

NOUVELLES RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LA TOXICITE DU FLUOR POUR LES ABEILLES

C. TOUMANOFF

Institut Pasteur, Paris

SOMMAIRE

Les expériences relatées dans ce travail ont démontré que la poudre (sublimat) qui se dépose sur les lanterneaux des ateliers de production de l'aluminium, administrée dans un sirop de sucre à des abeilles engagées, se révèle bien moins toxique pour elles, à concentration égale, que le fluor sous forme de fluorure de sodium.

Les abeilles recevant tout d'abord du fluor à la concentration de 1/10 000 à 1/30 000 présentent ultérieurement, lorsqu'elles reçoivent le même produit à la concentration normalement mortelle de 1/1 000, une durée de vie sensiblement égale à celle des témoins. Il y aurait donc acquisition d'une résistance au fluor.

Selon l'auteur, il est difficile d'admettre qu'une concentration de 1/1 000 puisse se réaliser spontanément dans la nature ce qui exclurait tout danger de la part du sublimat pour les abeilles dans les conditions naturelles.

INTRODUCTION

Dans deux notes antérieures (TOUMANOFF, 1961 ; TOUMANOFF, 1962) nous avons relaté les résultats de certains essais concernant l'action du fluor sur les abeilles.

Ces travaux se rapportaient à l'action du fluor à ses diverses concentrations dans le sirop de sucre. Les expériences étaient conduites avec le fluor sous sa forme la plus soluble, c'est-à-dire le fluorure de sodium.

Il nous a paru intéressant d'effectuer également des expériences avec la poudre qui se dépose sur les lanterneaux des usines.

Comme on le sait, cette poudre contient non seulement du fluor, mais aussi d'autres constituants chimiques.

Voici la composition de cette poudre qui nous a été très aimablement fournie

par la Direction de l'Usine d'Aluminium de Saint-Jean-de-Maurienne et qui provenait de l'Usine de Mercus (Tarascon-sur-Ariège).

Chlorure de baryum	12,3
Chiolithe (3AlF_3 , 5NaF)	43,5
Fluorure de sodium	8,8
Alumine (Al_2O_3)	18
Fe_2O_3	5,6
Carbone	11,8

Sa teneur en fluor soluble était de 20 p. 100. Comme nos essais antérieurs l'ont montré, cette poudre s'est avérée sans effet appréciable sur les abeilles saupoudrées dans les ruches ou exposées à son effet par l'obstruction du trou de vol des ruchettes en expériences.

MATÉRIEL, ET TECHNIQUE

Les abeilles qui ont servi pour les expériences provenaient, comme celles des essais antérieurs, du rucher expérimental de notre Service de l'Institut Pasteur.

Elles étaient maintenues dans des caquettes du type décrit dans une publication antérieure (TOUMANOFF, 1961) et nourries au moyen d'un sirop de sucre auquel était ajoutée la solution de la poudre des lanterneaux d'usine d'aluminium.

Connaissant la quantité de fluor soluble contenu dans la poudre, nous avons pu obtenir facilement les concentrations en fluor désirées, soit 1/1 000, 1/2 000, etc..

La consommation du sirop a été enregistrée journalièrement ainsi que le nombre d'abeilles mortes.

Comme il était impossible de présenter sous forme d'un tableau les résultats journaliers, nous avons adopté le procédé de calcul déjà exposé dans une publication antérieure (TOUMANOFF C., 1962).

Ayant noté au cours d'expériences préalables une résistance remarquable des abeilles à l'égard de très fortes doses du F contenu dans les sublimats, nous n'avons pas jugé utile de procéder à une expérimentation identique à celle que nous décrivons dans notre premier travail.

Les modalités des essais des deux séries d'expériences (série A et série B), sont présentées ci-dessous.

RÉSULTATS

1. — *Expérience série A*

Il s'agit ici d'expériences comportant deux phases :

1^o Les abeilles sont nourries pendant neuf jours de sirop de sucre contenant des sublimats des lanterneaux d'usines d'aluminium à teneur en fluor connue. Ces sublimats sont ajoutés à la solution sucrée de façon à réaliser des concentrations en fluor de 1/1 000 à 1/30 000.

2^o Le 10^e jour, les abeilles survivantes des différents lots sont nourries de sirop de sucre fluoré à la concentration de 1/1 000, toujours en partant du même sublimat.

