

AVIS **de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation,** **de l'environnement et du travail**

relatif à une demande d'appui scientifique et technique
dans la perspective de la publication de l'article "A common pesticide
decreases foraging success and survival in honey bees"

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).

Ses avis sont rendus publics.

L'Anses a été saisie le 23 mars 2012 par la Direction générale de l'alimentation (DGA) d'une demande d'appui scientifique et technique dans la perspective de la publication de l'article "A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees" dont les auteurs sont Mickaël Henry, Maxime Beguin, Fabrice Requier, Oriane Rollin, Jean-François Odoux, Pierrick Aupinel, Jean Aptel, Sylvie Tchamitchian, Axel Decourtye.

Cet article, initialement publié le 29 mars 2012 dans Scienceexpress, est paru dans la revue Science 336 p.348-350 (20 avril 2012).

Il est à noter que l'EFSA¹ a de son côté été saisie le 3 avril 2012 par la Commission européenne d'une demande d'appui scientifique et technique relative à deux articles publiés dans la revue Science, dont l'article de Henry *et al.* mentionné ci-dessus. Une concertation avec échanges de données a été dans ce cadre mise en place entre l'Anses et l'EFSA.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

L'article cité en référence tend à démontrer que l'exposition des abeilles à des doses sub-létales à la substance active thiaméthoxam, d'une part, cause un certain nombre de troubles du comportement des abeilles, et d'autre part, du fait d'un défaut de retour à la ruche, peut intervenir dans les mécanismes de fragilisation des colonies d'abeilles à un niveau susceptible de placer la ruche dans une situation critique.

Il est demandé à l'Anses d'indiquer si la dose administrée dans l'expérimentation rapportée dans l'article correspond à des situations représentatives en milieu naturel de l'exposition des abeilles et si ces travaux sont susceptibles de remettre en cause les conclusions des précédentes évaluations

¹ EFSA : Autorité européenne de sécurité des aliments

des risques conduites sur la substance active thiaméthoxam ainsi que les différents produits en contenant.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 "Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003)".

Dans le cadre de cette saisine, la DGAL a demandé au CETIOM² de procéder à des prélèvements de nectar dans des colzas en fleurs afin de doser d'une part, le taux de sucre dans ces nectars issus de différentes variétés de colza traitées avec du CRUISER OSR^{3 4}, et les teneurs en thiaméthoxam et clothianidine correspondantes. Le résumé de protocole et des résultats obtenus sont présentés dans le présent avis.

L'Agence et deux experts du comité d'experts spécialisé "produits phytosanitaires : substances et préparations chimiques" ont auditionné le 16 mai 2012 les auteurs de l'article cité en référence, le CETIOM qui a mis en œuvre le protocole de prélèvement de nectar dans les colzas, ainsi qu'à la demande d'une association d'apiculteurs, deux experts en matière d'apiculture et de technique apicole.

A l'issue de ces auditions, et après consultation du comité d'experts spécialisé "produits phytosanitaires : substances et préparations chimiques" réuni le 30 mai 2012, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail émet l'avis suivant.

3. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

RESUME DU PROTOCOLE ET RESUME DES RESULTATS SELON LES AUTEURS

Cette partie décrit la méthodologie, les expériences et les résultats tels que rapportés par les auteurs dans les documents disponibles. Certains points ont été clarifiés lors de l'audition des auteurs le 16 mai 2012.

L'étude a pour but de tester l'hypothèse selon laquelle l'exposition à une dose sub-létale d'une substance néonicotinoïde augmente indirectement le taux de mortalité des colonies en agissant sur le retour à la ruche des abeilles butineuses. Les effets d'une administration unique d'une dose sub-létale de thiaméthoxam (1,34 ng/abeille) sur le retour à la ruche ont été mesurés au moyen d'un transpondeur RFID (RadioFrequency Identification)⁵ collé sur le thorax de butineuses et de détecteurs enregistreurs installés à l'entrée des ruches. L'impact des effets observés sur la dynamique de la colonie a ensuite été évalué sur la base d'un modèle de dynamique des populations d'abeilles décrit dans la littérature⁶.

Chacun des groupes d'abeilles traitées, à raison de 1,34 ng de thiaméthoxam/abeille, est comparé à un groupe témoin.

² Centre technique interprofessionnel des oléagineux et du chanvre

³ La préparation CRUISER OSR est un insecticide composé de 280 g/L de thiaméthoxam (pureté minimale 98 %) et un fongicide composé de 8 g/L de fludioxonil (pureté minimale 95 %) et 32,3 g/L de métalaxyl-M (pureté minimale 91 %), se présentant sous la forme d'une suspension concentrée pour traitement de semences (FS)

⁴ Avis du 15 octobre 2010 de l'Anses relatif à une demande d'autorisation de mise sur le marché de la préparation CRUISER OSR à base de thiaméthoxam, fludioxonil et métalaxyl-M de la société SYNGENTA AGRO SAS. Autorisation de mise sur le marché n°2100180.

⁵ mic3@-TAG 64-bit RO, iID2000, 13.56 MHz system, 1.0x1.6x0.5mm; Micro-sensys GmbH, Erfurt, Germany

⁶ S. Khoury, M. R. Myerscough, A. B. Barron, A quantitative model of honey bee colony population dynamics. *PLoS ONE* **6**, e18491 (2011). doi:10.1371/journal.pone.0018491 Medline

Expérimentations menées

Quatre expériences, comprenant chacune un groupe traité et un groupe témoin, ont été réalisées, dans des conditions différentes en ce qui concerne le trajet de retour à la ruche. Les expériences 1 et 3 ont impliqué des abeilles considérées comme connaissant le trajet de retour à la ruche et relâchées à une distance de 1 km (expérience 1) ou 70 m (expérience 3) de leur colonie. Les expériences 2 et 4 ont porté sur des butineuses considérées comme n'étant pas familières avec le trajet de retour à la ruche, relâchées à une distance de 1 km de leur colonie, à partir d'un environnement de grandes cultures (expérience 2) ou d'un environnement périurbain (expérience 4).

