

Article

Les risques des pesticides Néonicotinoïdes autorisés en Algérie sur les pollinisateurs

Farida Bettiche*, Khalila Bengouga, Nacima Diab, Nourelhouda Bakroune, Afra Djoghma, Hadjer Guesmia, Haroun Fadlaoui, Nora Salemkour, Insaf Zaabta, Warda Chaib, Halima Mancer, Milad Zohra Rechachi and Houria Rouahna

Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA), Biskra 07000, Algérie.

* Correspondence: farida.bettiche@gmail.com

Résumé : La production agricole assurant la sécurité alimentaire dépend impérativement des pollinisateurs. Cependant, le risque du déclin de ces derniers à cause de l'usage des pesticides menace la sécurité et la durabilité alimentaire et environnementale. Les néonicotinoïdes, classe chimique d'insecticides bannies en Europe à cause de leur relation possible à ce déclin sont toujours autorisés en Algérie. Le présent travail comporte 1) un volet enquête des substances actives (SA) rapportés d'usage par les agriculteurs au Ziban, 2) l'étude des risques des SA néonicotinoïdes envers les abeilles à travers l'usage de la Pesticides Properties DataBase (PPDB). Le thiaméthoxame semble la SA la plus toxique pour les abeilles, suivi par l'imidaclopride, l'acétamipride et le thiaclopride. Les néonicotinoïdes doivent donc être retirés de l'homologation algérienne et interdits d'importation. Aussi, des observatoires, des réseaux et des programmes de recherche doivent être initiés pour l'étude, le suivi et la préservation des pollinisateurs et de leurs milieux.

Mots clés : sécurité alimentaire ; agriculture ; *Apis spp* ; pesticides ; thiaméthoxame ; Ziban

Received: 17 may 2023
Accepted: 04 June 2023

Citation : Bettiche, F. et al., Les risques des pesticides Néonicotinoïdes autorisés en Algérie sur les pollinisateurs. *Journal Algérien des Régions Arides* 2023, 16 (1) : 68–74.

Publisher's Note: ASJP is an electronic publishing platform for Algerian scientific journals managed by CERIST, that is not responsible for the quality of content posted on ASJP.



Copyright: © 2022 by the CRSTRA. Algerian Journal of Arid Regions is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 (CC BY NC) license.

1. Introduction

La sécurité alimentaire dépend initialement de la production agricole (locale ou importée). Cette dernière est rendue possible grâce, en grande partie, à la pollinisation. Effectivement, Klein et al., (2007) [1] ont constaté que la production de fruits, de légumes ou de semences de 87 des principales cultures vivrières mondiales dépend de la pollinisation animale. Quoiqu'en termes de volumes de production mondiaux seule 35 % des cultures dépendent des pollinisateurs. Ces derniers jouent donc un rôle primordial dans la sécurité alimentaire [2]. Cependant, les insectes pollinisateurs des cultures et des plantes sauvages sont menacés à l'échelle mondiale et leur déclin ou perte pourrait avoir des désavantages économiques et environnementaux [3, 4, 2]. Parmi ces menaces figurent les pesticides surtout ceux de la famille chimique des néonicotinoïdes menaçant ainsi la sécurité alimentaire. Effectivement, les insecticides néonicotinoïdes ont été signalés comme un facteur important du déclin généralisé de la diversité et de l'abondance des pollinisateurs (abeilles) [5, 6]. Ainsi, leur utilisation sur les cultures de plein champ a été complètement interdite dans l'UE en 2018 [6]. Au niveau algérien, dans l'index phytosanitaire de 2015 [7] figure quatre substances actives (SA) appartenant aux néonicotinoïdes : l'Acétamipride, l'Imidaclopride, le Thiaclopride et le Thiaméthoxame, entrant dans la composition de 50 formulations commerciales insecticides [8]. Les cultures protégées sont parmi les plus consommatrices d'intrants chimiques (engrais et phytosanitaires). La région des Ziban est au premier rang de la production maraîchère de primeurs sous serre au niveau algérien et la tomate est en tête de cette production. Aussi, pour la production de cette dernière, les agriculteurs utilisent souvent des pollinisateurs (bourdons) surtout en serres canariennes [9]. Du fait de l'importance cruciale des pollinisateurs en agriculture, nous allons évoquer

dans la présente étude :1) l'importance de l'usage des substances actives (SA) pesticides sur les cultures maraîchères sous serres plastiques dans la région des Ziban à travers une enquête de terrain en se focalisant sur les SA appartenant à la famille des néonicotinoïdes et 2) les conséquences (l'écotoxicologie) des SA appartenant à cette famille sur les pollinisateurs à travers des bases de données et la littérature.

