

Outre les nombreux facteurs de menace bien connus, une inquiétude commence à devenir de plus en plus pertinente pour les pollinisateurs : les produits issus des nanotechnologies. Les nanomatériaux sont constitués, entre autres, de carbone, de silicium ou de métaux (or, argent, aluminium, cadmium, sélénium, cérium, titane). Les propriétés physico-chimiques des matériaux peuvent changer selon l'échelle nanométrique et n'ont rien à voir avec les propriétés des matériaux à l'échelle macro ou microscopique. Il en est de même pour la toxicité de certains composants qui change même selon l'échelle nanométrique envisagée, ce qui révèle la complexité des évaluations. A titre d'exemple, « des nanoparticules d'oxyde d'aluminium de 2-4 nm induisent un effet toxique plus important sur les cellules que des particules de même nature mais plus grandes (40-47 nm) ». C'est un monde émergent encore mal connu et surveillé dont les applications sont déjà largement répandues sans que les conséquences sur l'environnement et la santé soient très claires.

On sait que certaines nanoparticules solubles libèrent des ions dans l'environnement, comme des ions de zinc ou d'argent par exemple. Ce n'est pas sans conséquence sur l'environnement¹⁵. Certains chercheurs ont déjà pointé des effets néfastes sur les bactéries, les invertébrés, les algues et autres organismes marins². Des chercheurs de l'université de Ljubljana en Slovénie ont récemment publié une étude apportant la preuve que les ions de zinc ingérés chroniquement par des abeilles ont un potentiel neurotoxique pouvant affecter la survie d'une colonie¹. Les ions de zinc sont massivement utilisés dans des produits de consommation courante comme les pigments de peinture, les composants de produits en caoutchouc, les cosmétiques, les additifs alimentaires, les médicaments, etc. Les chercheurs ont pris en compte trois groupes tests d'abeilles *Apis mellifera carnica* prélevées aléatoirement dans une ruche conduite dans des conditions commerciales standard. Un premier groupe d'abeilles a été nourri avec une solution aqueuse d'ions de zinc (Zn^{2+}). Un deuxième groupe a été nourri avec une suspension de nanomatériaux d'oxyde de zinc (ZnO NMS). Le troisième groupe était un groupe de contrôle. Les abeilles ont été exposées dix jours à ce traitement. Les chercheurs ont analysé une série de processus biochimiques. Dans le groupe soumis à l'alimentation contenant de l'oxyde de zinc (ZnO NMS), des conséquences neurologiques ont été observées.

Les groupes d'abeilles soumis à l'oxyde de zinc (ZnO NMS) et aux ions de zinc (Zn^{2+}) ont eu des déficiences métaboliques du fait de l'alimentation. Les besoins alimentaires des abeilles soumises aux ions de zinc (Zn^{2+}) se sont accrus. Les enzymes régulant les neurotransmetteurs ont augmenté leurs activités sous l'effet des nanoparticules de zinc (ZnO NMS et Zn^{2+}). Selon les scientifiques, leur potentiel toxique peut affecter la survie des colonies.

En Grande-Bretagne, une équipe de chercheurs de la Keele University et de la University of Sussex ont publié tout récemment le résultat de leurs recherches sur l'impact de l'aluminium sur les larves de bourdons³. Les études ont porté sur les larves de colonies butinant librement pour analyser l'impact de la contamination environnementale par l'aluminium. Les analyses révèlent que les 72 larves testées ont été fortement contaminées avec des valeurs d'aluminium entre 13,4 et 193,4 $\mu\text{g/g}$ de poids sec (moyenne : 51 $\mu\text{g/g}$ de poids sec). Les bourdons ont été fortement exposés à l'aluminium dans l'environnement. Comme l'on sait, les pollinisateurs, bourdons ou abeilles, sont extrêmement dépendants de leurs capacités cognitives. Or l'aluminium est une substance connue pour affecter ces capacités cognitives. L'implication de l'aluminium dans la maladie d'Alzheimer chez les humains n'est plus à prouver⁵. Pour les

