



**HAL**  
open science

# Analyse des effets, en particulier de la répulsivité, d'un pyréthriinoïde de synthèse, la deltaméthrine, sur les abeilles

Cecile C. Bos, C. Masson

► **To cite this version:**

Cecile C. Bos, C. Masson. Analyse des effets, en particulier de la répulsivité, d'un pyréthriinoïde de synthèse, la deltaméthrine, sur les abeilles. *Agronomie*, 1983, 3 (6), pp.545-553. hal-02720437

**HAL Id: hal-02720437**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02720437v1>**

Submitted on 1 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Analyse des effets, en particulier de la répulsivité, d'un pyréthrianoïde de synthèse, la deltaméthrine, sur les abeilles

Christian BOS (\*) & Claudine MASSON

*I.N.R.A.-C.N.R.S. (1), Laboratoire de Neurobiologie sensorielle de l'Insecte, Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux, F 91440 Bures sur Yvette*

## RÉSUMÉ

La deltaméthrine Décis® est un pyréthrianoïde de synthèse récemment apparu sur le marché ; comme tous les pyréthrianoïdes, la deltaméthrine est employée à très faible dose (5 g/ha de matière active contre méligèthes sur colza) et est très répulsive pour les abeilles. Nous avons étudié l'effet répulsif des adjuvants de fabrication de la deltaméthrine par des tests en cage de vol et en serre. Une expérimentation « grandeur nature » sur 30 ha de colza avec 3 ruchers nous a permis d'observer le peu de risque, au moins à court terme, que représente la deltaméthrine pour les abeilles dans des conditions normales d'emploi.

Cet exemple concret est une nouvelle occasion de montrer que les mécanismes d'intoxication et de perception olfactive d'une substance répulsive sont liés aux conditions expérimentales, l'analyse de tels mécanismes devant passer par plusieurs approches complémentaires.

**Mots clés additionnels :** *Pesticides, Olfaction, Attractif, Synergie, Tests laboratoire, Tests plein champ.*

## SUMMARY

*Repellent effect of deltamethrin on honey bees.*

Deltamethrin Decis® is a synthetic pyrethroid recently put on the market ; like any pyrethroid, deltamethrin is used at very low concentrations (5 g/ha used against pollen beetle on oilseed rape) and appears to have a repellent effect on honey bees.

The repellent effect of the adjuvants in the deltamethrin formulation was quantified precisely either in a flying cage or in a glass house. A " field test " on a 30 ha oilseed rape plot with three bee-yards led us to conclude that deltamethrin presents a very low hazard to honey bees, under the usual conditions of treatment — at least, in the short term.

This concrete instance gives us a new opportunity to stress the fact that the poisoning mechanisms and olfactive perception of a repellent substance are linked to the experimental environment ; the final interpretation of such mechanisms depends on a large spectrum of complementary approaches.

**Additional key words :** *Pesticides, Olfaction, Attractant, Synergism, Laboratory tests, Field tests.*

## I. INTRODUCTION

Récemment apparus sur le marché, les pyréthrianoïdes de synthèse photostables sont, à la différence de la majorité des insecticides, faiblement toxiques pour les mammifères. Leur toxicité aiguë très élevée à l'égard des insectes, associée à leur facilité d'emploi, leur assure un champ d'application de plus en plus étendu dans le domaine phytosanitaire. La deltaméthrine appartient à la catégorie des pyréthrianoïdes de synthèse. Le produit commercial Decis® dont elle constitue la matière active est autorisé, depuis juin 1979, pour la lutte contre *Meligethes aeneus* F., ravageur du colza. Le traitement à la dose de 5 g de matière active à l'hectare a lieu normalement au stade bouton floral,

dit stade D2, selon les définitions du C.E.T.I.O.M. (C.E.T.I.O.M., 1978).

Selon ATKINS *et al.* (1976), la deltaméthrine présente une DL 50 qui se situe aux environs de 0,06 µg par abeille. Elle se trouve, de ce fait, classée parmi les insecticides hautement toxiques pour les abeilles, ce qui, *a priori*, exclut en France son emploi sur des fleurs mellifères en état de floraison.

Au cours de la campagne de 1980, les traitements effectués en France sur les colzas ont été à l'origine, semble-t-il, de mortalités plus ou moins importantes d'abeilles. Certaines d'entre elles ont été attribuées au Decis. La rémanence élevée de la deltaméthrine a été mise en cause pour expliquer des mortalités d'abeilles survenant très longtemps après un traitement, même lorsque celui-ci avait été effectué au stade légalement admis.

(1) Equipe de Recherche associée au C.N.R.S., ERA 740.

(\*) Décédé le 20 avril 1983.

De telles observations soulèvent un certain nombre de problèmes car, dans le cas où les conclusions qui ont été présentées seraient fondées, il serait indispensable de reconsidérer les conditions dans lesquelles il est possible d'utiliser la deltaméthrine sans porter atteinte aux abeilles et autres insectes pollinisateurs dont le rôle en agriculture est fondamental.

C'est pourquoi nous avons entrepris des recherches, dont nous présentons ici les résultats, qui concernent l'action de la deltaméthrine sur les abeilles, en plein champ et en vraie grandeur, en serre et au laboratoire, en nous attachant tout particulièrement aux effets répulsifs du produit.

## II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### A. Expérience « plein champ »

L'expérience a été menée sur un champ de 30 ha de colza (variété « Jet 9 ») d'un seul tenant situé sur la commune de Gif-sur-Yvette (Essonne).

#### 1. Traitement insecticide

Le champ a été traité le 7 avril 1981 (soit J), à 15 h, au moyen d'une pulvérisation de Décis® à la dose de 0,33 l dans 250 l d'eau par ha, soit 8,25 g de matière active à l'ha. Le traitement a eu lieu au sol, la rampe de pulvérisation ayant 12 m de largeur. Les stades de floraison s'étaient au stade D<sub>2</sub> à F<sub>1</sub>. Bien que non désherbé, le champ n'avait quantitativement que peu d'adventices.