2. Matériels et Méthodes

Une enquête par questionnaire visant l'utilisation des pesticides sous serre a été conduite sur un échantillon constitué de 63 agriculteurs pris au hasard dans 6 communes (détenant les plus importantes superficies en serres plastiques) de la wilaya de Biskra pendant la campagne agricole 2013/2014, il s'agit de : M'Ziraa (MZ), Ain Naga (AN) et Sidi Okba (SO) côté Ziban Est ; d'El Ghrous (EG), Doucen (D) et Lioua (L) côté Ouest des Ziban. L'objectif étant de 1) lister les plus importantes matières actives pesticides utilisées par les agriculteurs enquêtés durant la même campagne ; puis déterminer les usages et les spécialités commerciales correspondantes de ces SA à partir de l'index phytosanitaire algérien de 2015) [7] et, indiquer les familles chimiques d'appartenance grâce à deux bases de données : The pesticides properties database (PPDB) [10] et The biopesticide database (BPDB) [11]. Aussi, 2) Discuter, pour le présent travail, les effets des SA appartenant à la classe chimique des néonicotinoïdes (Est parmi la liste qui sera établie), sur les abeilles (*Apis spp*) d'après ces bases de données et la littérature.

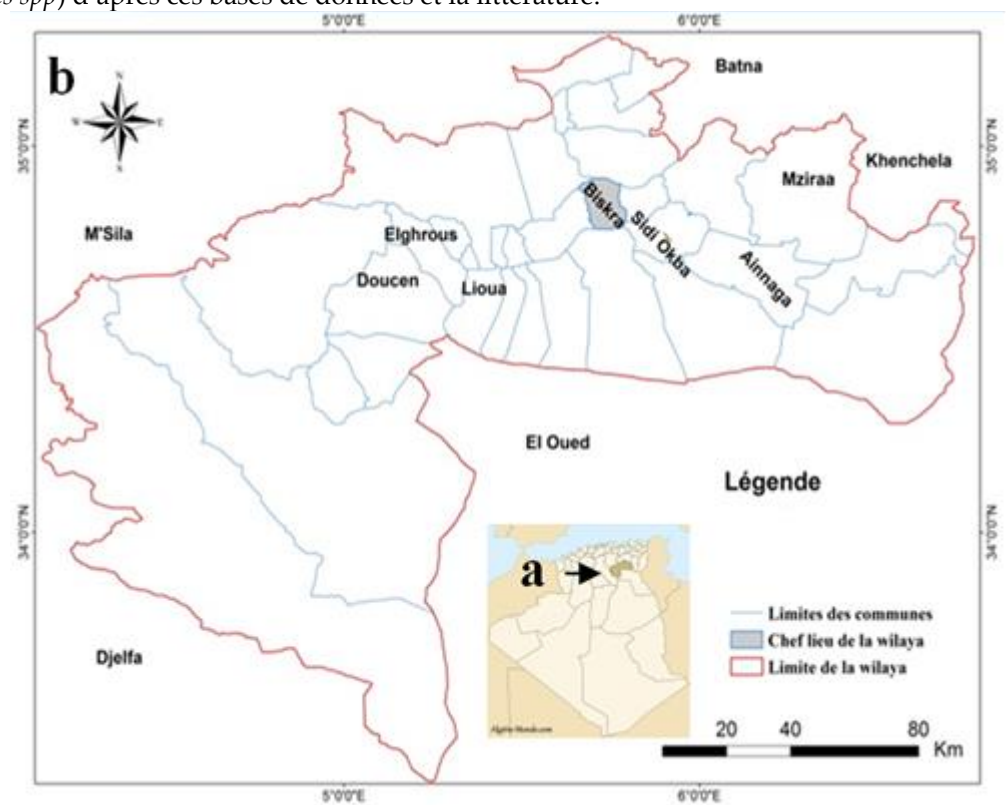


Figure 1. Les Ziban (Biskra, ancien découpage administratif) : a) Situation géographique et b) localisation des six communes des agriculteurs enquêtées [12].