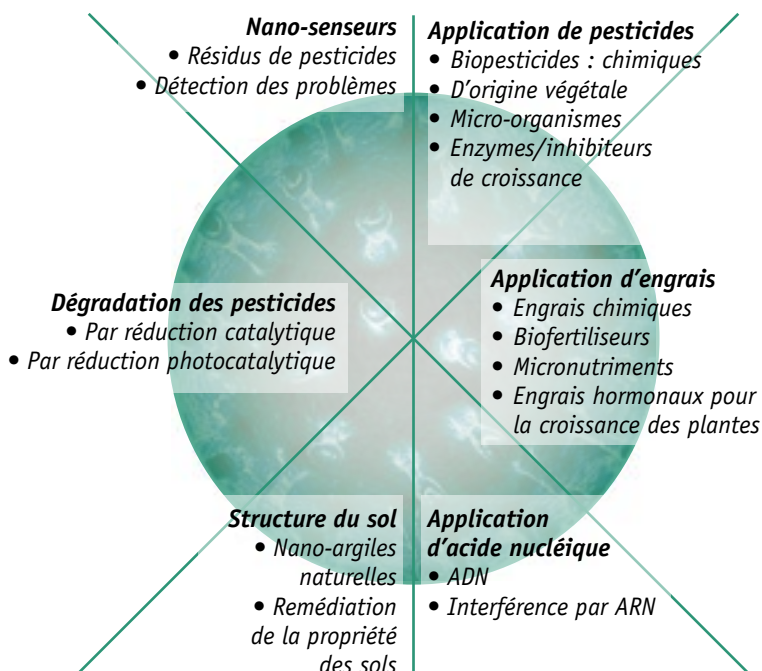


Schéma - Applications des nanobiotechnologies dans le domaine de la protection des plantes et des engrais (Ghormade et al. 2011 - 11)

chercheurs, l'aluminium pourrait être un facteur supplémentaire pour expliquer le déclin des populations de bourdons. Une étude⁴ a mis au jour la pollution du pollen par l'aluminium au Brésil (96µg/g). Une autre étude s'est intéressée récemment à la contamination du nectar par l'aluminium⁹. Aucune étude comparable n'a été réalisée sur les larves d'abeilles mellifères. Sur les abeilles adultes, une étude parue en 2012⁶ n'avait pas révélé de données susceptibles d'alerter le monde scientifique, mais l'usage des nanoparticules était également beaucoup moins courant. Aujourd'hui, une invasion silencieuse de ces substances est en marche dans les produits de consommation ménagère et dans les procédés technologiques, y compris en agriculture (schéma). De notoriété publique, aucune évaluation des impacts n'est possible (8-10), ni sur la santé humaine, ni sur la santé animale, pollinisateurs inclus.

L'argumentaire pour l'utilisation des nanomatériaux en agriculture ressemble beaucoup à celui qui était exprimé en faveur de l'utilisation des graines enrobées dans les années 70, à savoir une méthode d'application moins dommageable pour l'environnement qui permettait de réduire les surfaces traitées, d'économiser l'eau, la matière active et les semences⁷, et surtout qui évitait le traitement par pulvérisation. S'ajoute l'efficacité des nanocides, beaucoup moins soumis à une résistance des organismes combattus. A l'état nano,

le dioxyde de silicium amorphe est un redoutable insecticide¹⁴ qui endommage la cuticule des insectes qui meurent desséchés¹³. Aucune résistance n'est possible selon les chercheurs. L'usage de ce produit a été approuvé par l'Union européenne en avril 2014¹². Que savons-nous réellement des conséquences de son utilisation sur la santé ? De l'avis même des chercheurs, trop peu d'études ont été réalisées sur les effets toxiques des nanoparticules sur les insectes ravageurs¹⁴. Que dire alors sur les insectes butineurs ? L'étude de l'impact de cette dernière génération de pesticides est la nouvelle frontière vers laquelle les esprits doivent maintenant se tourner.