Les abeilles butineuses ont été capturées le matin à leur retour à la ruche sur la planche d'envol, puis transportées au laboratoire. Leur état nutritionnel a été synchronisé par la mise à disposition *ad libitum* d'un sirop candy pendant 60 minutes suivi d'une période de jeûne de 90 minutes. Chaque abeille a été ensuite alimentée individuellement avec 20 µL de sirop de sucrose (50% poids/poids) contenant ou non du thiaméthoxam. Seules les abeilles consommant la totalité des 20 µL ont été conservées pour l'expérience. Chaque abeille a été équipée avec un transpondeur RFID et maintenue au laboratoire pendant 40 minutes supplémentaires, pour permettre une assimilation complète de la dose administrée, avant d'être relâchée sur le site choisi. Le dispositif de lecture RFID positionné entre le corps de la ruche et sa planche d'envol a permis de relever pour chaque abeille le temps du premier retour à la ruche après le lâcher. Les enregistrements ont été maintenus 5 à 7 jours après le lâcher pour couvrir la totalité des retours. Dans toutes les expériences, les abeilles témoins et intoxiquées ont été relâchées simultanément à chaque point et, pour une expérience donnée, les lâchers ont été effectués pendant deux ou trois jours consécutifs. Les données collectées ont été transférées à un ordinateur et enregistrées sous forme de fichiers (.txt).

Dose de thiaméthoxam administrée

La dose de thiaméthoxam de 1 ng/abeille a été retenue car :

- elle est inférieure à la DL_{50}^7 par voie orale chez l'abeille pour cette substance active⁸ ;
- il a été vérifié par les auteurs de l'article qu'elle n'induisait pas de mortalité ;
- une expérience préliminaire avait permis de déterminer qu'elle avait un effet sur le taux et le temps de retour à la ruche des abeilles traitées, relâchées à une distance de 1 km.

L'analyse effectuée dans le sirop de glucose a montré que la dose réelle administrée est de 1,34 ng/abeille.

Trajets de retour à la ruche et choix des sites

Les abeilles considérées comme connaissant le trajet de retour à la ruche (abeilles « expérimentées », expériences 1 et 3) ont été sélectionnées pour avoir été capturées portant du pollen de phacélie, identifiable par sa couleur bleue caractéristique, à partir d'une unique parcelle de cette culture située dans la zone expérimentale. Elles ont été dans l'expérience relâchées sur cette parcelle.

Les abeilles n'ayant pas rapporté de pollen de phacélie ont été relâchées sur l'un des six sites sélectionnés pour l'expérience et situés à 1 km de la ruche, hors la parcelle de phacélie. Leur connaissance préalable du site d'où elles sont relâchées, et du trajet de retour à la ruche, est aléatoire (expériences 2 et 4). Ces abeilles sont donc considérées comme « inexpérimentées » en ce qui concerne le retour à la ruche (mais pas en ce qui concerne le butinage qu'elles ont déjà pratiqué la veille de l'expérience).

Les expériences ont été réalisées dans deux zones :

- la zone agricole « Zone Atelier Plaine et Val de Sèvre » (département des Deux-Sèvres) d'une superficie de 450 km² qui fait l'objet d'un suivi géo-référencé du paysage, des pratiques agricoles, des populations d'abeilles domestiques et de pollinisateurs, pour les expériences 1 à 3 ;

⁷ DL_{50} (dose létale) est une valeur statistique de la dose unique d'une substance/préparation dont l'administration orale provoque la mort de 50 % des animaux traités.

⁸ Pour une exposition aiguë orale chez l'abeille adulte, DL_{50} égale à 0,005 µg de thiaméthoxam /abeille.

- la zone péri-urbaine de la station INRA Avignon (département du Vaucluse), pour l'expérience 4.

Traitement des données de retour à la ruche

Pour chaque expérience, le groupe d'abeilles traitées a été comparé à un groupe témoin. La probabilité cumulée de retour à la ruche en fonction du temps (calculée sur les temps de premier retour à la ruche après le lâcher des abeilles) est présentée dans l'article sous forme de courbe, l'axe des abscisses représentant le temps après le lâcher, de 0 à 3000 minutes, et l'axe des ordonnées la probabilité cumulée de retour, de 0 à 1.

L'analyse statistique réalisée a porté sur une comparaison entre le groupe traité et le groupe témoin, par un test binomial exact, des probabilités cumulées obtenues d'une part 4 heures après le lâcher, et d'autre part à la fin de l'expérience. Lorsque la différence était statistiquement significative ($P < 0,05$), la mortalité consécutive à un échec de retour à la ruche, m_{hf} (hf : homing failure), a été calculée selon la formule :

$$m_{hf} = \frac{\text{probabilité de retour des abeilles témoins} - \text{probabilité de retour des abeilles traitées}}{\text{probabilité de retour des abeilles témoins}}$$

m_{hf} est donc une estimation de la proportion de butineuses qui ne reviennent pas à la ruche en raison du traitement, à l'exclusion d'autres sources explicatives du non-retour à la ruche telles que la mortalité naturelle, la prédation, le stress lié à la manipulation.

Les valeurs de m_{hf} obtenues dans l'expérience 1 (abeilles « expérimentées ») et dans l'expérience 2 (abeilles « inexpérimentées ») sont considérées comme représentant des limites minimale et maximale, respectivement, de la proportion de butineuses traitées ne revenant pas à la ruche.

Modèle de dynamique des populations

Des simulations de dynamique des populations ont été réalisées en introduisant dans un modèle décrit dans la littérature⁹ les valeurs mesurées de m_{hf} (limites minimale et maximale), afin de décrire les situations de meilleur et pire cas pour la dynamique de la population. La situation des trois premiers mois d'une colonie après la sortie d'hivernage a été prise en compte, de façon à englober la période de floraison du colza, avec les paramètres suivants :

- taux de ponte journalier de la reine (2000, 1800 ou 1600 œufs/jour),
- proportion d'abeilles butineuses exposées chaque jour (50 ou 90%),
- taille de la colonie au début de l'exposition (15000 ou 18000 abeilles),
- proportion de butineuses : 25% de la population totale,
- mortalité naturelle des butineuses : 0,154 individus/jour basé sur une espérance de vie moyenne de 6,5 jours, soit un taux de mortalité de 15,4%,
- les autres paramètres étant ceux définis dans le modèle d'origine.

Les simulations ont été effectuées avec les hypothèses suivantes :

- pour les butineuses non exposées, un taux de mortalité constant,
- pour les butineuses exposées, une durée d'exposition de 30 jours, avec une augmentation du taux de mortalité par la proportion de non-retour à la ruche m_{hf} (taux de mortalité naturelle + m_{hf}) chaque jour.