3. Résultats et Discussion

Un nombre de 105 spécialités commerciales correspondant à 60 substances actives (SA) appartenant à environ 28 familles chimiques a été rapporté par les agriculteurs enquêtés (tableau 1). Les dix familles chimiques auxquelles appartiennent les SA les plus rapportées par les agriculteurs sont : 1) les avermectines, 2) les néonicotinoïdes, 3) les triazoles, 4) les carbamates, 5) les pyréthrinoides de synthèse, 6) les organophosphorés, 7) les organochlorés, 8) les oxadiazines, 9) les benzimidazoles et 10) les strobilurines.

Les néonicotinoïdes (chloronicotinyles) sont parmi les insecticides les plus efficaces pour le contrôle des insectes suceurs tels que les pucerons et les aleurodes [13]. Dans son

étude, Bettiche (2017)[12]a trouvé que pour lutter contre ces derniers ravageurs, quelques agriculteurs procédaient, parfois, à des mélanges d'« Acétamipride/acétamipride » correspondant à 2 différentes formulations commerciales qui sont « Mospilate/Vapcomor ». Selon Goulson, (2013)[14], Les insecticides à base de néonicotinoïdes sont les insecticides les plus vendus dans le monde et représentaient en 2010 un tiers du marché mondial des insecticides[6].

Dans le cas présent des déclarations d'enquête, les néonicotinoïdes sont représentés par quatre SA à savoir : l'acétamipride, l'imidaclopride, le thiamethoxam et le thiaclopride (par ordre d'importance du nombre de déclarations) (tableau 1). L'acétamipride (19 FC) et l'imidaclopride (16 FC) sont utilisées dans la fabrication de 70% des Formulations Commerciales (FC) existantes au sein de l'index phytosanitaire Algérien de 2015 [8].

Tableau 1. Familles chimiques des pesticides déclarés par les agriculteurs enquêtés des six communes, les formulations commerciales dans lesquelles les matières actives entrent comme composantes, les usages de ces dernières et le nombre d'agriculteurs ayant déclaré l'usage de ces FC.

Familles chimiques (le chiffre entre parenthèse représente le nombre de SA par famille)	Formulations commerciales (FC) 3)*	Substances actives (SA)	Usage	Nombre de déclaration/63 agriculteurs
Acétamide (1)	Curzate M*, Cuprosate Gold**	Cymoxanil	F	15
Anthranilic diamide (1)	Coragen, VoliamTargo*	Chlorantraniliprole	I	12
Anilinopyrimidine (1)	Switch*, Chorus	Cyprodinil	F	5
Avermectine (2)	Vertimec, Transact, Zoro, Voliam Targo, Abamectin, Tina, Abanutina, Vapcomic, Medamec	Abamectine	A, I	58
	Proact, Proclaim,	Emamectin benzoate,	I	15
Benzamide (1)	Electis	Zoxamide	F	1
Benzimidazole (2)	Majestin,	Carbendazim	F	5
	Pelt, Methylthiophanate, Vapcotop,	Methylthiophanate	F	11
Carbamate (7)	Mancozèbe, Curzate M, Ridomil Gold*, Cuprosate Gold, Electis*, Fortune*	Mancozèbe,	F	13
	Mantop, Cuprosan**	Manèbe	F	7
	Lannate, Methomyl	Méthomyl	I	3
	Vydate,	Oxamyl	I	1
	Prevecur*,	PropamocarbHCl	F	4
	Propicone, Antracol	Propinèbe	F	6
	Toutia, Cuprosan	Zinèbe	F	4
Carboxamide (1)	Hexyzox,	Hexythiazox	A	2
Chloronitrile (1)	Bravo, Folio Gold*, Priori Opti*	Chlorothalonil	F	5
Diacylhydrazine (1)	Topgun	Tebufenozide	I	2
Dicarboximide (1)	Ippon,	Iprodione	F	2
Dinitrophénol (1)	Sabithane	Dinocap	F	1
Formamidine (1)	Mitac, Bey Bey, Rotraz	Amitraz	A	9
	Mospilan,	Acetaplan,	I	33
	Picador, Mospilate,	Vapcomor,		
Néonicotinoïdes (4)	Rustilan, wide			

