

## EFFET D'UN INSECTICIDE UTILISÉ EN PROTECTION DES VÉGÉTAUX: THIAMETHOXAM SUR L'ABEILLE SAHARIENNE

### *Apis mellifera sahariensis*

CHAHBAR N.<sup>1\*</sup>, BELZUNCES L. P.<sup>2</sup> et DOUMANDJI S.<sup>3</sup>

<sup>(1)</sup>Département de Biologie, Faculté des sciences,  
Université M'Hamed Bougara Boumerdes, Algérie

<sup>(2)</sup>Laboratoire Toxicologie Environnemental UMR 406, Ecologie des Invertébrés  
INRA, Avignon, France

<sup>(3)</sup>Département de Zoologie Agricole et forestière, Institut National Agronomique  
El-Harrach 16200 Alger, Algérie  
[chahbar\\_nora@yahoo.fr](mailto:chahbar_nora@yahoo.fr)

**Résumé-** L'utilisation des produits phytopharmaceutiques dans la lutte contre les ravageurs des cultures est une nécessité. Mais ce moyen de lutte n'est pas sans risque et peut entraîner des effets non intentionnels qui se manifestent, par une toxicité chez les organismes non cibles comme les insectes utiles. Parmi ces derniers, les abeilles domestiques jouent un rôle triple, agronomique, économique et écologique. La préparation commerciale Actara 25 WG qui contient le Thiaméthoxam, est reconnue comme étant toxique pour les abeilles. Elle est interdite d'usage pendant la période de la floraison. Ce produit est systémique, il se trouve donc présent en faibles concentrations dans le végétal traité pendant tout son cycle de développement. Quels sont les effets induits chez l'abeille par la contamination par de faibles doses de Thiamethoxam qui pourraient être contenues dans le pollen et le nectar au moment de la floraison, telle est la question posée? Pour essayer d'apporter une réponse à cette problématique, il a été déterminé dans une première étape la sensibilité de l'abeille saharienne *Apis mellifera sahariensis* en testant la toxicité aigue orale du thiamethoxam sur des abeilles ouvrières au niveau du laboratoire qui constitue la base du schéma d'évaluation des risques toxicologiques. L'étude repose sur la détermination des  $DL_{50}$  par voie orale. Les abeilles d'âge indéterminé ont été nourries avec une solution de saccharose à des doses croissantes de l'insecticide utilisé (1, 10, 20, 50, 70, 90 ng de substance active par abeille). Pendant toute la durée de l'étude les abeilles témoins et traitées sont placées à l'obscurité, à une température de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  et une humidité relative de 60%. Le résultat a montré que la  $DL_{50}$  obtenue varié entre 10,86 et 11,47ng par abeille.

**Mots clés:** Insecticide, thiamethoxam, abeille saharienne,  $DL_{50}$ , toxicité aigue.

## EFFECT OF INSECTICIDE USE IN PLANT PROTECTION: THIAMETHOXAM ON THE BEE SAHARAN *Apis mellifera sahariensis*

**Abstract-** The use of plant products in the fight against agricultural pests has become a necessity. But this mean of control is not risk free and may result in unintended consequences such as toxicity in non-target organisms. Of these, honeybees play a triple role, agronomic, economic and ecological. Actara 25 WG, a commercial preparation containing Thiamethoxam, is recognized as toxic to bees and is prohibited from use during the period of flowering. However, this commercial product is systemic, it is therefore present in low concentrations in the treated plant throughout its development cycle. The effects induced in the bee by the contamination by low doses of Thiamethoxam that may be contained in the pollen and nectar at flowering time are the subject of this study. To resolve this problem, first the sensitivity of the Saharan honeybee *Apis mellifera sahariensis* was evaluated. This was based on testing the acute oral toxicity of thiamethoxam on worker bees in the laboratory, which is the basis of toxicological risk assessment. The study is based on determining the oral  $LD_{50}$ . Bees of unknown age were fed a sucrose solution supplemented with doses of the insecticide used (1, 10, 20, 50, 70, 90 ng of active substance per bee). For the duration of the study the control and treated bees were placed in the dark at a temperature of  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  and 60% relative humidity. The result showed that the  $LD_{50}$  obtained varied between 10.86 and 11.47 ng per bee.