Résultats

Sur les courbes de probabilité cumulée de retour à la ruche en fonction du temps, le groupe traité apparaît dans chacune des 4 expériences présenter un taux de retour à la ruche inférieur à celui de son groupe témoin.

La comparaison des probabilités cumulées obtenues d'une part 4 heures après le lâcher, et d'autre part à la fin de l'expérience donne les résultats suivants :

⁹ S. Khoury, M. R. Myerscough, A. B. Barron, A quantitative model of honey bee colony population dynamics. *PLoS ONE* 6, e18491 (2011). doi:10.1371/journal.pone.0018491 Medline

Tableau 1

	Expérience 1 : Butineuses « expérimentées » relâchées à 1km de la ruche – zone de grande culture- (traitées-témoins)	Expérience 2 : Butineuses « inexpérimentées » relâchées à 1km de la ruche – zone de grande culture- (traitées-témoins)	Expérience 3 : Butineuses « expérimentées » relâchées à 70m de la ruche – zone de grande culture- (traitées-témoins)	Expérience 4 : Butineuses « inexpérimentées » relâchées à 1km de la ruche – zone péri- urbaine- (traitées-témoins)
Nombre de butineuses relâchées	72-74	118-118	67-68	82-54
Probabilité de retour à la ruche 4 heures après lâcher	68,1%-81,1%	33,9%-57,6%	67,2%-82,4%	68,3%-81,5%
(Test binomial exact pour le pourcentage de retour)	($P=0,005$)	($P<0,001$)	($P=0,002$)	($P=0,003$)
Probabilité de retour à la ruche à la fin de l'expérience	76,4%-85,1%	56,8%-83,1%	92,5%-98,5%	76,8%-85,2%
(Test binomial exact pour le pourcentage de retour)	($P=0,036$)	($P<0,001$)	($P=0,003$)	($P=0,029$)
Mortalité due au non retour à la ruche en raison du traitement (m_{hf})	0,102	0,316	0,061	0,098

La différence entre les pourcentages d'abeilles retournées à la ruche est significativement différente entre le groupe traité et le groupe témoin, dans toutes les expériences, 4 heures après le lâcher des butineuses et à la fin de l'expérience.

Six scénarios démographiques ont été simulés avec le modèle de dynamique des populations en intégrant la mortalité due au non retour à la ruche lié à l'exposition des abeilles au thiaméthoxam, avec les valeurs mesurées de m_{hf} de 0,102 et 0,316, issues des expériences 1 et 2. Des graphiques représentant en abscisse le temps (de 0 à 90 jours) et en ordonnée la taille totale de la population montrent les évolutions associées, pour les groupes témoins et traités, de la population d'abeilles selon les différents paramètres d'entrée indiqués ci-dessus.

Les simulations A et D sont réalisées avec un taux de ponte journalier de 2000 œufs (développement normal), les simulations B et E avec un taux de ponte journalier de 1800 œufs (développement à l'équilibre) et les simulations C et F avec un taux de ponte journalier de 1600 œufs (développement déficitaire). La phase d'exposition au thiaméthoxam est de 30 jours. Les scénarios A, B et C sont déclinés lorsque 90% des butineuses sont exposées et les scénarios D, E et F lorsque 50% des butineuses sont exposées, tous les jours de la phase d'exposition.

Dans tous les cas, la taille des colonies exposées décroît pendant la phase d'exposition, puis augmente après l'exposition sans toutefois atteindre la taille des colonies non exposées au bout de 3 mois. Dans les simulations pire-cas (A, B et C, 90% de butineuses exposées, m_{hf} maximal), les colonies initialement de 15000 abeilles pourraient décliner jusqu'à et en dessous de 5000 abeilles après un mois d'exposition. En cas d'exposition plus prolongée (pendant 90 jours et non 30), les tracés montrent une décroissance continue jusqu'au déclin de la colonie.

Les auteurs concluent que cette étude démontre clairement qu'une exposition des butineuses à des doses de thiaméthoxam non létales mais communément rencontrées peut impacter la survie des butineuses, avec contribution potentielle au risque d'effondrement de la colonie. Les conséquences de l'exposition sur la survie des butineuses semblent dépendre de l'environnement paysager et de la connaissance préalable de cet environnement par les abeilles. Les risques les plus élevés sont observés lorsque le retour à la ruche présente davantage de difficultés. En conséquence, les études d'impact qui sont conduites sur des colonies d'abeilles placées à

proximité immédiate des cultures traitées sous-estiment probablement les effets sub-létaux des pesticides en ne permettant pas de mettre en évidence d'éventuels effets sur le vol de retour.

COMMENTAIRES GENERAUX SUR L'ARTICLE

L'étude expérimentale décrite présente une approche originale de l'étude comportementale des abeilles butineuses exposées à une substance phytopharmaceutique. La technique de RFID permet de suivre individuellement le retour à la ruche des abeilles. La dose de thiaméthoxam administrée est connue avec précision. Le protocole mis en œuvre utilise une méthode élégante pour prendre en compte plusieurs niveaux de difficultés dans le vol de retour à la ruche des butineuses. Les résultats mettent en évidence de façon claire un effet du thiaméthoxam, à la dose administrée, sur le retour à la ruche.

Sur le plan méthodologique, quelques éléments seraient toutefois à éclaircir.

Composition des groupes de butineuses « inexpérimentées »

Les abeilles considérées comme connaissant le trajet de retour à la ruche (abeilles « expérimentées ») ont été sélectionnées pour avoir rapporté avant l'expérience du pollen de phacélie, à partir d'une unique parcelle de cette culture d'où elles seront ensuite relâchées.

Les abeilles n'ayant pas rapporté de pollen de phacélie (abeilles « inexpérimentées ») sont relâchées sur l'un des six sites sélectionnés pour l'expérience et situés à 1 km de la ruche, hors la parcelle de phacélie. Leur connaissance préalable du site d'où elles sont relâchées, et du trajet de retour à la ruche, est aléatoire. Dans ces expériences 2 et 4, la proportion de butineuses connaissant déjà le trajet de retour n'est donc pas connue. Il est possible de considérer que cette proportion est la même dans les groupes témoins et traités. Néanmoins, aucune donnée disponible ne peut confirmer cette hypothèse.