Les résultats sont extrêmement intéressants. On constate en effet que, pendant la première phase, le fluor sous forme de sublimats est moins toxique pour les abeilles que sous la forme de NaF (TOUMANOFF, 1961).

En effet, à la dose de 1/1 000 (F) la mortalité, qui commence à se manifester deux jours après l'administration du premier repas toxique, s'échelonne sur neuf jours.

À la dose de 1/2000, on constate qu'au 9^e jour 23,33 p. 100 seulement des abeilles soumises à l'intoxication sont mortes. À 1/5 000, la mortalité est de 14,28 p. 100 et à 1/20 000 de 2,5 p. 100, toujours au 9^e jour.

La mortalité est nulle aux concentrations de 1/25 000 et de 1/30 000, de même que chez les témoins.

L'administration au 10^e jour d'une solution fluorée à 1/1 000 a entraîné la mort de la dernière abeille vivante dans le lot déjà intoxiqué à cette même concentration.

Dans le lot à 1/2 000, cette surintoxication a provoqué la mort des survivants en 4 jours, en 7 jours dans le lot à 1/5 000, en 6 jours dans le lot à 1/10 000, en 13 jours dans le lot à 1/15 000, en 5 jours dans le lot à 1/20 000 et en 7 jours dans les lots à 1/25 000 et 1/30 000.

Les Témoins ayant reçu du sirop de sucre pur sont morts en 22 jours. Cette durée maximum de vie est supérieure à celle que l'on enregistre dans les lots traités, sauf en ce qui concerne le lot des abeilles recevant le sublimat à la concentration du 1/15 000. Il convient de noter que la durée moyenne de vie des témoins reste cependant la plus élevée.

Tels sont, dans l'ensemble, les résultats tirés de l'enregistrement journalier de la mortalité.

Le tableau 1 indique la survie moyenne des abeilles pendant la première et la deuxième phase de l'expérimentation ainsi que la consommation de F par les abeilles pendant les deux phases.

On voit que les insectes ont présenté une survie comparable à celle des témoins, tout en ayant absorbé une quantité de F aussi élevée que 21,18 γ et 39,68 γ .

Il est même surprenant de constater que la survie la plus faible (7,5 et 8,7 jours) correspond à une ingestion de F en quantité relativement peu importante (respectivement 20,5 et 28,75 γ).

Rappelons que dans les essais antérieurs réalisés avec des concentrations de F du NaF à 1/1 000, les abeilles mouraient toujours en l'espace de 24 heures et à 1/2 000 en 3-4 jours.

La dose de 1/5 000 était aussi toxique et provoquait généralement la mort en 3-5 jours.

Une certaine toxicité s'observait encore à la concentration de 1/10 000 mais les abeilles survivaient dans ces cas 9 jours en moyenne. Aucune mortalité n'était généralement observée pendant les 7 premiers jours et les insectes ne commençaient à mourir que le 8^e jour ; certains survivaient jusqu'à 12 jours.

À 1/20 000, la mortalité commençait à se manifester pratiquement le 20^e jour et la survie individuelle était de 25 jours.

Dans tous les cas cependant, les abeilles qui recevaient les concentrations faibles de F, succombaient en 24 heures lorsqu'elles recevaient brusquement la concentration mortelle de 1/1 000 (sous forme de NaF).

Ce n'est pas le cas cependant en ce qui concerne le F contenu dans les sublimats, comme cela résulte des faits exposés.

TABLEAU I

Expérience N°	Nombre d'abeilles	Sublimat + sirop de sucre				Survie maxi- mum (en j)	Survie moyenne (en j) pour les 2 phases	Consommation moyenne indivi- duelle F/ab./j pen- dant les 2 phases (en γ)	Consommation totale (en γ) Produit (col. 8 \times col. 9)
		Consommation (cc)		Concentration					
		1 ^{re} phase de 9 jours	2 ^e phase	1 ^{re} phase	2 ^e phase				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
58	23	5	0,4	1/1 000	1/1 000	10	7,5	20,5	153,75
59	25	4	0,5	1/2 000	1/1 000	13	9,5	30,1	285,95
60	38	5,5	1,5	1/5 000	1/1 000	17	8,7	28,75	250,125
61	42	10	3	1/10 000	1/1 000	16	14,5	18,05	262,16
62	21	5	2,2	1/15 000	1/1 000	23	16	20,2	323,2
63	40	8,5	3,5	1/20 000	1/1 000	15	14,1	21,67	305,5
64	36	6,2	3,8	1/25 000	1/1 000	17	13,4	21,18	319,08
65	15	3,1	3,1	1/30 000	1/1 000	17	15,4	39,68	
Témoins		(eau + sirop)	(eau + sirop)			22	16,5		
	21	4,5	3						