**Keywords;** Insecticide, thiamethoxam, bee saharan  $LD_{50}$ , acute toxicity.

## Introduction

La place qu'occupe l'abeille dans l'environnement revêt plusieurs aspects: agronomique, économique, écologique et scientifique. Elle joue un rôle économique important en tant que support de l'apiculture (production de miel, de gelée royale, de pollen, de propolis et de cire) et de l'agriculture en apportant un accroissement quantitatif (les hyménoptères sont les insectes pollinisateurs les plus importants) et qualitatif (brassage génétique des cultures, maintien de la biodiversité, obtention de semences hybrides) des récoltes. Grâce à son comportement social complexe, l'abeille représente un des meilleurs modèles scientifiques pour étudier les fonctions d'apprentissage, de mémorisation et d'orientation, en particulier dans l'activité de burinage. De plus, d'un point de vue écologique, cet insecte utile représente un bio-indicateur de haute sensibilité de l'environnement car il est en contact avec des polluants de sources diverses. Tous ces intérêts de l'abeille pour l'environnement en ont fait un insecte protégé. La loi du 5 juillet 1985 et la directive européenne 91/414/CEE interdisent l'usage de pesticides en pleine floraison et exigent que tout fabricant désirant mettre sur le marché un nouveau produit phytopharmaceutique doit fournir, entre autre, la preuve de l'innocuité de ce produit vis-à-vis de l'abeille [1].

Pourtant, depuis quelques années, les apiculteurs observent une disparition massive des abeilles dans les ruchers. Cette dernière, n'est pas seulement un phénomène restreint à l'échelle nationale, des pertes ont aussi été signalées aux USA, au Canada, en Australie et dans de nombreux pays Européens. Il s'agit d'un phénomène d'ampleur mondiale.

L'abeille saharienne a été presque décimée par la lutte anti-acridienne. Il se trouve qu'après les prospections effectuées dans toute la région de Bechar y compris dans la zone frontalière algéro-marocaine, il est confirmé sa présence. Elle est connue localement par l'abeille jaune.

Cette abeille est reconnue par des généticiens de réputation mondiale et la classent parmi les meilleures abeilles du monde de par ses qualités qui sont: La douceur, la prolificité, la précocité, l'aptitude extraordinaire à la récolte du nectar et du pollen et l'acclimatation facile sous des conditions climatiques difficiles. Malheureusement, cette espèce est en déclin suite à l'impact de nombreux facteurs dont la lutte anti-acridienne des deux dernières décennies.

Dans ce travail, nous avons essayé de déterminer la sensibilité de l'abeille saharienne *Apis mellifera sahariensis* en testant la toxicité aigue de Thiaméthoxam qui donne des indications sur le seuil de subléthalité.

## 1.- Matériel et méthodes

### 1.1.- Matériel biologique

Pour la présente étude, il est utilisé des individus d'abeilles *Apis mellifera Sahariensis* issus de la même reine et d'âge indéterminé, originaires de la région de Béchar. La colonie présente un état général satisfaisant et une absence de symptômes pathologiques visibles.

Les abeilles sont prélevées, la veille de chaque essai, rucher expérimental à l'école nationale supérieure d'agronomie (ENSA) d'El-Harrach (Alger), sur les cadres à miel et à pollen.

## 1.2.- Matériel non biologique

### 1.2.1.- Produits

Il est testé la matière active Thiaméthoxam synthétisée par la firme Syngenta®. Le Thiaméthoxam est reconnue comme étant toxique pour les abeilles. Il est interdit d'usage pendant la période de floraison. C'est un produit systémique. Il se retrouve présent en faibles concentrations dans le végétal traité pendant tout son cycle de développement.

### 1.2.2.- Cagette pain

Les cagettes utilisées pour l'isolement sont de type Pain modifié (fig. 1 et 2)

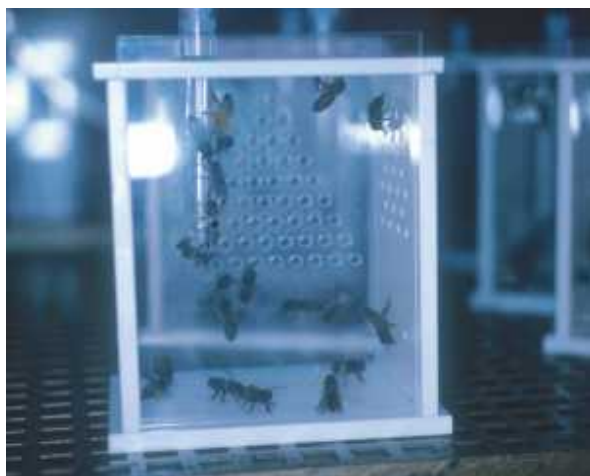


Figure 1.- Cagette pain 1966 [2]