Organochlorés (2)	Confidor, Comodor, Imidor, Imidaclopride	I	13
	Commando, Imiguard, Proteus, Calipso	I	2
	Actara, Engeo*	I	3
	Thiodan, Prosulfan, Spendos	I	16
Organophosphorés (4)	Rivafol, Dicofor	A	6
	Dursban,	I	13
	Diazinon	I	6
	Mocap	I	10
Oxadiazine (1)	Avaunt, Arizonate	I	21
	Tachigazole	F	2
Phénylamide (2)	Ridomil Gold, Fortune	F	9
	Folio Gold	F	8
Phénylpyrrole (1)	Switch	F	4
Pyréthrinoides de synthèse (5)	Rufast	A	2
	Sherpa, Cypra, Arrivo,	I	11
	Decis, Proteus*	I	7
	Phoenix, Topgun, Engeo, Karaté,	I	11
	Rider	I	2
Quinoline (1)	Force	I	2
	Beltanol-L	F	4
Spinosyns (1)	Tracer,	I	3
Strobilurines (4)	Ortiva, Amistar, Priori Opti	F	10
	Stroby	F	1
	Opera Max*	F	2
	Flint,	F	3
Tetrazine (1)	Apollo	A	1
Triazole (8)	Vectra, Selectra	F	2
	Amistar*, Score,	F	9
	Opera Max	F	2
	Anvil, Hexar, Haxavil	F	7
	Sabithane*	F	1
	Topaze,	F	18
	Corail	F	1
	Bayfidan, Vidan, Trifidan	F	13
Non classées (1)	Evisect,	I	14
Composés inorganiques (3)	Cuprosate Gold, Bouillie Bordelaise	F	2
	Inacop, Kocide, Toutia, Cuprosan	F	7

	Soufre, Solfo Li	Soufre	F	2
Totaux : 28	105	60		

*Spécialités commerciales pesticides contenant 2 substances actives, ** Spécialités contenant 3 substances actives. I : insecticide, A : acaricide, F : fongicide, H : herbicide

3.1. Effet des néonicotinoïdes sur les pollinisateurs

Nous allons étaler quelques résultats d'études sur l'impact des SA déclarées par les agriculteurs à savoir : l'acétamipride, l'imidaclopride, le thiaclopride et le thiaméthoxame sur les pollinisateurs. Aussi, dans leur étude, Brandt et al., (2016)[15] suggèrent que les néonicotinoïdes (thiaclopride, imidaclopride, et clothianidin) affectent l'immunocompétence individuelle des abeilles mellifères, entraînant éventuellement une altération de la capacité de résistance aux maladies.

L'usage de l'acétamipride a été rapporté par 52 % des enquêtés et ce à travers 7 formulations commerciales (Tableau 1). Les résultats de El Hassani et al., (2008)[16] suggèrent une vulnérabilité particulière du comportement des abeilles aux doses sublétals de l'acétamipride. Par ailleurs, Shi et al., (2020)[17] ont constaté que l'acétamipride réduisait significativement la durée de vie, induisait une activité de butinage précoce, influençait le statut de jour de congé rotatif et diminuait les vols de butinage des abeilles ouvrières. Contrairement, les résultats de Brunet et al. (2005)[18] indiquaient une faible toxicité de l'acétamipride vis à vis de *Apis mellifera* L dû à son métabolisme rapide.

L'imidaclopride, interdit actuellement sur le plan européen, a été déclaré par environ 21 % des agriculteurs enquêtés à travers l'usage de 5 spécialités commerciales différentes (Tableau 1). Rappelons que l'imidaclopride est le plus important composé néonicotinoïde et le premier lancé par Bayer CropScience en 1991[13]. Aussi, côté analytique, pour la même campagne, des résidus d'imidachlopride ont été détectés sur les premiers 0-5 cm de sol dans le site d'El Ghrous[12] montrant l'importance de son utilisation. Dans le même contexte, les résultats de Bonmatin et al. (2005)[19] montrent la rémanence de l'imidaclopride dans les sols, sa remontée dans les plantes lors de la floraison et sa biodisponibilité dans les pollens et donc pour les abeilles. Dans chaque traitement, conduit par Medrzycki et al. (2003)[20], les abeilles étaient significativement moins mobiles et leur capacité de communication semblait altérée, ce qui pouvait entraîner une baisse du comportement social comparées aux abeilles du groupe témoin non traité. De même, Yang et al. (2008)[21] ont démontré que des doses sublétals d'imidaclopride pouvaient affecter le comportement de butinage des abeilles mellifères. À la lumière des observations de terrain réalisées sur les mortalités et les disparitions d'abeilles mellifères réalisés par Halm et al. (2006)[22], suite à la consommation de pollen et de nectar contaminés par l'imidaclopride, les résultats mettaient en évidence un risque pour toutes les catégories d'abeilles mellifères, en particulier pour les abeilles domestiques.