TABLEAU 2

Numéro de l'expérience	Nombre d'abeilles	Nombre d'abeilles après 4 jours	Consommation du sirop pendant les 4 premiers jours (en cc)	Concentration en F ₂ sublimat/de sirop dans le sirop	Consommation de sirop + sublimat (en cc)	Survie maximum à partir du 4 ^e jour (en j)	Survie moyenne à partir du 4 ^e jour (en j)	Consommation F/ab./j (en y)	Consommation F/ab. (survie moyenne en y) (produit colonne) 7 × colonne 8)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
66	14	4	4	1/4 000	1,7	4	2,85	42,5	121,42
67	22	5	5	1/2 000	8,1	17	9,43	18,6	175,4
68	22	4,8	4,8	1/5 000	8,3	14	7,5	10	75
69	18	5,2	5,2	1/10 000	15,6	17	11,3	7,64	86,3
Témoins	24	24	5,3	eau-sirop	28	42	22,9		

2. — *Expériences série B*

Cette deuxième série d'expériences se rapporte à des abeilles prises pour les essais au mois d'avril, donc au début du printemps, et ensuite jusqu'au mois de juin.

Dans quatre expériences, les lots d'abeilles vécurent tout d'abord pendant quatre jours sur sirop de sucre pur puis ensuite sur sirop contenant du fluor à l'état de sublimat.

Ces abeilles étaient certainement légèrement affaiblies par le séjour de 4 jours dans les cagettes avant l'administration du sirop toxique.

D'autre part, elles avaient été prélevées dans les ruches au moment où l'activité des colonies reprenait, c'est-à-dire une époque où la mortalité se manifeste normalement parmi les abeilles âgées.

A cette époque de l'année, le sirop à la concentration de 1/1000 s'est révélé plus toxique que précédemment mais néanmoins trois fois moins toxique que pour la même concentration obtenue avec NaF.

En ce qui concerne la concentration de 1/2000, certaines des abeilles qui l'ont subie ont vécu jusqu'à 20 jours, présentant une survie moyenne de 18,6 jours.

Aux concentrations plus faibles de 1/5000 et 1/10000 de F, certaines abeilles vécurent 15 à 20 jours.

Le tableau 2 présente la survie moyenne des abeilles dans cette seconde série d'expériences.

DISCUSSION

Les expériences relatées dans cette communication permettent de conclure que le F incorporé dans les sublimats provenant des lanternaux d'usines d'aluminium est bien moins toxique pour les abeilles que le F sous forme de NaF.

C'est un fait d'autant plus surprenant que ces sublimats contiennent non seulement 20 p. 100 de fluor soluble, mais aussi du chlorure de Baryum qui est également considéré comme un produit toxique pour les Insectes, comme aussi le fluosilicate de baryum.

La toxicité de ce produit n'est pas très élevée et il serait de 10 à 15 fois moins toxique que les produits arsenicaux. Étant donné sa forte solubilité, le chlorure de baryum produit dans l'intestin des insectes des solutions possédant une très haute pression osmotique qui conduit à la déshydratation cellulaire de l'organisme favorisant l'action toxique.

Cette supposition concernant le mécanisme d'action du chlorure de baryum est d'autant plus vraisemblable qu'il est confirmé que l'efficacité de ce produit s'observe seulement par temps sec et qu'il est inefficace par temps couvert, même en l'absence de pluie.

Telle est la caractéristique de l'action du chlorure de baryum sur les insectes exprimée par BEI-BIENKO, BOGDANOV-KATKOV, TCHIGAREV et TCHEGOLEV dans leur excellent ouvrage d'*Entomologie agricole* (1955).

Ces auteurs ajoutent également que le chlorure de baryum est caractérisé par

son action sur la digestion. Il provoque chez les insectes des vomissements et des diarrhées. Il possède une certaine action de contact ; c'est un des plus vieux poisons intestinaux employé dans la pratique et il n'a pas perdu son importance, même actuellement, étant utilisé contre les chenilles de l'*Hyponomeuta malinella* ZELL., *Aporia crataegi*, *Pieris brassicae* pour ne citer que ces quelques *Lépidoptères* et aussi contre certains *Coléoptères* du genre *Cetonia* à des concentrations variables.