Figure 2.- Cagettes Pain modifiées (10 x 8,5 x 6 cm) (originale)

## 2.- Dispositif expérimental

### 2.1.- Préparation et conservation des abeilles

La veille de l'essai, les abeilles sont prélevées dans la colonie puis sont immédiatement soumises à une brève anesthésie par diffusion de dioxyde de carbone à faible débit, afin d'éviter une baisse importante de la température au sein des boîtes de prélèvement ou de contention. L'emploi du dioxyde de carbone doit être limité au minimum, mais l'anesthésie doit être totale. L'anesthésie permet d'immobiliser les abeilles afin de les répartir dans les cagettes de contention de type Pain à raison de 20 individus par cagette. Chaque modalité de traitement est constituée de 3 cagettes d'abeilles.

L'alimentation en candi et l'eau pure sont réalisées par un tube à hémolyse en plastique percé.

Toutes les cagettes sont placées sur les 2 rayons d'une étuve métallique, à l'obscurité climatisée à  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  et à une humidité relative entre 50% et 70%. Le taux d'humidité est assuré par la présence de bacs d'eau placés dans l'enceinte.

Les essais sont répétés 3 fois en renouvelant chaque fois les abeilles et les solutions de produits à tester.

## 2.2.- Mode d'administration

La méthode de laboratoire officielle CEB n°95 [3] permet d'évaluer la toxicité aiguë des produits phytopharmaceutiques, chez l'abeille adulte ouvrière *Apis mellifera L.*, par détermination des doses létales 50% (DL50) orale et de contact 24, 48 et 72 heures après les traitements.

C'est pour se rapprocher des modes de contamination induits par le Thiaméthoxam que les intoxications par voie orale ont été testées.



**Figure 3.-** Cagettes de contenance de type Pain en place dans une étuve lors d'un essai toxicologique (originale)

### 2.2.1.- Ingestion collective

L'unité expérimentale est la cage de 20 abeilles. Avant le traitement, les abeilles sont soumises à un jeun de 2 heures à  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  et à l'obscurité, pour favoriser le phénomène de trophallaxie (échange de nourriture) et pour induire un même niveau d'appétit. Pendant le test, les abeilles sont placées à la lumière, à une température de  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Chaque lot d'abeille est nourri de 200  $\mu\text{l}$  (soit 10  $\mu\text{l}$  par abeille) de solution de saccharose 55,5% (p/v) final avec de 5 doses croissantes (1ng, 10ng, 20ng, 50ng, 70 ng et 90 ng par abeille) de substances actives (Thiaméthoxam) dissoutes dans l'acétone pour les traitements essais, et de solution de saccharose 55,5% (p/v) final supplémenté en acétone pour les traitements témoins.

Les traitements témoins permettent d'évaluer la toxicité du solvant utilisé pour préparer les solutions de Thiaméthoxam. Pendant toute la durée de l'étude, les abeilles sont placées à

l'obscurité dans une enceinte climatisée à  $25 \pm 2$  °C avec une humidité relative d'environ 60 %. Lorsque les abeilles ont terminé l'ingestion de leur solution, elles sont réalimentées avec du candi et de l'eau pure. La concentration en acétone (pureté : 99%) dans le sirop de traitement est de 1%.

### 2.2.1.1.- Contrôle de la mortalité

Toutes les abeilles parfaitement immobiles, à un moment défini, sont considérées comme mortes. La mortalité des abeilles dans les cagettes témoins doit être inférieure à 10% de la population initiale d'abeilles.

Les taux de mortalité des abeilles témoins et traitées sont calculés par la formule suivante:

$$\text{Taux de mortalité \%} = \frac{\text{Nombre de mort}}{\text{Nombre total d'individus}} \times 100$$

### - Correction de la mortalité

La mortalité obtenue est corrigée par la formule d'ABBOT [4].

$$M_c = \frac{M_2 - M_1}{100 - M_1}$$

$$\begin{cases} M_1 : \text{Pourcentage de mortalité dans le lot témoins} \\ M_2 : \text{Pourcentage de mortalité dans le lot traité} \\ M_c : \text{Pourcentage de mortalité corrigée} \end{cases}$$

### - Détermination de la DL<sub>50</sub>

La dose létale 50 (DL<sub>50</sub>) représente la dose de toxique conduisant à la mort de 50% des individus. Cette DL<sub>50</sub> rend compte de la toxicité intrinsèque de la substance active considérée

Pour la DL<sub>50</sub>, il est procédé à une transformation en Probit des pourcentages des mortalités corrigés, et la transformation en logarithme décimal de la dose. Ces transformations permettent d'établir l'équation de droite de régression « probit logarithme » de type :

$$Y = aX + b \quad \begin{cases} Y : \text{probit des mortalités corrigées} \\ X : \text{Logarithme des doses} \end{cases}$$

La DL<sub>50</sub> sera égale à l'anti- log x, avec x = log doses, correspondant au Probit de 50 de graphe de régression.