#### 2. Dispositif expérimental

Les observations portant sur les abeilles ont été faites sur 30 ruches Dadant 10 cadres situées à proximité du champ traité, dont 5 (rucher n° 1) en bordure, 5 (rucher n° 2) à 80 m et 20 (rucher n° 3) à 400 m. Le rucher témoin, d'importance égale, était situé à Bures-sur-Yvette (Essonne), en zone non traitée au Décis®, à 10 km du champ expérimental.

Comme appareils susceptibles de fournir des données sur les effets du traitement, nous avons utilisé dans chaque rucher

— des trappes à pollen du modèle classique (JEANNE, 1974),

— des trappes à abeilles mortes type Todd (ATKINS *et al.*, 1970).

Afin de pouvoir rechercher la présence éventuelle de deltaméthrine dans les larves d'abeilles, nous avons mis en place une ruche supplémentaire dans le rucher n° 2 avec un élevage royal selon la méthode habituelle (FRESNAYE, 1975).

#### 3. Observations

Les observations pendant la période allant du 6 avril (J - 1) au 8 mai (J + 32) ont porté sur : l'état des colonies, les mortalités d'abeilles relevées dans les trappes à abeilles mortes, les fluctuations de la récolte du pollen, la pesée des récoltes en miel, l'activité de butinage sur le colza et sur les adventices, l'état de la floraison, les conditions météorologiques.

#### 4. Prélèvement

Pour établir les courbes de dégradation du produit, des prélèvements de feuilles et de fleurs ont été effectués la

veille du traitement (J - 1), le jour du traitement (J) puis à J + 1, J + 2, J + 3, J + 4, J + 5, J + 8, J + 16, J + 32.

Pour suivre un éventuel transfert de la deltaméthrine des fleurs vers les produits du rucher, des prélèvements pour dosages ont été effectués sur l'eau des flaques, le pollen des trappes, le miel des rayons.

### 5. Dosages de résidus

Le dosage a été fait, dans tous les échantillons, par chromatographie en phase gazeuse, après extraction et purification de la deltaméthrine, d'après les méthodes définies par HASCOËT & ANDRE (1978) et par PANSU *et al.* (1981).

#### a) Extraction

Des prises aliquotes de 50 g sont recouvertes d'hexane et légèrement broyées. On agite 20 mn puis on laisse décanter. L'extrait est filtré sur un entonnoir avec un coton de verre et du sulfate de sodium anhydre dans un ballon à évaporateur rotatif. L'ensemble est rincé 2 fois avec de l'hexane, puis concentré jusqu'à 2 ml.

#### b) Purification

La purification est faite sur une colonne de 1 cm de diamètre intérieur et 30 cm de long. Le remplissage est fait par 5 g de florasil à 2 p. 100 d'eau et 2 g de sulfate de sodium anhydre. La colonne est rincée à l'hexane. Les 2 ml d'extrait sont déposés sur le haut de la colonne et élués avec 100 ml d'hexane (pour entraîner les matières grasses). La deltaméthrine est entraînée avec 70 ml d'un mélange à 10 p. 100 d'éther éthylique dans l'éther de pétrole. L'éluat est concentré puis amené au volume adéquat (ici 50 ml ou 10 ml selon la concentration en deltaméthrine).

#### c) Chromatographie

Après avoir vérifié la linéarité du détecteur pour la deltaméthrine, on injecte 5 µl de la solution hexanique :

colonne : OV 101, 5 p. 100 de 85 cm ; T = 250 °C,

détecteur : capture d'électrons Ni 63 ; T = 280 °C,

solution de référence : deltaméthrine, 0,001 mg/ml dans l'hexane.

La limite de détection est de 0,003 mg/kg.

### B. Expériences sous serre

Le comportement du butinage des abeilles étant étroitement lié aux facteurs de l'environnement (température, hygrométrie, vent, ensoleillement), il est difficile de l'étudier en plein champ dans des conditions qui permettent une analyse fiable.

L'expérimentation sous serre a permis de reproduire un environnement floral très comparable à celui du plein champ. En outre, l'espace de la serre permet de contrôler les conditions météorologiques en même temps qu'il rend possible l'observation plus rigoureuse du comportement des abeilles (GERIG, 1979).

La serre (2,5 × 2,5 × 2 m) est ombrée au moyen d'une claie afin d'éviter tout ensoleillement excessif, empêchant ainsi le regroupement des abeilles dans la partie haute. Une ruchette de 3 cadres (environ 8 000 abeilles) a été introduite dans la serre. Simultanément (donc au cours de la période d'adaptation des abeilles à leur nouvel environnement), 60 pieds de colza (« jet 9 ») ont été « forcés » dans une autre serre. Dès la floraison, le colza a été introduit journalièrement pendant 1 h, de 13 à 14 h, dans la serre contenant la ruche.

La serre a été maintenue à 25 °C pendant la journée (et à la température ambiante la nuit). Tous les jours, pendant 12 j, l'intensité du butinage et le nombre des butineuses ont été notés ; les abeilles mortes ont été collectées tous les 2 jours.

- On a défini l'intensité de butinage comme étant, pour chaque abeille observée, le nombre de passages d'une fleur à l'autre pendant 3 mn, et ceci 4 fois de suite.

- On a défini le nombre de butineuses comme étant le nombre total d'abeilles venues sur l'ensemble des 60 pieds de colza pendant 10 mn ; le test a été répété 3 fois de suite.

Le traitement au Décis® a été effectué 12 j après le début de l'expérience, à 11 h, en pleine période de butinage. La quantité répandue représente l'équivalent de 15 g de matière active à l'hectare. Le traitement a été effectué avec un petit pulvérisateur à main Muratori à pression préalable (2,5 bars). Le volume total pulvérisé a été de 300 ml. Le comportement des abeilles a été suivi pendant 6 j après le traitement.

