconazole, Cyprodinil, DDT (Σ des isomères) HCB, Deltamethrine, Dichlofenthion, Dichlorvos HCH δ, Dicofop-methyl, Dicofol (Σ des isomères), Dicofol o,p' HCH gamma, Dicofol p,p' HCH (α+β+δ+ε), Dieldrin, Dieldrin(+Aldrin), Diethofencarb Iprodione, Difenconazole, Diflufenican, Diphenylamine, Endosulfan (α+β+sulfate), Endosulfan sulfate, Endosulfan α, Endosulfan β, Ethion, Ethofumesate, Ethoprophos, Ethoxyquin, Etofenprox, Etridiazole, Famoxadone, Fenamiphos, Fenarimol, Fenazaquin, Fenhexamide, Fenitrothion, Fenobucarbe, Fenpropathrine, Fenpropimorphe (Σ des isomères), Fenvalerate (Σ des isomères), Fipronil, Fipronil sulfone, Fipronil(+sulfone), Fluazifop p butyl, Fludioxonil, Flufenacet, Flupicolide, Flurochloridone, Fluroxypyr-methylheptyl ester, Flusilazole, Flutolanil, Flutriafol, Fluralinate(Tau), Folpet, Folpet (+Phtalimide), Furathiocarbe, Haloxypop methyl (R+S), Haloxypop-2-ethoxyethyl, HCH ε, HCH α, HCH β, Heptachlore, Heptachlore epoxyde cis, Heptachlore (+epoxyde), Malaaxon, Malathion, Malathion (+Malaaxon), Mepanipyrim, Metalaxyl, dont Metalaxyl-M, Metazachlor, Methidathion, Methoxychlore, Metolachlore dont S-Metolachlore, Myclobutanil, o,p'-DDT Fonofos, Oxadiazon, Oxadixyl, Oxyfluorfen, p,p'-DDE, p,p'-DDT, p,p'-TDE (DDD), Penconazole, Pendimethaline, Pentachloroaniline (PCA), Permethrine(cis+trans), Phosalone, Phtalimide, Piperonyl butoxide, Pirimicarb, Pirimiphos-ethyl, Pirimiphos-methyl, Procyimodone, Profenophos, Prometryn, Propiconazole, Propyzamide, Proquinazid, Prosulfocarbe, Pyridaben, Pyridalil, Pyrimethanil, Pyriproxyfene, Quinoxifen, Quintozene, Quintozene(+PCA), Quinalofop-ethyl, Tebuconazole, Tebufenpyrad, Tefluthrine, Terbutylazine, Tetrahydroptalimide (THPI), Tetramethrine, Tolclofos-methyl, Tolyfluanid, Triadimefon, Triadimenol, Triazophos, Trifluraline, Valifenalate, Vinclozoline, Zoxamide.	Fluvalinate (Tau), <b>Coumaphos</b> , Piperonyl butoxide	0,01
MULTIRÉSIDUS LC-MS/MS 350 PESTICIDES: Triazoles Triazines Urées Benzimidazoles Carbamates Strobilurine Auxiniques Divers	2,4-D(acide libre), 2,4-Dimethylaniline, 2-hydroxypropoxycarbazone, 6-Benzyladenine, 8,9-Z-Avermectin, Abamectine(ΣB1a+B1b+8,9-Z), Acephate, Acequinocyl, Acetamidpride, Aldicarb, Aldicarb(+sulfone+sulfoxide), Aldicarb-sulfone, Aldicarb-sulfoxide, Ametoctrazine, Amidosulfuron, Amitraze, Amitraze (+Amitraze métabolites), Amitrole, Asulam, Atrazine-deisopropyl, Atrazine-desethyl, Avermectine, Avermectine, Azaconazole, Azadirachtin (A+B), Azadirachtin A Diméthomorphe, (Σ des isomères), Azadirachtin B, Azimsulfuron, Azinphos-ethyl, Azinphos-methyl, Azoxytrobine, Beflubutamide, Benfuracarbe Disulfoton-sulfoxide, Benfuracarbe+Carbosulfan, Bensulfuron-methyl, Bentazone (+6-OH+8-OH), Bentazone 6-OH ? Bentazone 8-OH, Bentazone DMST, Benthiavalicarb-isopropyl, Bifenazate, Bifenazate (+diazene), Bifenazate diazene, Bispyribac-sodium, Bixafen, Boscalid, Bromacil, Bromoxynil, Bromuconazole, BTS 40348, BTS 44595, BTS 44596, BTS 9608, Bupirimate, Buprofezin, Butoxycarboxim, Butoxycarboxim sulfoxide, Buturon, Cadusafos, Carbenfendazim(+Benomy), Carbetamide (Σ carbetamide et isomère), Carbosulfan, Carboxine, Chlorantraniliprole, Chloridazon, Chloridazon (+desphenyl), Chloridazon desphenyl, Chloridazon methyl desphenyl, Chlorotoluron, Chloroxuron, Chlorsulfuron, Chromafenozide, Cinidon-ethyl, Cinosulfuron, Clethodim, Clethodim (+Sulfoxide)+ Sethoxydim, Clethodim sulfoxide, Clodinafop p ester, Clofentezine, Clothianidine, Cyanazine, Cyantraniliprole, Cyazofamide, Cycloxydim, Cycluron, Cyflufenamid, Cymoxanil, Cyprosulfamide, Cyromazine, Daminozide, Dazomet, Demeton-S, Demeton-S-methylsulfone, Desmediphame, Desmetryn, Diafenthion, Diallate, Diazinon, Dichlorprop(acide libre), Diclobutrazol, Dicloran, Difenacoum, Difenamide, Difethialone, Diflubenzuron, Dimethenamid (Σ des isomères), Dimethoate, Dimoxystrobine, Diniconazole, Dinocap (Σ isomères), Dinoseb, Dinotefuran, Dinoterb, Disulfoton-sulfone, Disulfoton-sulfone (+sulfoxide), Dithianon, Diuron, DNOC, Dodemorphe, Dodine, Emamectine benzoate B1a, Emamectine benzoate B1b, Epoxiconazole, EPTC, Ethametsulfuron-methyl, Ethidimuron, Ethiofencarb-sulfone, Ethiofencarb-sulfoxide, Ethiprole, Ethirimol, Ethoxysulfuron, Etozazole, Fenamidone, Fenamiphos-sulfone, Fenamiphos-sulfone (+sulfoxide), Fenamiphos-sulfoxide, Fenbuconazole, Fenchlorphos-oxon, Fenoxaprop-ethyl, Fenoxycarbe, Fenpropidine, Fenpyramazine, Fenpyroximate, Fensulfothion, Fensulfothion-oxon, Fensulfothion-oxon-sulfone, Fensulfothion-sulfone, Fenthion, Fenthion (+amétabolites), Fenthion-oxon, Fenthion-oxon-sulfone, Fenthion-oxon-sulfoxide, Fenthion-sulfone, Fenthion-sulfoxide, Fenuron, Flazasulfuron, Fonicamide, Fonicamide (+TFNA+TFNG), Florasulam, Fluazifop (acide libre), Fluzainam, Flufenacet ESA, Flufenacet ESA+FOE 5043+OA(m), Flufenacet FOE 5043, Flufenacet OA, Flufenoxuron, Flumetralin, Fluometuron, Flupopyram, Fluoxastrobine, Flupyradifurone, Flupyr-sulfuron methyl, Fluquinconazole, Fluoxypyr(acide libre), Flurtamone, Fluxapyroxad, Fomesafen, Foramsulfuron, Forchlorfenuron, Formetanate (hydrochlorure de), Fosthiazate, Fuberidazole, Furametpyr, Fumecycloz, Halauxifen-methyl, Halfenprox, Halosulfuron-methyl, Haloxypop (acide libre), Hexaconazole, Hexaflumuron, Hexythiazox, Hydraméthylon, Imazalil, Imazamox, Imazaquin, Imazosulfuron, Imibenconazole,	Difenconazole, Fonicamide (+TFNA+TFNG), <b>Propargite</b> , Thiabendazole, Trifloxystrobine, Flupopyram	0,01

## ANNEXE 1. — Suite.

Menus analytiques	Molécules recherchées	Molécules détectées	LQ (mg/kg)
MULTIRÉSIDUS LC-MS/MS 350 PESTICIDES : Triazoles Triazines Urées Benzimidazoles Carbamates Strobilurine Auxiniques Divers	Imidaclopride, Indoxacarb (Σ enanFomeres), Iodosulfuron-methyl, loxynil, Ipconazole, Iprobenfos, Iprovalicarbe, Isazofos, Isocarbophos, Isoprocarb, Isopropaline, Isoprothiolane, Isoproturon, Isopyrazam, Isoxaben, Isoxaflutole, Isoxaflutole (+RPA 202248), Isoxathion, Kresoxim-methyl, Lenacil, Linuron, Lufenurone, Mandipropamide, MCPA, MCPA(+MCPB), MCPB, Mecarbam, Mefenacet, Meptyldinocap-phenol (2,4-DNOP), Mesosulfuron-methyl, Mesotrione, Metaflumizone, Metaldehyde, Metamitron, Metazachlor ESA, Metazachlor ESA + OXA, Metazachlor OXA, Metconazole (Σ des isomères), Methabenzthiazuron, Methamidophos, Methiocarb, Methiocarbe (+sulfone+sulfoxyde), Methiocarbe-sulfone, Methiocarbe-sulfoxyde, Methomyl, Methoxyfenozide, Metobromuron, Metolachlore ESA (479M08), Metolachlore OXA (479M04), Metolcarb, Metosulam, Metoxuron, Metrafenone, Metribuzine, Metsulfuron-methyl, Mevinphos, Milbemectin A3, Milbemectin A3 + A4, Milbemectin