### 2.2.1.2.- Analyse statistique

Les données ont été analysées en utilisant le logiciel XLSTAT 2007.5, en utilisant des tests ANOVA. Une valeur de  $p < 0,05$  est considérée comme significative.

### 3.- Résultats et discussion

#### 3.1.- Symptômes induits par la toxicité aiguë de thiaméthoxame

Pour l'étude de la toxicité orale, les abeilles ingèrent en moyenne 10µl de thiaméthoxame. La mortalité des abeilles est suivie pendant 24, 48 et 72 heures. Les symptômes observés chez *Apis mellifera sahariensis* autres que la mortalité, lors de l'intoxication orale par thiaméthoxam ressemblent à ceux notés avec d'autres substances neurotoxiques. Ces symptômes se manifestent par une activité générale accrue, avec des mouvements désordonnés, des tremblements et des convulsions, puis un comportement apathique. En revanche, l'apparition des premières mortalités n'est observée que deux heures après l'ingestion du toxique. Suchail *et al.* [5] ont observé 20 minute après l'intoxication des abeilles à l'imidaclopride et ces métabolites, l'apparition rapide des symptômes de neurotoxicité (hyperactivité : mouvements désordonnés et tremblement, puis elles deviennent apathiques).

#### 3.2.- Toxicité

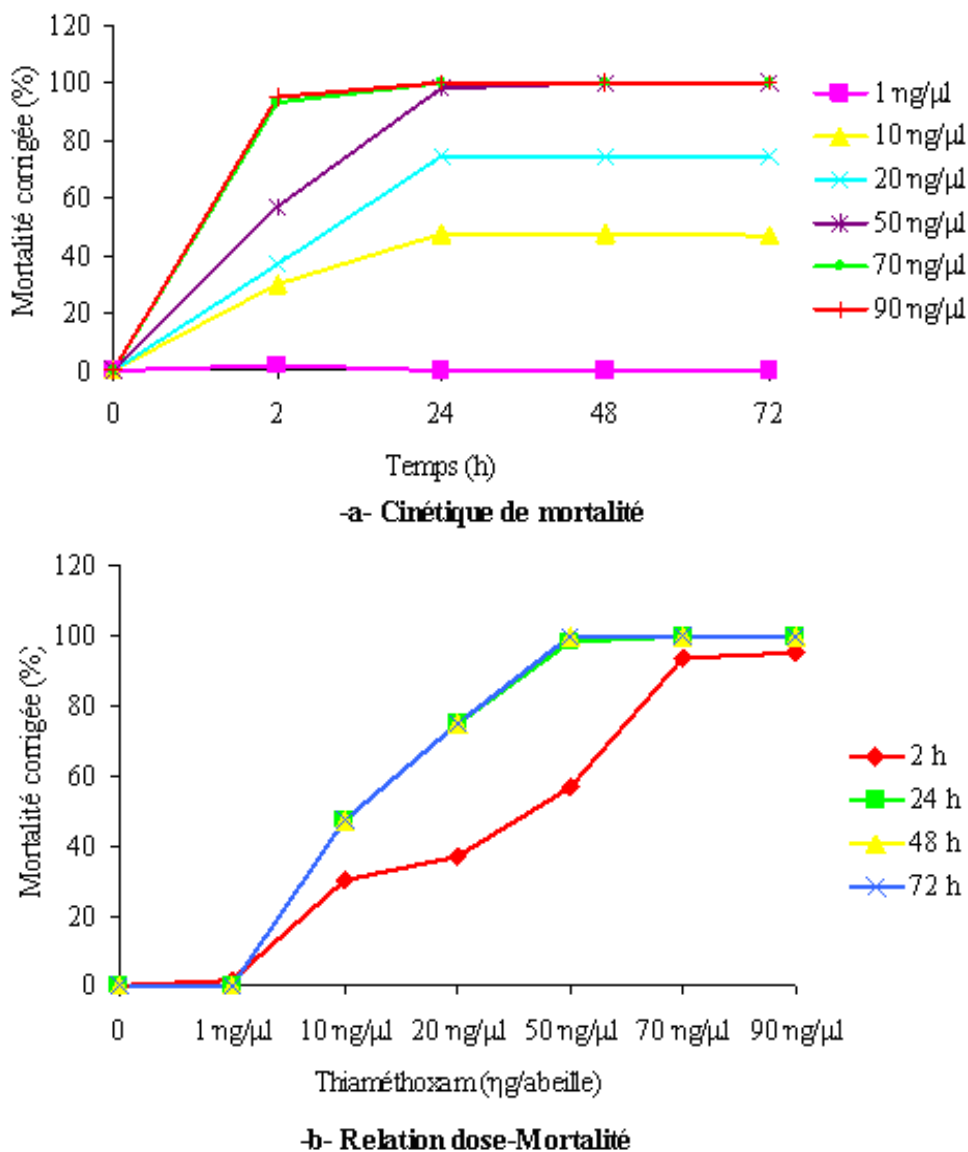
Les résultats de toxicité aiguë par ingestion, obtenus lors de dénombrement après traitement à base de thiaméthoxam, sont représentés dans le tableau I.