Deux jours après le traitement, le choix a été donné aux abeilles entre les 60 pieds de colza traités et du colza non traité. Ce protocole expérimental a été conçu dans le but d'analyser les causes de la répulsivité, de définir dans quelle mesure l'effet répulsif est lié à un phénomène social et/ou à une sensibilité chimique permettant aux abeilles de faire la distinction entre les fleurs traitées et non traitées au Décis® grâce aux signaux olfactifs émis au niveau de la plante.

### C. Etude de l'effet répulsif au laboratoire

#### 1. Tests de répulsivité effectués en cage de vol avec la deltaméthrine pure et sous forme commerciale ainsi qu'avec les adjuvants de fabrication

Les tests en cage de vol permettent de se rapprocher des conditions naturelles du plein champ. Dans un espace plus vaste que celui de la cagette couramment utilisée pour les tests de DL 50 (MESQUIDA, comm. pers.), les expériences concernant la répulsivité peuvent être effectuées tout en contrôlant strictement les conditions de température, d'humidité relative et d'éclairage. Les cages de vol ont pour dimensions : 100 × 60 × 90 cm (DOUAULT, 1978). Une ruchette à 6 petits cadres (13 × 13 cm) est introduite dans la cage. La colonie utilisée a été entièrement formée artificiellement en introduisant, en une fois, 1 000 abeilles naissantes. Une 2<sup>e</sup> introduction de 800 abeilles naissantes a eu lieu 15 j plus tard avec une reine vierge.

La cage de vol a été maintenue en salle d'élevage (DOUAULT, 1978) à 25 °C et 60 p. 100 d'humidité relative, avec un éclairage de 900 lux et une photopériode de 12 h/12 h.

Les tests ont commencé 45 j après l'introduction des premières abeilles. A partir de ce moment, des abeilles naissantes sont introduites toutes les semaines afin de renforcer la ruche en jeunes ouvrières.

Trois semaines avant le début de l'expérimentation, les abeilles ont été conditionnées à venir prélever de la nourriture constituée par un sirop de saccharose à 50 p. 100 déposé dans 2 coupelles munies de billes de verre. Le test destiné à définir le seuil de répulsivité consiste à donner le choix aux abeilles entre la nourriture traitée à l'insecticide et la nourriture non traitée. Les coupelles munies de billes de verre contiennent de la deltaméthrine (sous forme de produit commercial) diluée dans une même solution à 50 p. 100 de saccharose. Une gamme de concentrations de  $10^{-3}$  à  $10^{-8}$  a été testée.

Chaque test dure 3 mn ; pendant ce temps, le nombre d'abeilles qui viennent prélever de la solution sucrée est

enregistré (les visites sans prise de nourriture ne sont pas retenues). A la fin de chaque test, les 2 coupelles sont interverties : un nouveau test identique au précédent est aussitôt entrepris. Le résultat des 2 comptages permet de tracer une courbe (droite) qui correspond au pourcentage de visites sur la coupelle traitée par rapport au témoin en fonction du logarithme de la concentration et de déterminer le coefficient de répulsivité 50 p. 100 (CR 50) qui représente la concentration en insecticide pour laquelle 2 fois plus d'abeilles préfèrent le témoin à la nourriture traitée (ATKINS *et al.*, 1977).

Les qualités répulsives, d'une part, de la deltaméthrine (matière active) et, d'autre part, des adjuvants de fabrication utilisés seuls, ont été étudiées dans les mêmes conditions que celles correspondant à la formulation commerciale de la deltaméthrine.

#### 2. Etude de la variation du seuil de perception d'une odeur florale (géraniol) induite par la deltaméthrine.

Le phénomène de compétition entre une odeur florale attractive et l'effet répulsif de la deltaméthrine a été étudié au moyen de 2 types de tests expérimentaux complémentaires :

- Le 1<sup>er</sup> a visé à définir le seuil comportemental de perception des abeilles pour une odeur florale (AMOORE, 1967) définie (le géraniol) dans les conditions expérimentales de la cage de vol décrites précédemment.

- Le 2<sup>e</sup>, basé sur les expériences de répulsivité définies plus haut, a été conçu de façon à déterminer les éventuelles modifications du seuil de perception olfactive (au géraniol) induites par la deltaméthrine.

Le seuil de perception du géraniol a été établi avec le même dispositif expérimental que celui utilisé pour les expérimentations portant sur l'effet répulsif. Toutefois, dans ce cas, la nourriture (saccharose à 50 p. 100) n'a pas été additionnée de deltaméthrine, mais la coupelle de sirop de sucre a été équipée en son milieu d'un diffuseur à odeur.

Après avoir été conditionnées à l'odeur du géraniol pur pendant une semaine, les abeilles ont été placées en conditions de choix : 2 coupelles de même aspect, contenant chacune un diffuseur à odeur leur ont été présentées. Les 2 coupelles contiennent une solution de saccharose à 50 p. 100 mais seul le diffuseur de l'une d'entre elles contient du géraniol (l'autre coupelle « sans odeur » servant de témoin).

Le test consiste à compter le nombre d'abeilles qui viennent sur les 2 coupelles pendant 3 mn. Puis les coupelles sont interverties ; un nouveau test identique au précédent est aussitôt entrepris.

Le seuil de détection du géraniol est déterminé en présentant ainsi des concentrations de plus en plus diluées de l'odeur, jusqu'à ce que les abeilles ne distinguent plus (pas de différence significative) la coupelle odorisée au géraniol de l'autre coupelle.

Un test identique est effectué après avoir ajouté du Décis® à la solution de saccharose de la coupelle odorisée avec le géraniol. Une gamme de concentrations décroissantes de géraniol est testée (comme précédemment) par rapport à un témoin ne contenant qu'une solution de saccharose.