Le thiaméthoxame et le thiaclopride ont été déclarés par seulement 3 et 2 agriculteurs respectivement et avec 2 FC chacun (Tableau 1). Aussi, malgré le fait qu'elles existent dans l'index phytosanitaire Algérien de 2015, ces 2 SA sont non approuvées sur le plan européen (selon the PPDB) [10]. Dans l'étude de Strobl et al. (2021)[23], toutes les concentrations sublétals de thiaméthoxame testées sur les abeilles solitaires *Osmia cornuta* ont réduit la quantité de sperme jusqu'à 57 % et la viabilité à 42 % en moyenne, révélant un mécanisme plausible de déclin de la population de ces dernières constituant une préoccupation réelle. Dans une autre étude, après l'exposition des stades larvaires des abeilles mellifères à différentes concentrations de thiaméthoxame dans les aliments une réduction de la survie des larves et des pupes est survenue ce qui a diminué le pourcentage d'abeilles mellifères émergentes [24].

De plus, les résultats de Brandt et al. (2016)[15] suggéraient que les néonicotinoïdes (thiaclopride, imidaclopride, et clothianidin) sont capables d'affecter l'immunocompétence individuelle des abeilles mellifères, entraînant éventuellement une altération de la capacité de résistance aux maladies. Tison et al. (2017)[25] ont montré, en condition de laboratoire (et sur terrain), que le thiaclopride, présente un risque substantiel pour les

abeilles mellifères en perturbant les fonctions d'apprentissage et de mémoire. Il semblerait également d'après les données du tableau 2 indiquant les valeurs des doses létales DL_{50} des 4 SA donc des doses causant la mort de la moitié d'une population testée (plus la DL_{50} est faible, plus la substance active est toxique et vice versa), que le thiaméthoxame est le plus toxique pour les abeilles (*Apis spp.*) suivi par l'imidaclopride, tous deux rapportés à écotoxicité élevée vient ensuite l'acétamipride et enfin le thiaclopride à toxicité modérée, le thiaclopride étant le moins toxique des 4 SA.

Tableau 2. Ecotoxicologie des quatre substances actives néonicotinoïdes rapportées par les agriculteurs par rapport à l'abeille (*Apis mellifera*) (Source : PPDB) [10]*

Substances actives	Propriété	Valeur ($\mu\text{g}/\text{abeille}$)	Pollinisateur	Ecotoxicologie
Acétamipride	LD_{50}^{**} aiguë par	8.09	<i>Apis mellifera</i>	Modérée
Imidaclopride	contact (pire cas à	0.081		Elevée
Thiaméthoxame	partir des valeurs de	0.024		Elevée
Thiaclopride	24, 48 et 72 heures - $\mu\text{g abeille}^{-1}$)	38.82		Modérée

Note : *PPDB consulté le 10/02/2022 à 21h ; ** LD_{50} : utilisée en toxicologie, il s'agit de la dose létale médiane (LD_{50} , abréviation de "Lethal Dose, 50 %") d'une substance toxique et de la dose nécessaire pour tuer la moitié de la population testée. Les chiffres de la DL_{50} sont fréquemment utilisés comme indicateur général de la toxicité aiguë d'une substance.