**Tableau I.-**Toxicité de Thiaméthoxam vis-à-vis des lots d'abeilles *Apis mellifera sahariensis*

Doses (ng\µl)	Log Dose	Temps (heure)	Mortalité brute (%)	Mortalité corrigée (%)	Probits
D <sub>1</sub> = 1	0	24	1,65	0	-
		48	1,65	0	-
		72	1,65	0	-
D <sub>2</sub> = 10	1	24	48,3	47,43	4,93
		48	48,3	47,43	4,93
		72	48	47,13	4,93
D <sub>3</sub> = 20	1,30	24	75	74,58	5,66
		48	75	74,58	5,66
		72	75	74,58	5,66
D <sub>4</sub> = 50	1,70	24	98,3	98,27	7,13
		48	100	100	8,09
		72	100	100	8,09
D <sub>5</sub> = 70	1,85	24	100	100	8,09
		48	100	100	8,09
		72	100	100	8,09
D <sub>6</sub> = 90	1,95	24	100	100	8,09
		48	100	100	8,09
		72	100	100	8,09
Témoin	-	24	1,65	-	-
		48	1,65	-	-
		72	1,65	-	-

Au bout de 24h de traitement, les doses D<sub>4</sub> et D<sub>5</sub> ont donné les taux de mortalité les plus importants (100%).

Pour la dose la plus faible D2, le taux de mortalité corrigée le plus élevé (47,43%) a été enregistré 24 h après traitement. La cinétique de mortalité et la relation dose-mortalité sont représentées respectivement sur la figure 4.



**Figure 4.-** Toxicité orale aiguë du Thiaméthoxam chez l'abeille *Apis mellifera sahariensis* (a : la mortalité des abeilles est suivie à différents temps pour une dose donnée du thiaméthoxam : 1, 10, 20, 50, 70 et 90 ng/μl, b : la mortalité corrigée correspond à la mortalité des abeilles intoxiquées par le thiaméthoxam corrigée en relevant la mortalité des abeilles ayant ingéré uniquement une solution de saccharose)