La concentration en deltaméthrine (formulation commerciale) a été choisie de telle sorte que, en l'absence d'odeur, l'effet répulsif aurait été de 50 p. 100. Entre chaque test, le conditionnement au géraniol est renforcé en présentant aux abeilles les 2 coupelles de solutions sucrées contenant chacune du géraniol dilué au 1/10<sup>e</sup> dans le diffuseur.

## III. RÉSULTATS

## A. Expériences plein champ

Dans le cadre de ces expériences nous avons, d'une part, suivi le comportement des abeilles dans des conditions

naturelles et, d'autre part, établi les courbes de dégradation de la deltaméthrine sur différents supports.

L'interprétation de ces résultats passe par une observation rigoureuse de tous les facteurs intervenant au cours de l'expérimentation (tabl. 1).

## 1. Conditions météorologiques

TABLEAU 1

Expériences plein champ : facteurs météorologiques et intensité de butinage.  
Field test : weather-chart and foraging intensity.

Jours	Date	T à 13 h G.M.T.	Vent	Type de temps	Pluviométrie journ.	Pluviométrie cumulée (1)	Intensité de butinage (2)
J - 1	6/4	12 °C	léger SW	couvert	0 mm	0 mm	≈ 0
J	7/4	15 °C	léger SW	ensoleillé	0	0	≈ 0
J + 1	8/4	17 °C	0	couvert	0	0	≈ 0
J + 2	9/4	20 °C	0	couvert	0	0	2
J + 3	10/4	20 °C	rafales SW	couvert	0	0	1
J + 4	11/4	20 °C	léger SW	ensoleillé	5,6	5,6	1
J + 5	12/4	16 °C	léger SW	ensoleillé	1,4	7	1,5
J + 7	14/4	20 °C	léger N	couvert	3,5	14	1,6
J + 9	16/4	15 °C	fort N	orageux	1,5	17	0,5
J + 14	21/4	19 °C	0	couvert	0,8	21	0
J + 17	24/4	16 °C	0	ensoleillé	0	21	1
J + 23	30/4	13 °C	0	couvert	0,2	22,5	0
J + 31	8/5	15 °C	0	ensoleillé	0	22,5	0,5

(1) Le cumul prend en compte les pluviométries intermédiaires qui ne figurent pas sur le tableau.

(2) Nombre d'abeilles sur 1 m<sup>2</sup> pendant 3 mn, moyenne de 5 comptages.

## 2. Intensité de butinage

L'intensité de butinage est étroitement liée aux conditions météorologiques, c'est pourquoi ce paramètre figure également dans le tableau 1. Avant le traitement, l'intensité de butinage était nulle (phénomène dû à l'absence d'une quantité suffisante de fleurs dans le champ). Le jour du traitement, ainsi que le lendemain, l'intensité de butinage a été très faible ; à la fois le faible nombre de fleurs et l'effet répulsif du Décis® (cf. expériences sous serre) doivent en être responsables. A partir de [J + 3], l'intensité de butinage est intimement liée aux conditions météorologiques. La durée de détection du produit par les abeilles ne peut pas être étudiée (on le voit ici) par une méthode comportementale en plein champ.

## 3. Etat de la floraison et compétition florale

Dans le champ traité, les principales adventices présentes et en fleurs au même moment que le colza étaient *Fumaria officinalis* L. et *Capsella bursa-pastoris* Moench. A aucun moment, les abeilles n'ont été observées sur l'une ou l'autre de ces 2 espèces.

La quantité moyenne journalière de pollen récolté par trappe à pollen est de 150 g dans les ruchers en expérimentation ainsi que dans le témoin. Cependant, si aucune différence quantitative n'a été notée entre ruchers en expérimentation et rucher témoin, une diminution notable du pourcentage de pollen de colza à J + 7 (tabl. 2) a été observée dans les ruchers en expérimentation correspondant à l'apparition massive des fleurs de fruitiers (poiriers et pommiers).

TABLEAU 2

Compétition florale : pourcentage de pollen de colza dans les trappes à pollen.  
Oilseed rape : pollen percentage in pollen-traps.

Date/j	% Pollen de colza	Remarques
J + 1	environ 60 %	début de floraison des fruitiers
J + 7	environ 20 %	pleine floraison des fruitiers
J + 23	environ 80 %	

## 4. Comportement des colonies, récolte de miel

Dans le tableau 3 sont rapportés les chiffres des mesures de couvain, exprimés en point de couvain (1 point = 40 cm<sup>2</sup>, FRESNAYE, 1962), correspondant à 6 des ruches des ruchers 1 et 2 ; il s'agit des ruches qui ont été observées avec le plus d'attention. L'évaluation des surfaces de couvain est conforme aux moyennes que l'on peut observer à cette époque de l'année dans nos régions.

Le comportement des colonies a été considéré comme normal tous les jours pour toutes les colonies, excepté à J + 9 où, suite à un violent orage, l'ensemble des colonies présentait une agressivité excessive. Il a été noté en outre le même jour et uniquement pour cette date un rejet par les ouvrières de quelques larves (3 à 9 selon les ruches) à l'extérieur de la ruche.

TABLEAU 3

*Evolution des surfaces de couvain pour les ruches en expérimentation et poids de miel à la récolte par ruche.*  
*Brood surfaces and honey production for each hive during the field test.*

N° rucher	N° ruche	Surfaces de couvain exprimées en « points » de 40 cm <sup>2</sup>			Poids de miel par ruche à la récolte en kg
		J = 0	J + 9	J + 39	
1	21	128	218	essaimé	29,4
1	22	167	200	269	15,6
2	26	131	210	essaimé	23
2	27	164	222	essaimé	18
2	28	162	218	essaimé	18
2	29	173	190	242	30
Moyennes		154	210	251	22

TABLEAU 4

*Résultats des analyses de résidus de deltaméthrine effectuées sur les supports végétaux et animaux.*  
*Results obtained from the residue analysis made on plant and animal supports.*

mg/kg	Feuilles	Fleurs	Eau des flaques	Miel	Pollen des trappes	Abeilles mortes des trappes	Larves
J - 1	0,000	0,000	—	—	—	0,000	—
J 0	0,600	0,800	—	—	—	0,06	—
J + 1	0,320	0,590	—	—	—	0,06	—
J + 2	0,300	0,200	—	—	—	0,06	—
J + 4	0,110	0,082	—	—	0,02	0,06	—
J + 8	0,05	traces	0,006	—	0,02	—	—
J + 16	0,026	non décelé	—	traces	—	non décelé	non décelé
J + 32	non décelé	non décelé	—	non décelé	non décelé	non décelé	—

— L'état général a été « normal » pour toutes les ruches.