La poudre que nous avons utilisée contenait également le chiolithe (3 AlF_3 , 5 NaF) qui est un complexe défini au même titre que la cryolithe ; mais la cryolithe a comme formule AlF_3 , 3 NaF .

Étant donné la ressemblance, quant à la constitution de ces deux composés, et le fait que la cryolithe est une substance insecticide, il n'est pas à exclure *a priori* que la chiolithe soit aussi (sans qu'on puisse l'affirmer) toxique pour les insectes. Or, malgré la présence de ce complexe dans la poudre de lanterneaux elle n'est pas plus toxique que le NaF.

Il est bien difficile d'expliquer la résistance que manifestent les abeilles à l'égard des poudres de lanterneaux. On en est réduit à ce point de vue à des hypothèses.

On ne doit pas exclure que c'est à l'interaction des divers composants qui constituent cette poudre qu'on doit l'atténuation de l'effet toxique de ses diverses fractions. Toutefois, c'est surtout au milieu intérieur de l'abeille, insecte si différent des autres, que nous sommes enclins à attribuer cette résistance.

On n'ignore pas que certains germes pathogènes pour divers *Lépidoptères*, par les toxines qu'ils produisent, sont sans effet sur d'autres.

Il est connu également que des insectes du même groupe zoologique peuvent être tantôt sensibles, tantôt insensibles à l'égard de certains germes, ce qui dénote l'effet du milieu intérieur en ce qui concerne la diffusion, la neutralisation des toxines ou leur action éventuelle. Ces germes sont sans action sur les abeilles qui peuvent réagir vraisemblablement d'une manière différente de celle d'autres insectes à l'égard des poisons chimiques.

On considère généralement que, plus un poison est soluble dans l'eau, plus il est toxique pour l'insecte.

On doit cependant tenir compte non pas tant de la solubilité des divers toxiques dans l'eau que de la nature différente du contenu intestinal chez les différents insectes. Ce contenu est souvent complexe et diffère d'un insecte à l'autre en fonction du régime alimentaire. En effet, on ne saurait, par exemple, comparer le contenu intestinal, les sécrétions digestives et les produits de l'action de ces sécrétions chez les larves d'insectes phytophages et chez celles qui se nourrissent de cire, comme c'est le cas pour *Galleria mellonella* ; à ce point de vue, l'abeille, en raison de sa physiologie propre et du fait de l'imprégnation de son corps par des substances sucrées, est placée dans des conditions tout à fait spéciales.

La solubilité des poisons, quels qu'ils soient, dans le corps des insectes est fonction de la composition du contenu du tube digestif qui varie certainement non seulement chez diverses espèces ayant des régimes alimentaires différents, mais aussi chez la même espèce en fonction de l'âge.

Les conditions de la solubilité des substances toxiques et de leur diffusion dans l'organisme serait encore plus complexe chez les insectes polyphages que chez ceux qui ont un régime alimentaire uniforme.

On doit tenir compte également, non seulement de la solubilité des poisons,

mais de la possibilité de leurs neutralisations, tant par la nourriture fraîchement absorbée, que par le chyme qui se forme dans l'intestin moyen et une partie de l'intestin grêle.

La présence dans l'intestin moyen des insectes de la membrane péritrophique qui constitue un véritable filtre pour toutes les substances qui y pénètrent est aussi un facteur important.

La composition du sang de l'insecte rentre également en ligne de compte à ce point de vue.

Si des progrès considérables ont été accomplis dans le domaine de la physiologie de certains insectes, il y a encore beaucoup à faire à ce point de vue tant sur le plan général du comportement physiologique normal que sur le plan toxicologique.

Ce qui est important pour nous, du point de vue pratique, c'est d'apprendre que, pour les abeilles, le fluor administré sous forme de NaF dans du sirop de sucre n'est toxique qu'à des concentrations qui ne doivent pas pouvoir se réaliser dans la nature, et que d'autre part, et c'est encore plus important, les sublimats qui se déposent sur les lanterneaux d'usines d'aluminium sous forme d'une poudre qui contient 20 p. 100 de F soluble, sont bien moins toxiques que le F de NaF. Or, ce sont ces sublimats qui se dégagent des usines et qui peuvent seuls constituer la source du fluor répandu dans la nature.