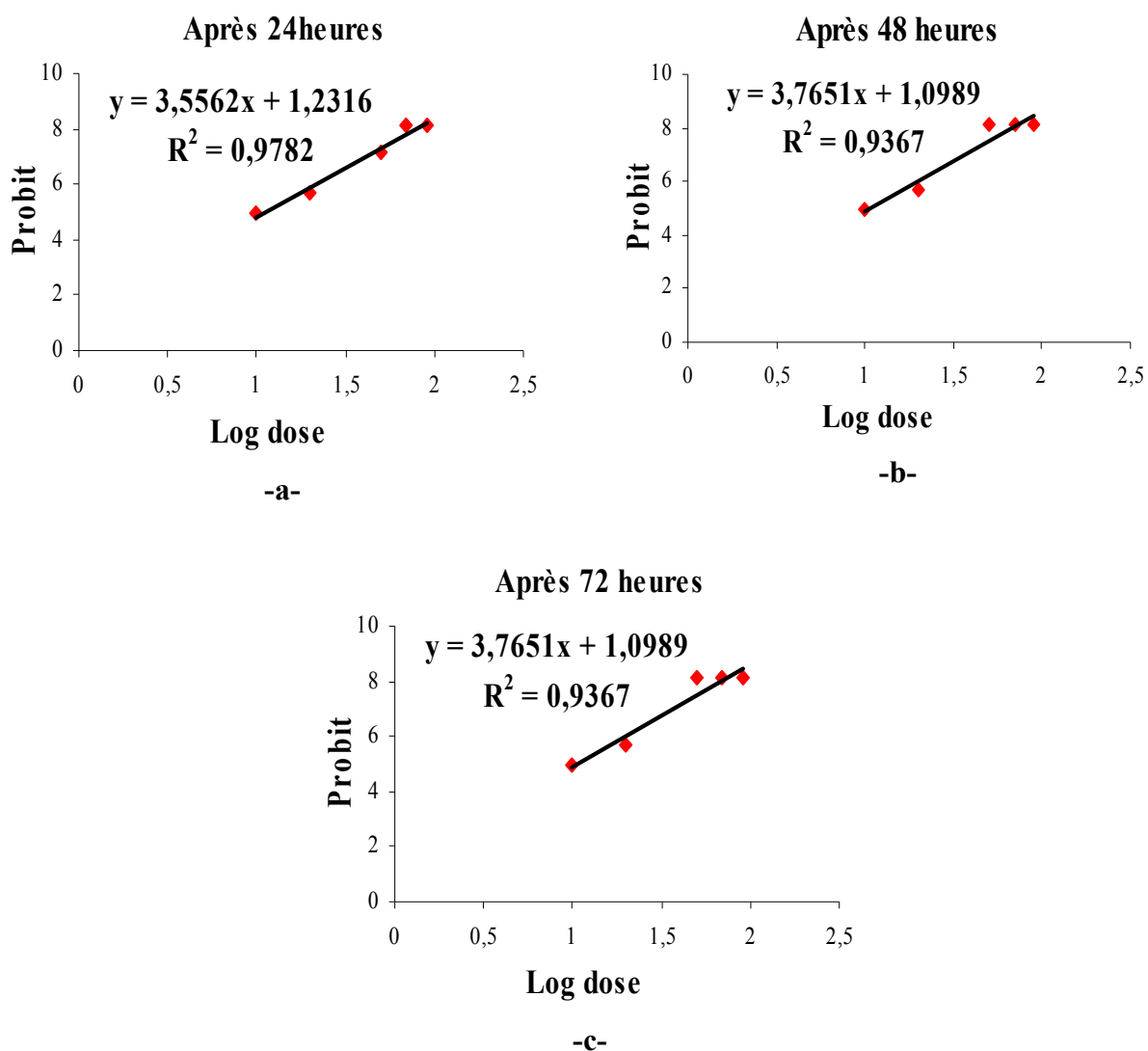
### 3.3.- Détermination de la DL<sub>50</sub>

Les valeurs de DL<sub>50</sub> sont obtenues à partir des droites de régression représentées sur la figure 5. Le tableau II récapitule les analyses de l'effet des doses croissantes d'insecticide sur le taux de mortalité des lots d'abeilles.

**Tableau II.-** Récapitulatif des analyses de l'effet des doses testées sur le taux de mortalités des lots d'abeilles

Temps (heures)	Équation de droite	DL <sub>50</sub> (ng/μl)	Lim inf.<DL50 < Lim sup. (ng/μl)	R
24	$y = 3,5562x + 1,2316$	11,47	10 < 11,47 < 20	0,98903994
48	$y = 3,7651x + 1,0989$	10,86	10 < 10,86 < 20	0,96783263
72	$y = 3,7651x + 1,0989$	10,86	10 < 10,86 < 20	0,96783263

D'après le tableau ci-dessus, on remarque que les DL<sub>50</sub> obtenues par le thiaméthoxam sont de l'ordre de 11,47 ng/μl, 10,86 ng/μl et 10,86 ng/μl respectivement après 24h, 48h et 72h traitement aux différentes doses. Elles sont situées entre les doses D2 et D3.



**Figure 5.-** Droites de régression de thiaméthoxame en fonction des doses respectivement après 24h (a), 48h (b) et 72h (c)