— Les populations ont été estimées de normale à forte pour toutes les ruches, excepté la ruche n° 22 qui, à partir de J + 20, avait une population faible mais pas anormale.

On remarquera que le rucher n° 3 ne figure pas dans le tableau 3. En effet, son éloignement du champ de colza, d'une part, la compétition florale, d'autre part, ont été des facteurs limitants du butinage par les abeilles de ce rucher sur le champ expérimental de colza. La prise en considération, dans l'analyse générale des résultats, des mesures relatives à des ruches dont les abeilles pouvaient ne pas avoir été suffisamment mises en présence avec l'insecticide aurait pu fausser les conclusions générales.

##### 5. Courbes de dégradation et dosage des résidus

Les courbes de dégradation de la deltaméthrine sur feuilles sont conformes à la cinétique de photodécomposition (commençant par une rupture de la liaison ester).

Il faut remarquer qu'au jour J on obtient pour les feuilles une quantité de résidus équivalente à 0,6 mg par kg de feuilles (tabl. 4 et fig. 1).

Si on établit une mesure de surface des feuilles (50 g = 0,1 m<sup>2</sup>) on peut en déduire que, sur 1 ha de feuilles, on retrouve approximativement 3 g de deltaméthrine ; compte tenu du coefficient de dispersion de la pulvérisation en plein champ sur le colza qui est supérieur à 50 p. 100, ce résultat est compatible avec les 8,25 g/ha épandus dans le champ.

L'eau de ruissellement n'a pu être dosée qu'à J + 8, le temps très ensoleillé du début d'expérience empêchant tout prélèvement. La quantité de résidu très faible (0,006 ppm) n'est pas surprenante connaissant le caractère très hydrophobe de la deltaméthrine. Sur miel et larves, les résultats sont négatifs. Par contre la présence de deltaméthrine sur pollen prouve que quelques fleurs étaient ouvertes lors du traitement. Ce serait une voie possible d'intoxication.

Sur abeille morte, la quantité de résidu importante (0,06 ppm) soulève le problème des analyses de résidus. En effet dans le cadre de notre expérimentation, aucune mortalité anormale n'a été notée mais les quelques abeilles mortes présentaient des traces de deltaméthrine.

Il semble difficile d'incriminer ici l'insecticide, tout du moins pour l'importance quantitative de la mortalité.

##### B. Expériences sous serre

L'observation quotidienne de l'intensité de butinage, du nombre de butineuses et de l'évolution de la mortalité faisant suite au traitement à la deltaméthrine utilisée en formulation commerciale (15 g/ha) sur le colza et sous serre, permet d'évaluer qualitativement et quantitativement l'effet répulsif.

Si l'intensité de butinage (cf. chap. II B), redevient vite normale (3 j après le traitement), il faut attendre 4 j. avant que le nombre total d'abeilles en activité normale de butinage soit à nouveau atteint (fig. 2). Après 3 j, on peut

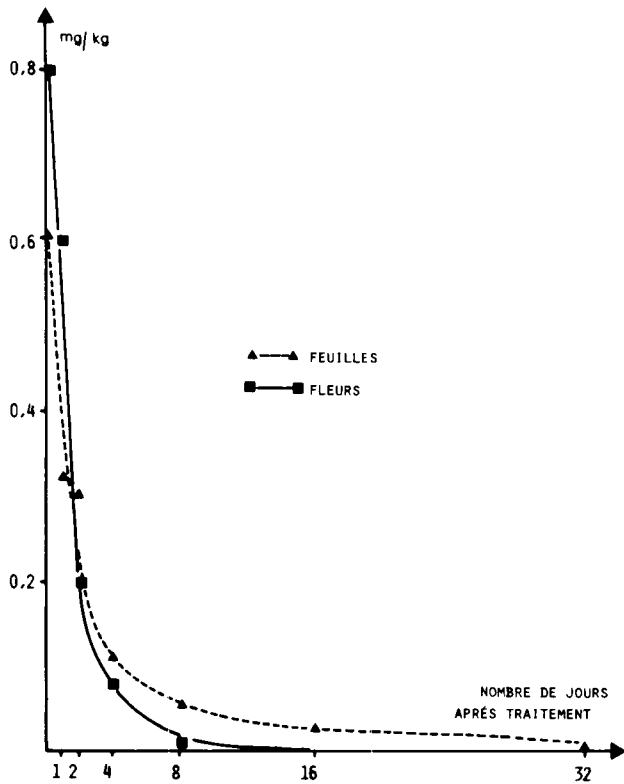


Figure 1  
 Courbe de dégradation de la deltaméthrine sur feuilles et fleurs de colza.  
 Curve of deltamethrin decomposition (leaves and flowers).

penser que la deltaméthrine a été suffisamment dégradée et diluée pour permettre le retour à une activité normale (intensité de butinage); toutefois, le nombre total de butineuses demeure faible, l'association que font les abeilles entre la localisation des fleurs de colza et la présence de l'insecticide étant encore très forte. Par contre, si 2 j. après le traitement on laisse aux abeilles le choix entre « fleurs traitées » et « fleurs non traitées », elles choisissent très nettement le 2<sup>e</sup> lot; quelques heures sont alors suffisantes pour enregistrer des paramètres identiques à ceux qui avaient été notés avant le traitement.