Il est à noter qu'une proportion sensiblement différente d'abeilles connaissant le trajet de retour entre les groupes témoins et traités constituerait un biais, conduisant à surestimer ou à sous-estimer les effets, limitant ainsi l'interprétation des résultats de ces expériences.

Analyse statistique

L'analyse statistique réalisée a porté sur une comparaison entre le groupe traité et le groupe témoin, par un test binomial exact, des probabilités cumulées obtenues 4 heures après le lâcher, ou à la fin de l'expérience.

Le test binomial exact est un test qui permet de comparer un pourcentage observé à un pourcentage théorique. Les comparaisons effectuées dans l'article sont d'une autre nature, puisque les deux pourcentages comparés sont issus d'observations de terrain, dans le groupe traité d'une part et dans le groupe témoin de l'autre. Un test adéquat pour comparer 2 pourcentages observés est le test exact de Fisher. Compte tenu des effectifs relativement élevés des différents groupes d'abeilles mis en jeu, un test du Chi² serait également adapté.

Il convient de signaler que la mise en œuvre du test exact de Fischer pour comparer les probabilités cumulées obtenues 4 heures après le lâcher ou à la fin de l'expérience dans les groupes traités et témoins conduit, à partir des données présentées dans l'article, à des valeurs de *P* différentes de celles du tableau 1 :

Tableau 2

	Expérience 1 : Butineuses « expérimentées » relâchées à 1km de la ruche – zone de grande culture- (traitées-témoins)	Expérience 2 : Butineuses « inexpérimentées » relâchées à 1km de la ruche – zone de grande culture- (traitées-témoins)	Expérience 3 : Butineuses « expérimentées » relâchées à 70m de la ruche – zone de grande culture- (traitées-témoins)	Expérience 4 : Butineuses « inexpérimentées » relâchées à 1km de la ruche – zone péri- urbaine- (traitées-témoins)
Nombre de butineuses relâchées	72-74	118-118	67-68	82-54
Probabilité de retour à la ruche 4 heures après lâcher	68,1%-81,1%	33,9%-57,6%	67,2%-82,4%	68,3%-81,5%
(Test exact de Fisher pour le pourcentage de retour)	<i>(P=0.0874)</i>	<i>(P<0,001)</i>	<i>(P=0.0489)</i>	<i>(P=0.1126)</i>
Probabilité de retour à la ruche à la fin de l'expérience	76,4%-85,1%	56,8%-83,1%	92,5%-98,5%	76,8%-85,2%
(Test exact de Fisher pour le pourcentage de retour)	<i>(P=0,210)</i>	<i>(P<0,001)</i>	<i>(P=0,115)</i>	<i>(P=0,276)</i>
Mortalité due au non retour à la ruche en raison du traitement (m_{nr})	0,102	0,316	0,061	0,098

Les valeurs de P sont celles obtenues pour un test bilatéral.

Selon les résultats de ces tests, seules les 3 comparaisons qui conduisent à une valeur de *P* en caractères gras dans le tableau ci-dessus sont considérées comme montrant une différence significative entre le groupe témoin et le groupe traité.

Modèle de dynamique des populations

Des simulations de dynamique des populations ont été réalisées en introduisant dans un modèle mathématique les valeurs mesurées de m_{nr} afin d'évaluer l'impact sur la colonie de la mortalité due au non retour à la ruche des abeilles exposées.

Le modèle utilisé a été décrit dans une publication de Khoury *et al.* (2011). Il s'agit d'un modèle théorique très simple, selon ses auteurs, développé uniquement pour prédire l'impact d'une perte de butineuses sur le recrutement d'autres ouvrières de la ruche pour le butinage. En effet, en cas de perte de butineuses, le développement de jeunes abeilles est accéléré afin qu'elles commencent prématurément le butinage pour compenser cette perte. Or, il a été montré que ces jeunes abeilles recrutées précocement pour le butinage sont moins efficaces et ont une espérance de vie réduite (jusqu'à 2,8 jours contre 6,5 jours en moyenne pour une butineuse normale). Le modèle de Khoury *et al.* est conçu pour mettre en évidence les effets liés à ce phénomène et ignore volontairement tous les autres mécanismes qui rendent la dynamique de la population de la ruche beaucoup plus complexe. Cette simplification se retrouve également au niveau du phénomène modélisé. Ainsi, le modèle considère un taux de ponte de la reine constant dans le temps alors qu'il varie selon les saisons, la disponibilité des ressources, etc... Le couvain n'a pas

d'existence réelle. Le cannibalisme des larves n'est pas pris en compte alors qu'il représente un phénomène de régulation important de la population d'abeilles.

Ce modèle théorique très simple ne peut donc pas être utilisé pour simuler *in situ* la dynamique d'une population d'abeilles.

REPRESENTATIVITE DE LA DOSE ADMINISTREE EN REGARD DE L'EXPOSITION EN CONDITIONS DE TERRAIN

Caractère sub-létal de la dose de thiaméthoxam administrée

La dose administrée individuellement par voie orale à chaque abeille butineuse était de 1,34 ng/abeille en une prise unique dans 20 µL de sirop de sucrose (50% poids/poids). Le caractère non létal de la dose administrée ponctuellement dans l'expérience de Henry *et al.* (2012) a été vérifié au laboratoire.

Ceci est conforme aux données du dossier de la substance active, qui montrent que la dose létale tuant 50% des abeilles en 48 h après ingestion orale (DL50 aiguë) est de 5 ng/abeille. La dose de 1,34 ng/abeille est également inférieure à la dose sans effet sur la mortalité de 2 ng/abeille en administration aiguë mais supérieure à la dose journalière sans effet après exposition répétée pendant 10 jours de 0,2 ng/abeille/jour.

Dans une étude soumise dans le dossier de la substance active, dans laquelle les abeilles butineuses ont été relâchées à 500 m de leur colonie, les abeilles nourries avec un nourrisseur contenant 10 µg thiaméthoxam/L (correspondant à une exposition moyenne de 1,1 ng/abeille) sont toutes rentrées à la ruche dans les 24 heures suivantes, alors que des absences sont relevées chez les abeilles nourries avec 25 µg thiaméthoxam/L (correspondant à une exposition moyenne de 3,0 ng/abeille). Il convient de noter que l'exposition à la substance active a eu lieu dans le cadre d'une consommation journalière et non en une prise unique comme dans l'expérience rapportée par Henry *et al.* (2012), qui met par ailleurs en œuvre une méthodologie de mesure plus précise.