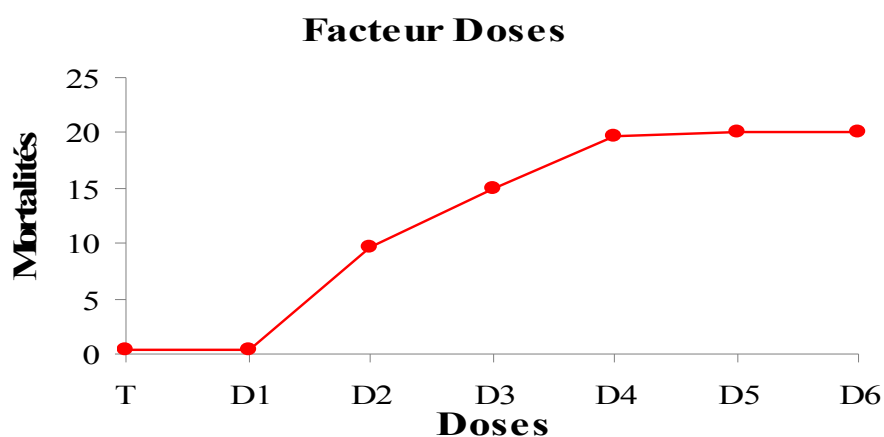


**Tableau 3.-** Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	1419,905	236,651	<b>81,470</b>	<b>&lt; 0,0001</b>
Résidus	14	40,667	2,905		
Total	20	1460,571			

L'analyse de la variance révèle que la différence est très hautement significative à 5%. Il y a une relation proportionnelle entre la dose de thiaméthoxam administrée et la mortalité observée.

La figure 6 laisse apparaître que la mortalité est caractérisée par un échelon. De même, une différence est observée entre la mortalité observée chez le lot témoin qui est très faible par rapport aux lots traités.

**Figure 6.-** Graphique des moyennes

Les principales étapes de l'évaluation des risques écotoxicologiques pour l'abeille comprennent des essais de toxicité aiguë qui permettent le calcul d'une valeur de référence, la dose létale qui tue 50% des individus ou la  $DL_{50}$  [6].

Les courbes de mortalité en fonction de la dose (fig. 4a) montrent que plus la dose augmente plus la mortalité est élevée. Il existe donc une relation directement proportionnelle entre la dose de thiaméthoxam administrée et la mortalité observée. De plus, il est à noter que la mortalité évolue au cours du temps jusqu'à atteindre son maximum pour chaque dose au bout de 24 heures.

A partir de ces courbes, il est possible d'extraire des valeurs toxicologiques intéressantes, la  $DL_{80}$ , la  $DL_{50}$  et la  $DL_{20}$ . Toutefois, la  $DL_{50}$  est très importante, car c'est sur elle que repose la première phase de l'évaluation de la toxicité d'un produit phytopharmaceutique pour l'abeille.

Les doses létales sont obtenues à partir des droites de régression présentées sur la figure 5. A partir de 24 heures, ces doses sont stables.

La figure 4b représente la cinétique de la toxicité orale aiguë du thiaméthoxam chez l'abeille saharienne *Apis mellifera sahariensis*, l'aspect de cette cinétique est classique, plus la dose de thiaméthoxam est élevée et plus la mortalité apparaît rapidement, pour la plus forte dose, le

maximum, qui est dans ce cas 100%, est déjà atteint lors du premier contrôle. Dans le cas du thiaméthoxam, il n'y a pas de mortalité retardée, ce dernier doit donc agir selon un mécanisme d'action différent ce qui a été confirmé par Cerruti [7], qui a obtenu une DL50 de 13ng/abeille (en utilisant la race *Apis mellifera mellifera*), alors que pour l'imidaclopride la mortalité est retardée, le maximum n'est pas toujours atteint au bout de 96h [5].

La toxicité aigue de thiaméthoxam est caractérisée par la rapidité d'apparition des symptômes de neurotoxicité, alors que la mortalité ne survient qu'une heure voir 2 heures après l'intoxication orale des abeilles. Ce phénomène est observé chez *Apis mellifera sahariensis* et est encore plus prononcé chez *Apis mellifera intermissa*.

Chez l'abeille domestique, le thiaméthoxam est plus toxique par voie orale que par contact, ce qui est différent de la plupart des insecticides, ce qui est aussi observé pour l'imidaclopride [8]. En effet, les insecticides tels que les pyréthrinoïdes comme la deltaméthrine ou les organophosphates, comme le chlorpyrifos présentent une toxicité plus importante après contact direct qu'après ingestion chez les abeilles (Smart et Stevenson, 1982; Mishra et Verma, 1982 cités par Rafalimanana [9], et Suchail *et al* [5])

Selon l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire de Santé Canada (2007)[8], la DL50 aiguë du thiaméthoxam par voie orale pour l'abeille domestique, *Apis mellifera*, est de 5 ng/ $\mu$ l et la DL50 aiguë par contact pour la même espèce, est de 24 ng / $\mu$ l. ce qui confirme qu'il a une différence de sensibilité entre les races étudiées Algérienne et Canadienne, en se sens que l'abeille Algérienne est plus résistante, et ceci pourrait être due à la variation de la capacité de détoxification.