Les abeilles manifestent donc bien une sensibilité particulière à la nature chimique de la deltaméthrine sous forme commerciale. Il semble qu'à ce phénomène se superpose un phénomène de répulsion de « type social » qui doit se dissiper dès que les abeilles « se sont aperçues » que les fleurs polluées n'étaient plus dangereuses. Des expériences plus approfondies sont actuellement entreprises pour confirmer ces données préliminaires.

**C. Etude de l'effet répulsif au laboratoire**

Ces expériences ont été entreprises pour essayer de cerner avec plus de précision quelles étaient les composants chimiques de la formulation commerciale de la deltaméthrine responsables de l'effet répulsif observé en plein champ et sous serre.

**1. Tests de répulsivité effectués en cage de vol avec la deltaméthrine pure et sous forme commerciale ainsi qu'avec les adjuvants de fabrication**

On définit, à partir de la courbe présentée sur la figure 3, le coefficient de répulsion pour 50 p. 100 d'un lot d'individus (CR 50).

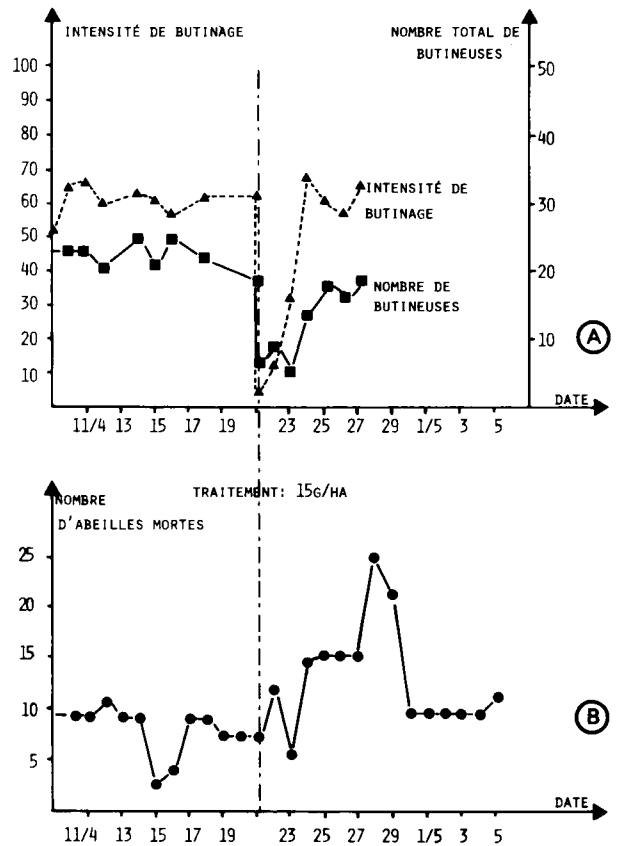


Figure 2  
 A) Mesure de l'intensité de butinage et évaluation du nombre total d'abeilles recrutées, B) courbe de mortalité enregistrée à la suite d'un traitement sous serre avec de la deltaméthrine utilisée sous forme commerciale, et dosée à 15 g/ha.  
 A) Curve describing the foraging intensity and giving the total number of foraging bees at work, B) daily mortality rate due to glass house treatment with technical deltamethrin at 15 g/ha.

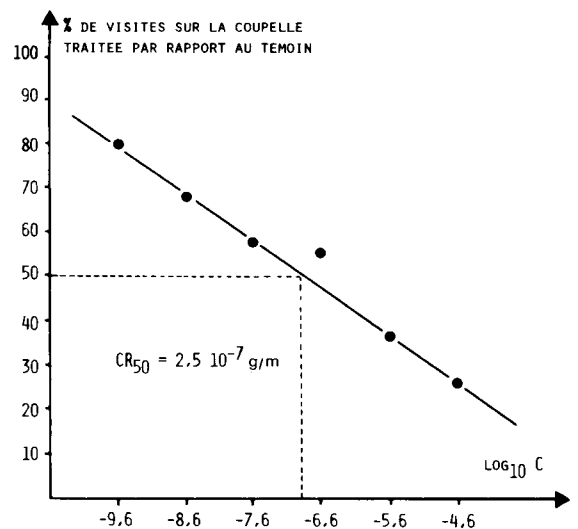


Figure 3  
 Etude au laboratoire de la répulsivité moyenne pour 5 tests et pour 6 concentrations de deltaméthrine utilisée sous forme commerciale (Décis) vis-à-vis des abeilles.  
 Laboratory study of the average repellence of technical deltamethrin (Decis) for bees (means of 5 tests at 6 concentrations).

Toutes les courbes établies à partir des données de chaque test (tracé unitaire) présentent 2 points d'inflexion (fig. 4) : la courbe des moyennes est une droite qui présente bien entendu des écarts-types importants au niveau des points de décrochement observés sur les tracés unitaires.

Pour résumer, la réponse globale est linéaire mais le tracé unitaire met en évidence un phénomène de perception en 3 phases :

- une réponse linéaire, A ;
- une zone de concentration, B (entre des concentrations en deltaméthrine de  $2,5 \cdot 10^{-7}$  g/ml et  $2,5 \cdot 10^{-9}$  g/ml) dans laquelle toute augmentation de la quantité de deltaméthrine sous forme commerciale est sans effet sur la réponse comportementale ;
- une réponse linéaire, C, où le nombre de prises de nourriture sur les coupelles traitées par rapport au témoin décroît de façon linéaire avec la même pente que dans la phase A.

L'utilisation de la deltaméthrine, sous forme commerciale, à la concentration la plus forte ( $2,5 \cdot 10^{-5}$  g/ml) induit une réponse très nette des abeilles : 20 à 30 p. 100 seulement vont sur la nourriture traitée (100 p. 100 sur la nourriture non traitée).