Principe du calcul de l'exposition des abeilles butineuses

Les abeilles butineuses consomment du nectar et sont donc exposées aux résidus de substances actives qu'il contient. La quantité de nectar consommé pour satisfaire les besoins énergétiques, eux-mêmes liés à la durée du vol de l'abeille, dépend du taux en sucre de celui-ci. Elle est d'autant plus élevée que le taux de sucre est faible.

L'article de Rortais *et al.* (2005) indique une consommation de sucre par une abeille butineuse de 32 à 128,4 mg de sucre par jour, pour des durées de vol allant de 4 à 10,7 heures.

Dans l'évaluation des risques réalisée par l'Anses dans le cadre de la demande d'AMM du CRUISER OSR, préparation phytopharmaceutique contenant du thiaméthoxam et destinée au traitement des cultures de colza, l'exposition maximale des abeilles a été prise en compte, pour représenter une situation de « pire cas », et une consommation de 128,4 mg de sucre/jour a été intégrée au calcul.

Si X est le taux de sucre (%) et Y la concentration en résidus du nectar (µg/kg), l'exposition théorique correspondant à la situation de consommation « pire cas » est ainsi obtenue par la formule :

$$\text{Dose d'exposition (ng/abeille/jour)} = 128,4 \times Y \times 0,1 / X$$

Calcul effectué par les auteurs

Les auteurs justifient la dose de 1,34 ng/abeille comme représentative des scénarii d'exposition des butineuses de nectar d'un colza d'hiver traité par la préparation CRUISER OSR.

Le niveau de résidus de substance active dans le nectar qui a été retenu est la moyenne des concentrations mesurées dans les nectars collectés dans le jabot de butineuses exposées sous

tunnel en période de floraison du colza d'hiver traité (1,85 µg/kg), telle que rapportée dans l'avis de l'Anses.

Les taux de sucre des nectars de colza utilisés par les auteurs proviennent des travaux de l'INRA de Rennes publiés en 1999¹⁰ et qui rapportent des taux variables entre 10,6 et 30,2% pour la variété de colza « Samourai's » et de 8,3 à 66,6% pour d'autres variétés.

Les doses d'exposition en situation de consommation de sucre « pire cas » sont alors de 1,19 ng/abeille/jour pour un nectar à 20% de sucre et de 2,38 ng/abeille/jour pour un nectar à 10% de sucre.

Pour une abeille ne volant que 4 heures par jour, et consommant seulement 48 mg de sucre, la dose d'exposition théorique est de 0,89 ng/abeille/jour. Elle est de 0,20 ng/abeille/jour pour une consommation de 32 mg de sucre.

Calcul effectué par l'Anses (avis du 15 octobre 2010 relatif à la préparation CRUISER OSR)

En considérant une consommation de 128,4 mg de sucre/jour, une concentration en résidus de substance active de 1,85 µg/kg et un taux de sucre dans le nectar de 40%, la dose d'exposition en situation de consommation « pire cas » est de 0,59 ng/abeille/jour.

Ce taux de sucre initialement extrapolé à partir du taux de sucre d'un nectar de tournesol décrit dans la publication de Rortais *et al.* (2005) est également cité pour le nectar de colza dans un ouvrage classique d'apiculture (Vaissière *et al.*, 2002)¹¹ : « Sécrétion de nectar : 0,2 à 2 mg/fleur/jour avec 40 à 60% de sucres ».

Discussion sur le taux de sucre dans le nectar de colza

Le taux de sucre dans les nectars de colza est ainsi un paramètre très important du calcul de l'exposition. En effet, plus le taux de sucre est bas, plus la quantité de nectar consommée par les butineuses pour satisfaire leurs besoins énergétiques est importante, et donc à concentrations en résidus égales, plus les butineuses sont théoriquement exposées.

Les taux de sucre pris en compte par les auteurs dans leur calcul sont issus de la publication de Pierre *et al.* (1999). Celle-ci décrit la variabilité quantitative et qualitative de la sécrétion de nectar du colza d'hiver parmi 71 génotypes. Les travaux avaient pour objectif d'examiner la possibilité de sélectionner des génotypes, incluant des lignées mâles stériles, qui sécrètent une quantité suffisante de nectar pour attirer les abeilles afin d'assurer la pollinisation des lignées mâles stériles pour améliorer la production de semences hybrides. Les taux de sucre repris dans les calculs sont ceux mesurés pour une lignée mâle fertile « Samourai's ». La lignée mâle fertile « Samourai's » est la référence du groupe 1 regroupant les 64 lignées mâles fertiles conventionnelles. Les taux de sucre sont très différents pour les lignées mâles stériles et fertiles F1 « Fu 27-Hokkaido/Bienvenu » du groupe 3 pour lesquels ils peuvent atteindre 66,6% à l'une des dates de collecte. Une variété « Darmor » présente des taux extrêmement bas (8,2%). L'attractivité des nectars de colza pour les abeilles dans ces conditions est discutable.

Ces données indiquent que les taux de sucre, ainsi que les quantités de nectar, sont liés aux variétés de colza, au stade de la floraison et aux conditions climatiques.

Analyses réalisées en 2012 sur du colza traité avec du thiaméthoxam

Les variétés de colza d'hiver cultivées évoluent constamment et rapidement.

Des prélèvements de nectars floraux de colza d'hiver ont été réalisés les 2 et 11 mai 2012 par le CETIOM, à l'aide de micropipettes, sur 5 parcelles de colza traité avec du CRUISER OSR afin de réaliser des analyses des taux de sucre et des résidus de substances actives (thiaméthoxam et

¹⁰ Pierre J., Mesquida J., Marilleau R., Pham Delègue M.H., Renard M. (1999). Nectar secretion in winter oilseed rape, *Brassica napus* : quantitative and qualitative variability among 60 genotypes. *Plant Breeding* 118:360-365.

¹¹ Vaissière *et al.*, 2006, Chapitre IV : Pollinisation, apiculture et environnement, dans *Le traité Rustica de l'apiculture*, Rustica Editions.

son métabolite, la clothianidine). Les 5 variétés de colza sur lesquelles du nectar a été collecté (DK EXSTORM, ADRIANA T PAMELA, DK EXQUISITE et EXOCET) représentent 30% des surfaces cultivées en 2011-2012 en colza d'hiver. Les prélèvements du 2 mai correspondent au stade « pleine floraison » et les prélèvements du 11 mai correspondent au stade « début de fin de floraison ».