En effet, dans la plupart des cas, lorsqu'un xénobiotique (substance étrangère à l'organisme considéré) pénètre dans un organisme, ce dernier essaie de l'éliminer en changeant sa structure moléculaire pour le rendre plus soluble et donc plus facilement excrétable. Cette métabolisation conduit en général à la formation de métabolites moins toxiques, mais, elle peut aussi dans certains cas, aboutir à la formation de métabolites toxiques voir plus toxiques que le produit parent.

Ainsi, la nature des voies de dégradation mises en jeu dans la métabolisation du thiaméthoxam peut influencer grandement sa toxicité et entraîner une sensibilité variable au thiaméthoxam des abeilles d'une saison à l'autre.

Néanmoins, quelles que soient la génération d'abeilles utilisées, la toxicité du thiaméthoxam est extrêmement élevée.

En ce qui concerne le temps dans l'évaluation de la toxicité, il a été observé que celui -ci n'avait aucun effet, c'est-à-dire que quelque soit le temps, la toxicité est importante.

#### 4.- Conclusion

L'étude toxicologique approfondie des produits phytopharmaceutique avant leur homologation et leur mise sur le marché s'avère essentielle pour diminuer leur impact sur les abeilles et les autres insectes utiles. De plus, il est aussi nécessaire de réunir un ensemble de connaissances approfondies sur les mécanismes d'action des substances actives et de leur métabolites non seulement en toxicité aigue, mais aussi en toxicité subchronique afin d'établir les bases indispensables à l'amélioration de procédures d'évaluation du risque écotoxicologique.

L'étude de la toxicité aigue de thiaméthoxam a permis de mettre en évidence des caractéristiques importantes.

L'une de ces caractéristiques est la différence de sensibilité des abeilles au thiaméthoxam selon la voie de pénétration du toxique.

Chez *Apis mellifera sahariensis*, le thiaméthoxam est plus toxique par voie orale que par contact, ce qui n'est pas observé avec la plupart des insecticides.

Au vu du danger lié à cet insecticide, il ne doit pas être utilisé en pleine floraison, pour limiter les risques d'intoxications des abeilles. De plus la caractéristique de la toxicité aigue de thiaméthoxam, est la rapidité d'apparition des symptômes de neurotoxicité et, la mortalité ne survient que 2 heures après l'intoxication des abeilles.

### Références bibliographiques

[1].- Dibos C., 2005.- Toxicité du thiaméthoxam chez l'abeille domestique *Apis mellifera* L. Toxicité aigue et subchronique et sensibilisation par une exposition préalable. Master 1. Univ. Avignon et des Pays des Vaucluse, UFR sciences, 22p.

[2].- Ratia G., 2009.- Toxicité subchronique de l'imidaclopride et de ses métabolites chez l'abeille domestique *Apis mellifera*. Un article de [www.beekeeping.com](http://www.beekeeping.com).

[3].- CEB, 1995.- Méthode de laboratoire d'évaluation des effets de toxicité aigue orale et de contact des préparations phytopharmaceutiques chez l'abeille domestique *Apis mellifera* L. Méthode, N° 95, 8p.

[4].- Abbot W. S., 1925.- A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol., 18 :265-267.

[5].- Suchail S., Belzunces L. P. et Vaissière B. E., 2003.- Toxicité aigue de l'imidaclopride et de ses métabolites chez l'abeille domestique *Apis mellifera*. Abeilles et Fleurs, N°643: 27-30

[6].- Pham-Delègue, 2002.- Impact de plantes transgéniques et de produits phytosanitaires sur l'abeille. <http://www.inra.fr/spe/dossier/csientifiques/abeille.html> (page consultée le 18/11/2007).

[7].- Cerruti N., 2006.- Effets sublétaux d'un insecticide néonicotinoïde, le thiaméthoxam, chez l'abeille domestique *Apis mellifera* L. Ing. Trav. Pub., Univ. Avignon et des Pays des Vaucluse, UFR sciences, 23p.

[8].- Suchail S. 2001.- Etude pharmacocénétique et pharmacodynamique de la létalité induite par l'imidaclopride et ses métabolites chez l'abeille domestique (*Apis mellifera* L.). Thèse Doct., univ. Claude Bernard, Lyon 1, 166p.

[9].- Rafalimanana H. J., 2003.- Evaluation des effets d'insecticides sur deux types d'hyménoptères auxiliaires des cultures, l'abeille domestique (*Apis mellifera* L.) et des parasitoïdes de pucerons : études de terrain à Madagascar et de laboratoire en France. Thèse Doc., Inst. Nat. Agro., Paris –Grignon., 300p.