Par contre, l'utilisation à la même concentration ( $2,5 \cdot 10^{-5}$  g/ml) de deltaméthrine, cette fois sous forme de matière active, se traduit par un comportement différent : les abeilles discernent mal la coupelle traitée de la coupelle témoin ; dans ce cas, les symptômes d'empoisonnement apparaissent et des mortalités élevées ( $\approx 50$  abeilles par jour) ont été notées pendant une période d'une durée de un mois après la fin des tests effectués avec la matière active. La similitude de forme des tracés unitaires entre la courbe obtenue avec la deltaméthrine sous forme commerciale et la courbe obtenue avec les adjuvants de fabrication (fig. 4), suggère que le phénomène observé et décrit est principalement induit par les adjuvants de fabrication (dont le composant volatil majoritaire est un solvant aromatique).

## 2. Etude de la variation du seuil de perception d'une odeur florale (géraniol) induite par la deltaméthrine

La comparaison entre la courbe obtenue dans le cadre de cette étude qui est présentée sur la figure 5 et la courbe de la figure 4, suggère que la détection du géraniol s'établit également selon un phénomène qui se décompose en 3 phases qui paraissent relever d'un mécanisme identique à celui mis en jeu pour l'identification d'une substance répulsive.

Ainsi, sur la figure 5, le seuil de perception du géraniol peut, par exemple, être défini pour le point 80 p. 100 : à ce point, le nombre des abeilles sur la coupelle témoin est inférieur de 20 p. 100 à celui présent sur la coupelle odorisée au géraniol. Comme cette valeur de 20 p. 100 est supérieure aux fluctuations enregistrées d'un test à l'autre, on peut conclure que, dans nos conditions expérimentales, la concentration de  $10^{-4}$  vol/vol est le seuil de détection du géraniol.

L'adjonction de deltaméthrine sous forme commerciale, même très diluée ( $10^{-5}$  vol/vol), à la coupelle contenant le diffuseur à géraniol modifie significativement le comportement des abeilles qui ne choisissent plus la « coupelle odorisée ».

La deltaméthrine (formulation commerciale), utilisée seule à cette même concentration, n'est pas suffisante pour entraîner un effet répulsif total ; par contre, en présence d'une odeur florale normalement attractive, comme le géraniol, elle entraîne une augmentation significative du

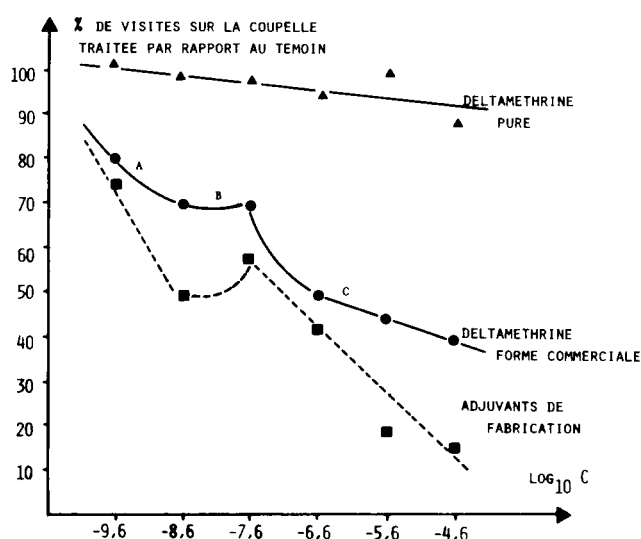


Figure 4

Etude au laboratoire du pouvoir de répulsivité vis-à-vis des abeilles ; de la deltaméthrine pure, de la deltaméthrine sous forme commerciale (Décis) et des adjuvants de fabrication.

Laboratory study of the repellent power for bees of deltamethrin as such, of technical deltamethrin (Décis) and of its formulation adjuvants.

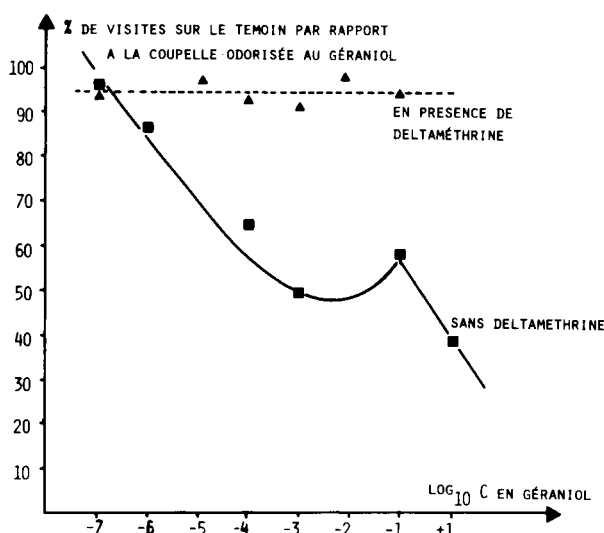


Figure 5

Etude chez l'abeille en cage de vol, de la compétition entre une odeur attractive (géraniol) et une substance répulsive : la deltaméthrine commerciale ( $2,5 \cdot 10^{-7}$  g/ml), soit  $10^{-5}$  (vol/vol) de la solution commerciale utilisée à la dose de 25 g/l.

A study of the competitive effect for bees between an attracting odor (geraniol) and a chemical repellent (deltamethrin  $2,5 \cdot 10^{-7}$  g/ml).

seuil d'attraction de cette même odeur (fig. 5). Pour des concentrations plus faibles ( $10^{-7}$  vol/vol de deltaméthrine sous forme commerciale), ce phénomène n'est plus observable.

## IV. DISCUSSION ET CONCLUSION

Les études effectuées par ATKINS *et al.* (1976) en utilisant la technique classique d'établissement, dans des conditions de laboratoire, de la « Dose létale 50 » pour évaluer la



toxicité intrinsèque de la deltaméthrine vis-à-vis des abeilles, ont, avec une DL 50 de 0,06 µg/abeille, contribué à classer cet insecticide dans la catégorie des produits très dangereux pour l'abeille.