4. Conclusions

À l'heure actuelle, au niveau algérien, quatre substances actives insecticides de la famille des néonicotinoïdes demeurent autorisées, à savoir le thiaméthoxame, l'imidaclopride, le thiaclopride et l'acétamipride. Pourtant, seule l'acétamipride est encore autorisée au niveau européen. Aussi, l'acétamipride est la SA qui compte le plus de formulations commerciales et elle est déclarée d'usage par plus de la moitié des agriculteurs enquêtés dans notre étude (Ziban). Cependant, selon the PPDB, l'acétamipride n'est pas la SA la plus toxique pour les abeilles. Dans la région des Ziban, premier bassin de production de primeurs maraîchères sous serre au niveau nationale, le risque des pesticides en général et celui des néonicotinoïdes en particulier envers les pollinisateurs qu'ils soient industriels (bourdons pollinisateurs), domestique et/ou sauvages (abeilles et bourdons) est réel. L'identification, la protection et la surveillance de ces pollinisateurs est indispensable pour le maintien de l'agriculture pilier de la sécurité alimentaire. Pour garantir la sécurité alimentaire au niveau locale et national, il faudrait impérativement protéger les pollinisateurs du déclin et ce à travers la minimisation si ce n'est l'interdiction du recours aux pesticides chimiques de synthèse, en particulier les néonicotinoïdes comme il se fait ailleurs dans le monde par une législation rigoureuse. Par ailleurs, il faudrait sensibiliser et responsabiliser les agriculteurs quant aux bonnes pratiques phytosanitaires et les apiculteurs quant à l'emplacement de leurs ruches d'abeille à travers des moyens de communication à large et répétitive diffusion (ex. réseaux sociaux). La création d'aires protégées à plantes mellifères entourées de zones tampons serait une bonne initiative au profit des apiculteurs. Il faudrait également multiplier les recherches et études sur l'identification et la dynamique de l'entomofaune (utile) pour amender une base de données nationale (à créer) pouvant détecter les variations d'augmentation/de diminution des espèces (diversité/richeesse). Cette base de données nationale serait enrichie par les chercheurs et mise à leur disposition. Les recherches doivent également continuer pour la simplification des techniques analytiques de détection des résidus de pesticides dans la microfaune.

Références

1. Klein, A. M.; Vaissière, B. E.; Cane, J. H.; Steffan-Dewenter, I.; Cunningham, S. A.; Kremen, C.; & Tscharntke, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. In Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 2007, 274(1608). 303–313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
2. Patel, V.; Pauli, N.; Biggs, E.; Barbour, L.; & Boruff, B. Why bees are critical for achieving sustainable development. *Ambio*, 2021, 50(1), 49–59. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01333-9>