A4, Molinate, Monalide, Monocrotophos, Monolinuron, Monuron, N-(2,4-Dimethylphenyl) formamide, N-2,4-Dimethylphenyl-Np-methylformamidine HCl, NAD (1-naphthyl acetamide), Naled Spinetoram XDE-175-L, Napropamide, Neburon, Nicosulfuron, Nitenpyram, Norflurazon, Novaluron, Nuarimol, Ofurace, Omethoate, Orthosulfuron, Oryzalin, Oxamyl, Oxasulfuron, Oxathiapiprolin, Oxydemeton-methyl, Oxydemeton-methyl (+Demeton-S-methyl), Paclobutrazol, Paraoxon-ethyl, Pebulate, Pencycuron, Penflufen, Penoxsulame, Penthiopyrad, Pethoxamide, Phenmediphame, Phorate, Phorate (+Oxon+Sulfone+Sulfoxyde), Phorate sulfone, Phorate sulfoxyde, Phorate-oxon, Phorate-oxon-sulfone Phorate-oxon-sulfoxyde, Phosmet, Phosmet(+oxon), Phosmet-oxon, Phosphamidon, Phoxim, Picolinafen, Picoxystrobine, Pinoxadene, Pirimicarb-desmethyl, Prochloraz, Prochloraz (+BTS 9608+40348+44595+44596), Promecarb, Prometon, Propamocarbe, Propanil, Propaphos, Propaquizafop, Propargite, Propoxur, Propoxycarbazone, Propoxycarbazone (+2-OH), Prosulfuron, Prothioconazole desthio, Pymetrozine, Pyraclofos, Pyraclostrobine, Pyraflufen-ethyl, Pyrethrine, Pyrethrine II, Pyrethrines, Pyridafol, Pyridate, Pyridate(+pyridafol), Pyrimidifen, Pyriofenone, Pyroquilon, Pyroxsulam, Quinmerac, Quizalofop dont quizalofop-P, Resmethrine, Rimsulfuron, Rotenone, RPA 202248, Sedaxane, Sethoxydim, Silthiofam, Simazine, Spinetoram XDE-17, Spinetoram XDE-175, Spinosad(A+D), Spinosyne A, Spinosyne D, Spirodiclofen, Spiromesifen, Spirotetramat, Spirotetramat (+4 métabolites), Spirotetramat-enol, Spirotetramat-enol-glucoside, Spirotetramat-keto-hydroxy, Spirotetramat-mono-hydroxy, Spiroxamine, Sulcotrione, Sulfosulfuron, Sulfoxafloflor, TCMTB, Tebufenozide, Tebutam, Tebuthiuron, Teflubenzuron, Tembotrione, Tepraloxydim, Tepraloxydim-5-OH, Tepraloxydime (+5-OH), Terbumeton, Terbumeton desethyl, Tetraconazole, TFNA, TFNG, Thiabendazole, Thiaclopride, Thiadone, Thiamethoxam, Thiencarbazone-methyl, Thifensulfuron-methyl, Thiobencarb, Thiodicarb, Thiometon, Thionazin, Thiophanate-methyl, Tolfenpyrad, Topramezone, Triazamate, Tribenuron-methyl, Trichlorfon, Triclopyr, Tricyclazole, Tridemorphe, Trifloxystrobine, Triflumuron, Triflurosulfuron (IN-M7222), Triflurosulfuron-methyl, Triforine, Trinexapac-ethyl, Triticonazole, Tritosulfuron, Vamidothion, Warfarin.	Difenoconazole, Flonicamide (+TFNA+TFNG), <b>Propargite</b> , Thiabendazole, Trifloxystrobine, Fluopyram	0,01
MONORÉSIDUS	Chlordécone, Glyphosate, Acide aminométhylphosphonique (AMPA)	Glyphosate	0,01



## ANNEXE 2. — Suite.

Nom de la substance active	Famille chimique	Usage	Réglementation
Thiabendazole	Carbamate benzimidazole	13154201 Bananier*Trt Prod. Réc.*Maladies de conservation	Autorisé
Trifloxystrobin	Strobilurine	Laitue*Trt Part.Aer.*Pourriture grise et sclérotinioses 13153201 Bananier*Trt Part.Aer.*Cercosporioses	Autorisé Autorisé
Glyphosate	Acide aminé	11015924 Traitements généraux*Désherbage*Avt Mise Cult. 11015932 Traitements généraux*Désherbage*Cult. Installées 13105901 Avocatier*Désherbage 13155901 Bananier*Désherbage 00201024 Cultures fruitières*Désherbage*Cult. Installées 15415932 Jachères et cultures intermédiaires*Trt Part.Aer.*Limit. Pousse Fructif. 11015935 Traitements généraux*Désherbage*Intercultures, jachères et destruction de cultures 11015911 Traitements généraux*Dévit. Broussailles	Autorisé Autorisé Autorisé Autorisé Autorisé Autorisé Autorisé