Les mesures de taux de sucre ont été réalisées au moyen d'un réfractomètre portatif électronique juste après prélèvement sur le terrain.

Les échantillons ont été envoyés au laboratoire de l'Anses (Sophia-Antipolis) pour les analyses de résidus, réalisées par une méthode LC-MS/MS (LQ¹² = 0,3 ng/mL, LD¹³ = 0,1 ng/mL).

Les résultats disponibles, ainsi qu'un calcul théorique de dose d'exposition en situation de consommation de sucre « pire cas », sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3

Variété	Date	Taux de sucre moyen (%)	Concentration thiaméthoxam (ng/mL)	Concentration clothianidine (ng/mL)	Volume de nectar pour 128,4 mg de sucre (mL)	Dose d'exposition (ng/abeille)
DK EXSTORM	02/05/2012	32,6	0,4	<LD	0,39	0,16
ADRIANA T	02/05/2012	28,7	0,4	<LD	0,45	0,18
PAMELA	02/05/2012	33,3	0,7	<LD	0,39	0,27
DK EXQUISITE	02/05/2012	34,7	0,4	<LD	0,37	0,15
EXOCET	02/05/2012	25,8	0,4	<LD	0,50	0,20
DK EXSTORM	11/05/2012	59,5	0,7	<LD	0,22	0,15
ADRIANA T	11/05/2012	51,0	0,8	<LD	0,25	0,20
PAMELA	11/05/2012	66,6	1,6	<LD	0,19	0,31
DK EXQUISITE	11/05/2012	50,5	1,3	<LD	0,25	0,33
EXOCET	11/05/2012	61,4	0,5	<LD	0,21	0,10

Par ailleurs, des échantillons de nectar collectés le 07/05/2012 sur du colza non traité à titre de contrôle négatif ont présenté des taux de sucre compris entre 13,7 et 21,2%.

Les valeurs d'exposition moyenne et maximale sont respectivement de 0,21 et 0,33 ng/abeille et par jour.

Si la concentration de clothianidine, inférieure à la limite de détection dans tous les échantillons, est considérée comme égale à 0,1 ng, les valeurs d'exposition moyenne et maximale sont respectivement de 0,24 et 0,36 ng/abeille et par jour.

Ces valeurs calculées à partir des analyses réalisées en 2012 représentent une exposition journalière, en situation de consommation de sucre « pire cas », qui est inférieure à l'exposition théorique des butineuses à nectar estimée à 0,59 ng/abeille/jour par l'Anses et à la dose de 1,34 ng/abeille administrée en une prise unique dans l'expérience de Henry *et al.* (2012).

Conclusion sur la dose administrée

Les calculs théoriques effectués par les auteurs de l'article reposent sur une consommation élevée de sucre, de faibles taux de sucre dans le nectar et une concentration de résidus de thiaméthoxam dans le nectar obtenue dans une situation d'exposition maximale des abeilles sous tunnel.

¹² LQ : limite de quantification.

¹³ LD : limite de détection.

Compte tenu de la variabilité observée dans les taux de sucre du nectar de colza, une telle situation sur le terrain ne peut être exclue.

Les analyses récentes confirment toutefois que le nectar de colza peut contenir, notamment dans des conditions climatiques dans lesquelles les abeilles ont une activité intense de butinage, des taux de sucre très élevés. La dose d'exposition calculée, en situation de consommation de sucre « pire cas », à partir du taux de sucre et du niveau de résidus est, dans tous les échantillons, inférieure à la dose administrée dans l'étude.

L'interprétation des auteurs selon laquelle la dose de thiaméthoxam de 1,34 ng/abeille serait communément rencontrée sur le terrain est donc considérée comme non vérifiée par les observations disponibles.

Des expérimentations dans des conditions permettant l'exposition des butineuses directement aux résidus présents dans la culture seraient toutefois nécessaires pour préciser les effets sur le retour à la ruche en situation de terrain.

L'EFSA, saisie sur la même question, conclut, sur la base des données collectées auprès de l'ensemble des Etats membres, que la concentration en thiaméthoxam du sirop administré aux abeilles dans l'étude de Henry *et al.* (2012) est environ 10 fois supérieure à la concentration maximale observée dans un échantillon de nectar et que, bien que l'exposition calculée des abeilles puisse théoriquement dépasser la dose administrée dans cette étude, elle ne peut intervenir sur le terrain que progressivement au cours d'une journée de butinage.

REPRESENTATIVITE DES CONDITIONS EXPERIMENTALES AU REGARD DE LA REALITE DU TERRAIN

Le retour à la ruche est mesuré sur les abeilles butineuses équipées de la puce électronique RFID et rentrant à leur ruche après avoir été relâchées sur un site situé à 1km de celle-ci, sans qu'elles aient effectué immédiatement auparavant le trajet de la ruche à ce site. Le dispositif expérimental met en jeu des abeilles butineuses considérées comme connaissant déjà ou non le trajet de retour à la ruche.

Les abeilles considérées comme connaissant le trajet de retour à la ruche (expériences 1 et 3) sont sélectionnées pour avoir précédemment rapporté du pollen de phacélie, identifiable par sa couleur bleue caractéristique, à partir d'une unique parcelle de cette culture située dans la zone expérimentale. Elles sont relâchées sur cette parcelle.

Les abeilles n'ayant pas rapporté de pollen de phacélie sont relâchées sur l'un des six sites sélectionnés pour l'expérience et situés à 1 km de la ruche, hors la parcelle de phacélie. Leur connaissance préalable du site d'où elles sont relâchées, et du trajet de retour à la ruche, est aléatoire (expériences 2 et 4). Dans l'expérience 2, les abeilles sont relâchées dans un environnement de grandes cultures, comportant peu de repères visuels. Dans l'expérience 4, les abeilles sont relâchées dans un environnement péri-urbain dans lequel les points de repère sont a priori plus nombreux.

La représentativité de ces conditions au regard de la réalité mérite d'être discutée. En effet, dans une situation habituelle, les butineuses retournent à la ruche après l'avoir quittée, même après une transhumance. La comparaison des courbes témoins de retour à la ruche des expériences 1 et 2 montre que les abeilles relâchées sur un site à partir duquel leur connaissance du trajet de retour à la ruche est aléatoire subissent un stress important, une partie des abeilles ne regagnant sa colonie que le lendemain.