3. Vanbergen, A. J.; Garratt, M. P.; Vanbergen, A. J.; Baude, M.; Biesmeijer, J. C.; Britton, N. F.; Brown, M. J. F.; Brown, M.; Bryden, J.; Budge, G. E.; Bull, J. C.; Carvell, C.; Challinor, A. J.; Connolly, C. N.; Evans, D. J.; Feil, E. J.; Garratt, M. P.; Greco, M. K.; Heard, M. S.; Wright, G. A. Threats to an ecosystem service: Pressures on pollinators. *Front Ecol Environ*, 2013 11(5), 251–259. <https://doi.org/10.1890/120126>
4. Van der Sluijs, J. P.; & Vaage, N. S. Pollinators and global food security: the need for holistic global stewardship. *Food ethics*, 2016, 1, 75-91.
5. Blacquièrre, T.; Smagghe, G.; Van Gestel, C. A. M.; & Mommaerts, V. Neonicotinoids in bees: A review on concentrations, side-effects and risk assessment. *Ecotoxicology*, 2012, 21(4), 973–992. <https://doi.org/10.1007/s10646-012-0863-x>
6. Sgolastra, F.; Medrzycki, P.; Bortolotti, L.; Maini, S.; Porrini, C.; Simon-Delso, N.; & Bosch, J. Bees and pesticide regulation: Lessons from the neonicotinoid experience. *Biol. Conserv.*, 2020, 241(June 2019), 108356. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108356>
7. DPVCT. Index des produits phytosanitaires à usage agricole, Juillet 2015. Direction de la protection des végétaux et des contrôles techniques. 2015. http://www.inpv.edu.dz/institut/wpcontent/uploads/2016/03/INDEX_PRODUIITS_PHYTO_2015.pdf
8. Bettiche, F.; Chaib, W.; Halfadji, A.; Mancer, H.; Bengouga, K.; & Grunberger, O. The human health problems of authorized agricultural pesticides: The Algerian case. *microb. biosyst. j.*, 2020, 5(2), 69–82. <https://doi.org/10.21608/mb.2021.71824.1031>
9. Bencheikh, A.; Nourani, A.; & Chabaca, M. N. Sustainability evaluation of agricultural greenhouse structures in southern of Algeria using AHP, case of study: Biskra province. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 2017, 19(1), 56-64.
10. Pesticide PropertiesDatabase (PPDB) :<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm> (10/02/2022)
11. Bio-Pesticides DataBase (BPDB):<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/bpdb/index.htm> (10/02/2022)
12. Bettiche, F. Usages des produits phytosanitaires dans les cultures sous serres des Ziban (Algérie) et évaluation des conséquences environnementales possibles. PhD thesis, Mohamed Khider University, Biskra, 2017.
13. Elbert, A.; Haas, M.; Springer, B., Thielert, W.; & Nauen, R. Mini-review Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection. *Pest Manag*, 2008, 64, 1099–1105. <https://doi.org/10.1002/ps>.
14. Goulson, D. An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *J Appl Ecol*, 2013, 50(4), 977–987. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12111>.
15. Brandt, A.; Gorenflo, A.; Siede, R.; Meixner, M.; & Büchler, R. The neonicotinoids thiacloprid, imidacloprid, and clothianidin affect the immunocompetence of honey bees (*Apis mellifera* L.). *J. Insect Physiol.*, 2016, 86, 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.jinphys.2016.01.001>.
16. El Hassani, A. K.; Dacher, M.; Gary, V.; Lambin, M.; Gauthier, M.; & Armengaud, C. Effects of sublethal doses of acetamiprid and thiamethoxam on the behavior of the honeybee (*Apis mellifera*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol*, 2008, 54(4), 653–661. <https://doi.org/10.1007/s00244-007-9071-8>.
17. Shi, J.; Zhang, R.; Pei, Y.; Liao, C.; & Wu, X. Exposure to acetamiprid influences the development and survival ability of worker bees (*Apis mellifera* L.) from larvae to adults. *Environ. Pollut.*, 2020, 266, 115345. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115345>.
18. Brunet, J. L.; Badiou, A.; & Belzunces, L. P. In vivo metabolic fate of [14C]-acetamiprid in six biological compartments of the honeybee, *Apis mellifera* L. *Pest Manag. Sci.*, 2005, 61(8), 742–748. <https://doi.org/10.1002/ps.1046>.
19. Bonmatin, J.; Moineau, I.; Charvet, R.; Colin, M.; Fleche, C.; & Bengsch, E. Behaviour of Imidacloprid in Fields. Toxicity for Honey Bees. *Environ. Chem.*, 2005, January, 483–494. <https://doi.org/10.1007/3-540-26531-7>.
20. Medrzycki, P.; Porrini, C.; Montanari, R.; Bortolotti, L.; Sabatini, A. G.; & Maini, S. Effects of imidacloprid administered in sublethal doses on honey bee behaviour. Laboratory tests. *Bull. Insectology*, 2003, 56(January), 59–62. https://www.researchgate.net/publication/242525057_Effects_of_imidacloprid_administered_in_sub-lethal_doses_on_honey_bee_behaviour_Laboratory_tests.
21. Yang, E. C.; Chuang, Y. C.; Chen, Y. L.; & Chang, L. H. Abnormal Foraging Behavior Induced by Sublethal Dosage of Imidacloprid in the Honey Bee (Hymenoptera: Apidae). *J. Econ. Entomol.*, 2008, 101(6), 1743–1748.
22. Halm, M. P., Rortais, A., Arnold, G., Taséi, J. N., & Rault, S. New risk assessment approach for systemic insecticides: The case of honey bees and imidacloprid (Gaucho). *Environ. Sci. Technol*, 2006 40(7), 2448–2454. <https://doi.org/10.1021/es051392i>.
23. Strobl, V.; Albrecht, M.; Villamar-Bouza, L.; Tosi, S.; Neumann, P.; & Straub, L. The neonicotinoid thiamethoxam impairs male fertility in solitary bees, *Osmia cornuta*. *Environ. Pollut.*, 2021, 284(April), 117106. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117106>.
24. Tavares, D. A.; Dussaubat, C.; Kretzschmar, A.; Carvalho, S. M.; Silva-Zacarin, E. C. M.; Malaspina, O.; Bérail, G.; Brunet, J. L.; & Belzunces, L. P. Exposure of larvae to thiamethoxam affects the survival and physiology of the honey bee at post-embryonic stages. *Environ. Pollut.*, 2017, 229, 386–393. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.05.092>.
25. Tison, L.; Holtz, S.; Adeoye, A.; Kalkan, Ö.; Irmisch, N. S.; Lehmann, N.; & Menzel, R. Effects of sublethal doses of thiacloprid and its formulation Calypso® on the learning and memory performance of honey bees. *J. Exp. Biol.*, 2017, 220(20), 3695–3705. <https://doi.org/10.1242/jeb.154518>.