Références

- 1 - Tamara Milivojevic, Gordana Glavana, Janko Božica, Kristina Sepcica, Tina Mesarica, Damjana Drobne. Neurotoxic potential of ingested ZnO nanomaterials on bees. *Chemosphere*. Volume 120, February 2015, Pages 547-554
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653514009175>
- 2 - Miller, R.J., Lenihan, H.S., Muller, E.B., Tseng, N., Hanna, S.K., Keller, A.A., 2010. *Impacts of metal oxide nanoparticles on marine phytoplankton*. *Environ. Sci. Technol.* 44, 7329-7334. Mueller, N.C., Nowack, B., 2008. *Exposure modeling of engineered nanoparticles in the environment*. *Environ. Sci. Technol.* 42, 4447-4453.
- 3 - Exley C, Rotheray E, Goulson D (2015). Bumblebee Pupae Contain High Levels of Aluminium. *PLoS ONE* 10(6): e0127665. doi:10.1371/journal.pone.0127665

4 - Morgano MA, Martins MCT, Rabonato LC, Milani RF, Yotsuyanagi K, Rodriguez-Amaya DB (2010) Inorganic contaminants in bee pollen from southeastern Brazil. *J Agric Food Chem* 58: 6876-6883. doi: 10.1021/jf100433p PMID: 20450185

5 - House E, Esiri M, Forster G, Ince PG, Exley C (2012) Aluminium, iron and copper in human brain tissues donated to the medical research council's cognitive function and ageing study. *Metallomics* 4: 56-65. doi: 10.1039/c1mt00139f PMID: 22045115

6 - Van der Steen JJM, de Kraker J (2012) Spatial and temporal variation of metal concentrations in adult honeybees (*Apis mellifera* L.). *Environ Monit Assess* 184: 4119-4126. doi: 10.1007/s10661-011-2248-7 PMID: 21823048

7 - Johnson, I. J. (1975). *New developments in seed pelleting and seed coating, with special reference to rangeland improvement*. *Outlook 01/ Agriculture*, 8, 5.

8 - http://www.lemonde.fr/planete/article/2012/12/31/nanoparticules-l-ingredient-qui-s-est-discretement-invite-a-notre-table_1810783_3244.html

9 - Meindl GA, Ashman T-L (2013) The effects of aluminium and nickel in nectar on the foraging behaviour of bumblebees. *Env Poll* 177: 78-81.

10 - Mahendra Rai, Caue Ribeiro, Luiz Mattoso, Nelson Duran Editors. *Nanotechnologies in Food and Agriculture*. Springer 2015. <http://www.springer.com/us/book/9783319140230>

11 - Ghormade V, Deshpande MV, Paknikar KM (2011) Perspectives for nano-biotechnology enabled protection and nutrition of plants. *Biotechnol Adv* 29:792-803.

12 - <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32014R0408>

13 - Debnath, N., Das, S., & Goswami, A. (2011, August). Novel entomotoxic nanocides for agro-chemical industry. In *Nanotechnology (IEEE-NANO), 2011 11th IEEE Conference on* (pp. 53-56). IEEE.

14 - Rouhani, M., Samih, M. A., & Kalantri, S. (2012). Insecticidal effect of silica and silver nanoparticles on the cowpea seed beetle, *Callosobruchus maculatus* F. (Col.: Bruchidae). *J Entomol Res*, 4, 297-305.

15 - Mueller, N. C., & Nowack, B. (2008). Exposure modeling of engineered nanoparticles in the environment. *Environmental science & technology*, 42(12), 4447-4453.

16 - http://www.ineris.fr/centredoc/INERIS_plaquette.pdf

Autres articles sur les nanomatériaux et la santé : http://www.liberation.fr/economie/2014/12/21/le-silence-des-nanos_1168339

http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/a/article-les-nanomateriaux-quels-risques-pour-l-environnement-et-la-sante-23807.php

RÉSUMÉ :

études scientifiques concernant l'impact des nanotechnologies sur les pollinisateurs

MOTS CLÉS :

science, pesticides, agriculture, nanotechnologie