Les essais au champ soumis avec la demande d'AMM de la préparation phytopharmaceutique CRUISER OSR présentent également des limites, mais différentes. En effet, afin d'obtenir une exposition maximale des abeilles aux résidus de substance active, les essais en champ sont

réalisés en plaçant les ruches le plus près possible des cultures traitées. Même si cette situation peut se rencontrer sur le terrain, dans le cas de ruchers installés devant une aire à butiner, les abeilles n'ayant pas une distance suffisamment longue à parcourir pour rentrer à la ruche après butinage, un effet de l'exposition à la substance active sur leurs capacités motrices ou sensorielles ou sur leur système d'orientation pourrait ne pas être mis en évidence dans ces essais.

En ce sens, des protocoles d'essais au champ intégrant un certain éloignement des ruches tout en assurant une exposition réaliste des abeilles à la substance testée permettraient d'étudier une situation dans laquelle les systèmes locomoteur, sensoriels et d'orientation des butineuses sont davantage sollicités.

CONSEQUENCES POUR LES EVALUATIONS DE RISQUES DEJA REALISEES

L'étude expérimentale décrite dans l'article de Henry *et al.* (2012) présente une approche originale de l'étude comportementale des abeilles butineuses exposées à une substance phytopharmaceutique. Le protocole et la technique de RFID permettent de suivre individuellement le retour à la ruche des abeilles et d'appréhender ainsi les effets potentiels de molécules pouvant agir sur leurs systèmes locomoteur, sensoriel ou d'orientation.

Toutefois, la conclusion de l'article relative aux effets potentiels à long terme sur la colonie repose sur l'utilisation d'une modélisation. Aucune étude expérimentale permettant de coupler les effets observés au niveau individuel sur le retour à la ruche des abeilles et les effets réels sur les colonies n'est actuellement disponible. Or, les conclusions de l'évaluation des risques préalable à la mise sur le marché des préparations phytopharmaceutiques sont fondées sur une série d'essais permettant de réaliser une évaluation en plusieurs étapes. L'étape ultime repose sur des essais réalisés sous tunnel et au champ. Dans ces essais, des colonies d'abeilles sont exposées à des cultures traitées. Les effets de l'exposition des abeilles liée aux activités de butinage, et par conséquent à la consommation de pollen et/ou nectar potentiellement contaminé avec la substance active et/ou son métabolite, sont directement observés sur les colonies. Ces essais permettent de suivre le développement et la survie des colonies.

Les butineuses sont principalement exposées aux résidus de pesticides par la consommation de nectar. En France, le thiaméthoxam est autorisé en traitement de semences pour les cultures de maïs (CRUISER 350), de betterave (CRUISER 600 FS), de pois (CRUISER FS) et de crucifères oléagineuses (CRUISER OSR). Seules les crucifères oléagineuses (colza) sont des cultures nectarifères dont les fleurs sont accessibles aux abeilles pour le butinage. Pour les autres cultures (maïs, betterave, pois), l'exposition des abeilles à des résidus présents dans un nectar n'est attendue que dans les éventuelles plantes nectarifères des cultures suivantes, dans lesquelles le niveau de résidus est faible. Une préparation (ACTARA) est autorisée en pulvérisation aérienne pour diverses cultures, mais uniquement en dehors des périodes de floraison, de production d'exsudats et de la présence des abeilles. Quelques usages en serre, sur plantes d'intérieur ou en bâtonnets d'engrais sont également disponibles.

C'est pourquoi les effets rapportés sont à mettre en relation avec les données évaluées dans le cadre de l'évaluation des risques menée pour la demande d'AMM de la préparation CRUISER OSR, destinée au traitement de semences d'une culture nectarifère et particulièrement attractive pour les abeilles, le colza.

En appui à la demande de mise sur le marché de la préparation CRUISER OSR, le pétitionnaire a soumis plusieurs études sous tunnel et au champ sur des cultures de colza issues de semences traitées. Ces essais, dont certains réalisés avec un suivi pluriannuel de ruches exposées, n'ont indiqué aucun effet significatif d'une exposition à ces cultures sur la survie, l'activité de butinage, le développement de la population, le développement larvaire et le comportement des abeilles. Cependant, comme indiqué plus haut, ils peuvent être considérés comme présentant des limites en ce qui concerne leur sensibilité pour détecter des effets tels qu'une défaillance du système d'orientation.

L'évaluation des risques pour les abeilles menée dans le cadre réglementaire pour les préparations phytopharmaceutique est fondée sur le devenir de la colonie. Les résultats obtenus avec la méthodologie mise en œuvre dans l'article de Henry *et al.* (2012), pour innovante qu'elle soit, ne peuvent actuellement de façon fiable être interprétés en termes d'effets sur le devenir des colonies, dans des conditions réelles d'exposition correspondant aux pratiques apicoles et agricoles, du fait de l'inadaptation du modèle utilisé pour prévoir l'effet sur la dynamique des populations. Ces travaux mériteraient donc d'être poursuivis afin de vérifier si des effets sur le retour à la ruche tels que ceux observés ont un impact à moyen ou long terme sur le développement et la survie de la colonie.

D'autre part, les effets du thiaméthoxam rapportés dans l'article pourraient être considérés comme explicatifs de phénomènes associés à une exposition et observés sur le terrain. Environ 790 000 ha de colza d'hiver traité avec la préparation CRUISER OSR ont été cultivés en France en 2011-2012. Cette première année d'utilisation du produit n'est pas en l'état des connaissances disponibles associée à des accidents affectant les abeilles et attribués à une exposition aux résidus de thiaméthoxam présents dans les fleurs de colza. Cependant, compte tenu des conditions climatiques particulières du printemps 2012, les abeilles ont, selon les professionnels de l'apiculture, peu visité cette culture en fleurs. Aucune conclusion, sur laquelle les résultats de Henry *et al.* (2012) aurait pu apporter un éclairage, n'est donc à tirer de cette campagne de terrain.

Dans l'état actuel des connaissances, les résultats présentés dans l'article de Henry *et al.* 2012 ne sont pas considérés comme remettant en cause les conclusions de l'évaluation des risques menées dans le cadre du dossier de demande d'autorisation de mise sur le marché de la préparation CRUISER OSR selon les critères réglementaires actuels, mais mettent en évidence certaines limites des méthodologies mises en œuvre dans ce cadre en ce qui concerne leur sensibilité. Les propriétés de toxicité pour les abeilles prises en compte pour l'approbation du thiaméthoxam au titre du règlement (CE) n°1107/2009¹⁴ et rappelées en page 8 de cet avis ne sont pas modifiées par les résultats de cette étude.