Reçu pour publication en juin 1964.

SUMMARY

NEW EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE TOXICITY OF FLUORINE TO BEES

The experimental work described showed that the powder sublimate which formed deposits on the lanterns of the aluminium production shops when fed to caged bees in sugar syrup was much less toxic at equal concentrations than fluorine in the form of sodium fluoride.

Bees which had received fluorine at concentrations of 1/10 000 to 1/30 000 developed a resistance to this element, for they lived about the same length of time after receiving a normally lethal dose of 1/1 000 as the controls.

The author considered that a concentration of 1/1 000 was not likely to arise spontaneously in nature and therefore that there was little danger to bees from the sublimate under natural conditions.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEI-BIENKO G. I., BOGDANOFF-KATKOV N. N., TCHIGAREFF G. A., TCHEGOLEV V. N., 1955. *Entomologie agricole* (en russe), Selshosgis, Moscou-Léningrad.
- BORCHERT H., 1953. Zur Geochemie des Fluors. *Heidelberger Beitr. Mineralog. Petrogr.* Berlin-Göttingen, **3**, 36-43.
- BREDEMANN G., 1956. *Biochimie und physiologie des fluors* 2^e, Aufl. Akademie Verlag.
- BREDEMANN G., RADELOFF, 1939. *Bienensterbe durch fluorhaltige*, **2**, 59-61.
- Dictionnaire d'Information de l'Apiculteur. *Slovar Spravochnik Pchelovoda*, 1955.
- GOETZE G., 1932. Zwei neue methoden zum quantitativen Studium der Giftigkeit von Insectiziden. *Anz. Schädlingskde, Dtsch.*, **8**, (5), 54-57.
- GUILHON J., 1956. Intoxication expérimentale des Abeilles par divers dérivés fluorés. *Bull. Acad. Vétér.*, **29**, 446.

- JACHIMOWIZ Th., TOUMANOFF C., WEILER F., 1958. Le fluor chez les Abeilles dans la Haute-Autriche. *Rev. Franç. Apiculture*.
- KUNZE G., 1929. Geschmacks- und Giftwirkung des Fluornatriums auf die Honigbiene. *Nachrbl. dtsch. Pflanzenschutzdienstes*, Berlin, **9** (2), 13-14.
- MAURIZIO A., 1955. Pflanzenschutzmittel und Industrieabgase als Ursache von Bienenvergiftung. *Schweiz. Landw. Monatshefte*, Bern-Bumplitz, 485.
- MAURIZIO A. et STAUB M., 1956. Bienenvergiftungen mit fluorhaltigen Industrieabgasen. *Schweiz. Bienenztg.*, **79**, 476-486.
- MAURIZIO A., 1957. Bestimmung der letalen Dosis einiger Fluorverbindungen für Bienen. Zugleich ein Beitrag zur Methodik der Giftwertbestimmung in Bienenversuchen. *Verhandl. des IV Intern. Pflanzenschutz Kongr.*, Hamburg, **2**, 1709-1713.
- Protokoll der Internationalen Konferenz zur Koordinierung der Einschätzung der Bienengefährlichkeit von Pflanzenschutzmitteln, 14, 12, 1946.
- ROUSSEAU M., 1954. Exposé au cours de l'Assemblée Générale de l'U. N. A. F. le 7 novembre 1954. *Rev. Franç. Apiculture*, **3**, 108.
- ROUSSEAU M., 1957. Recherches sur la « dose léthale médiane » du fluor pour l'abeille. *Rev. franç. Apiculture*, **129**, 22.
- TOUMANOFF C., 1951. Les maladies des abeilles. N° spécial de la *Rev. franç. Apiculture*, n° 68, (116), 325.
- TOUMANOFF C. et JACHIMOWICZ Th., 1959. Observations au sujet de l'action du fluor sur les Abeilles. *C. R. Acad. Sci., Fr.* **249**.
- TOUMANOFF C. et JACHIMOWICZ Th., 1960. L'action du fluor sur les Abeilles. *Rev. Franç. Apiculture* **166**, 158-162.
- TOUMANOFF C., 1961. Étude de l'action du Fluor sous forme de NaF sur les colonies d'abeilles. *Bull. Apicole*, **4** (2), 223-48.
- TOUMANOFF C., 1962. Recherches expérimentales sur la toxicité du Fluor pour les Abeilles. *Ann. Abeille*, **5**, (3), 247-260.
-