Les butineuses peuvent également théoriquement absorber des résidus présents dans le liquide de guttation. La guttation correspond à la formation de petites gouttelettes liquides limpides que l'on peut observer, notamment, à l'extrémité apicale de la feuille de maïs¹⁵. Selon des résultats diffusés en 2009¹⁶, le fluide de guttation pourrait contenir des résidus de substances actives phytopharmaceutiques et constituer une voie d'exposition pour les abeilles. L'exposition des butineuses à une dose sub-létale pourrait ainsi affecter les abeilles installées à proximité de parcelles de maïs traité avec la préparation CRUISER 350.

Cependant, des essais ont montré que le liquide de guttation des feuilles de maïs n'est pas une source d'abreuvement attractive et utilisée par les abeilles. L'exposition d'abeilles butineuses aux résidus contenus dans les gouttelettes de guttation de maïs traité avec la préparation CRUISER 350 est donc considérée comme peu probable. Par ailleurs, dans le cadre de l'évaluation de la demande d'AMM pour cette préparation, un essai de plein champ a été examiné par l'Agence pour évaluer le risque lié à la formation de gouttelettes de guttation sur de jeunes plants de maïs traité pour des colonies placées en bordure des parcelles. Au cours de cet essai, il n'a pas été observé de mortalité significative ni de différence sur la force des colonies et sur les surfaces occupées par les réserves et les stades larvaires.

¹⁴ Règlement (CE) n° 1107/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et abrogeant les directives 79/117/CEE et 91/414/CEE du Conseil.

¹⁵ Voir détails dans l'avis de l'Agence n°2009-SA-0 065 du 30 avril 2009.

¹⁶ Gioro C. *et al.* (2009), How can guttation drops kill bees ? The lethal effect of neonicotinoid insecticides, XXIII Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana, Sorrento, 5-10 Luglio 2009 (Abstract).

CONCLUSION GENERALE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail estime que les résultats rapportés dans l'article de Henry *et al.* (2012) mettent en évidence un effet d'une dose sublétales de thiaméthoxam sur le retour à la ruche des abeilles butineuses. En revanche, les conséquences de ces effets sur le devenir de la colonie, étudiées au moyen d'une modélisation mathématique non validée pour cette utilisation, ne peuvent pas être clairement établies.

L'unique dose administrée dans les expériences décrites (1,34 ng/abeille) est inférieure aux doses induisant une mortalité chez les abeilles dans un essai de toxicité aiguë. Les données disponibles en ce qui concerne les concentrations en substance active et les taux de sucre dans le nectar de colza, qu'elles proviennent de dossiers soumis dans un cadre réglementaire ou d'analyses réalisées en 2012 dans les conditions de pratique agricole actuelles, indiquent que l'exposition des abeilles au thiaméthoxam au travers des résidus de nectar de colza est inférieure à cette dose, bien qu'une exposition à des doses de ce niveau ne puisse être totalement exclue dans des circonstances exceptionnelles. Cette conclusion rejoint celle de l'EFSA, saisie par la Commission européenne sur la même question.

Par ailleurs, des essais réalisés avec la préparation CRUISER OSR à base de thiaméthoxam, dont certains ont inclus un suivi pluriannuel de ruches exposées à des cultures de colza traité, n'ont indiqué aucun effet significatif de l'exposition à ces cultures sur la survie, l'activité de butinage, le développement de la population, le développement larvaire et le comportement des abeilles. Malgré les limites que peuvent présenter ces essais en ce qui concerne leur sensibilité pour détecter des effets tels qu'une défaillance du système d'orientation, leur pertinence pour évaluer le risque à l'échelle de la colonie ne peut actuellement être remise en cause par des études expérimentales, fondées sur des niveaux et des modalités d'exposition moins représentatifs des réalités du terrain. Néanmoins, l'Agence considère que les essais réalisés mettent en évidence certaines limites des méthodologies mises en œuvre dans les études de terrain, en particulier la non prise en compte de certains paramètres comme les effets sur le vol de retour à la ruche.

Au-delà des résultats de cette étude, l'Agence recommande :

- De poursuivre les expérimentations sur la base de la technologie RFID en faisant varier les niveaux d'exposition pour se rapprocher davantage des doses auxquelles les abeilles sont communément exposées, et en approfondissant les conséquences des effets observés individuellement sur la dynamique de la colonie d'abeilles. Ce travail permettrait de valider un protocole d'étude permettant de mieux décrire les effets sublétaux d'une exposition aux néonicotinoïdes, et qui pourrait être pris en compte dans l'évolution de la réglementation européenne.
- D'engager une réévaluation au niveau européen des substances actives néonicotinoïdes (thiaméthoxam, clothianidine,...) sur la base des données scientifiques nouvelles issues des études récentes, comme le propose également l'EFSA.

Marc MORTUREUX

MOTS-CLES

Produits phytopharmaceutiques, thiaméthoxam, abeille

BIBLIOGRAPHIE

Gioro C. *et al.* (2009), How can guttation drops kill bees ? The lethal effect of neonicotinoid insecticides, XXIII Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana, Sorrento, 5-10 Luglio 2009 (Abstract).

S. Khoury, M. R. Myerscough, A. B. Barron, A quantitative model of honey bee colony population dynamics. *PLoS ONE* **6**, e18491 (2011). doi:10.1371/journal.pone.0018491 Medline

Pierre J., Mesquida J., Marilleau R., Pham-Delègue M.H., Renard M. (1999). Nectar secretion in winter oilseed rape, *Brassica napus* - quantitative and qualitative variability among 60 genotypes. *Plant Breeding* **118**:360-365.

A. Rortais, G. Arnold, M. P. Halm, F. Touffet-Briens, Modes of honeybees exposure to systemic insecticides: estimated amounts of contaminated pollen and nectar consumed by different categories of bees. *Apidologie (Celle)* **36**, 71 (2005).

Vaissière *et al.*, 2006, Chapitre IV : Pollinisation, apiculture et environnement, dans Le traité Rustica de l'apiculture, Rustica Editions.