Les expérimentations dont les résultats sont rapportés ici se situent à 2 niveaux :

— l'un destiné à définir avec précision le risque que représente la deltaméthrine pour les abeilles dans des conditions normales d'utilisation ;

— l'autre destiné à définir, dans des conditions strictement contrôlées, les limites qualitatives et quantitatives de l'effet répulsif de ce pyréthriné de synthèse.

L'expérience « plein champ » a été effectuée en utilisant des quantités de deltaméthrine commerciale supérieures aux doses normales d'emploi (8,25 g/ha au lieu de 5 g/ha, dose préconisée par les firmes) (il en va de même pour l'expérience menée sous serre : 15 g/ha). Dans ces conditions expérimentales, les résultats obtenus indiquent le peu de danger du produit sur les abeilles, au moins à court terme.

Les expériences poursuivies simultanément par divers organismes dans la vallée de la Seine et dans la région lyonnaise pendant la même campagne ont conduit à des conclusions identiques (\*).

Le protocole de l'expérimentation « plein champ », comparable à celui défini par ATKINS *et al.* (1976), a toutefois été complété notamment en ce qui concerne les mesures de couvain et l'évaluation des récoltes. Le suivi des conditions météorologiques, bien qu'indispensable, a montré une fois de plus que l'abeille bien qu'ayant un comportement assez stéréotypé, se prête mal aux mesures comportementales en plein champ. Les pourcentages de mortalité relevés au rucher expérimental ont toujours été comparables à ceux établis au niveau du rucher témoin. Les observations et analyses effectuées régulièrement — et qui seront poursuivies pendant une année — devraient conduire à définir ultérieurement les limites des éventuels effets secondaires induits par l'utilisation de deltaméthrine sur le développement du couvain et le comportement des abeilles issues des colonies expérimentales, notamment en ce qui concerne la vulnérabilité aux maladies et les malformations à l'émergence.

La mise au point du dosage chimique de la deltaméthrine pour les feuilles, les fleurs, les abeilles, les larves, l'eau, le miel et le pollen, a permis de suivre le passage de la deltaméthrine du pollen des fleurs à la ruche où elle ne se retrouve de façon significative que dans le pollen stocké. Sur fleurs, la deltaméthrine se dégrade rapidement par extension florale et photodécomposition (HOLMSTEAD *et al.*, 1978). Au bout de 8 j, elle n'est plus décelable. Sur feuilles, 1 mois est nécessaire avant que les dernières traces ne disparaissent.

L'expérimentation sous serre a démontré l'innocuité de la deltaméthrine à des doses de l'ordre de 15 g/ha dans de telles conditions (mortalité journalière maximum : 25 abeilles, 7 j après le traitement). L'effet répulsif, bien que très net, n'est pas total comme cela a été montré pour d'autres insecticides (cf. GERIG, 1981).

Après l'application de Décis, les abeilles ont rapidement fait la différence entre fleurs traitées et fleurs non traitées.

La plus lente remontée de la courbe du nombre total de butineuses par rapport à celle de l'intensité de butinage (fig. 2) confirme l'hypothèse, établie dans le cadre des expériences effectuées au laboratoire, selon laquelle la détection du produit sous forme commerciale est une identification de la qualité chimique par le système sensoriel de l'insecte (baisse de fréquentation des fleurs). Il existe en plus un phénomène d'apprentissage, dû à la toxicité de la matière active, qui retarde la venue de toutes les butineuses sur les fleurs, alors que celles qui sont présentes butinent normalement.

Avec le produit utilisé sous forme commerciale, il a été possible d'établir un CR 50 (fig. 3) de  $2,5 \cdot 10^{-7}$  g/ml, soit, pour la formulation commerciale, une concentration donnée de  $10^{-5}$  (vol/vol) qui, par référence à la classification de ATKINS *et al.* (1977), classe le Décis® comme très répulsif pour les abeilles.

Prenant en considération d'autres études menées au laboratoire sur les mécanismes de la reconnaissance des odeurs florales par les abeilles (PHAM *et al.*, 1982), nous avons été amenés à vérifier si la présence de Décis®, normalement identifiée comme étant une « odeur répulsive » par l'insecte, avait une action sur les performances de la sensibilité d'identification vis-à-vis d'une « odeur attractive » de type floral (ici le géraniole). Après avoir, dans un 1<sup>er</sup> temps, établi la courbe de détection du géraniole et défini, selon nos critères (fig. 5), le seuil de perception ( $10^{-4}$  vol/vol) à ce stimulus attractif, nous avons ensuite étudié la variation de ce seuil en présence de deltaméthrine (BOS & MASSON, 1981).

L'analyse des réponses comportementales, obtenues dans de telles conditions expérimentales, fait apparaître qu'en présence du géraniole le Décis®, utilisé à une faible concentration (de l'ordre de  $10^{-6}$  vol/vol, c'est-à-dire une concentration à laquelle le produit n'est normalement pas décelé par les abeilles lorsqu'il est utilisé seul), devient répulsif dans ces conditions.

Les mécanismes à la base de ce phénomène de facilitation, qui se traduit par un apparent effet de synergie du géraniole sur le seuil de détection comportementale du Décis®, demandent des investigations complémentaires pour être compris. Une des hypothèses suggère que les composants du Décis® et le géraniole pourraient être détectés au niveau des neurorécepteurs olfactifs de l'antenne. On peut alors se demander si la modulation d'ordre quantitatif observée dans la réponse comportementale provient d'un mécanisme de compétition entre les 2 molécules au niveau membranaire. Toutefois, si on considère les encombrements stériques, ces molécules sont très différentes ; la règle formulée par RODERICK (1966) « à une forme de molécule, une forme de site récepteur approprié », puis reprise par AMOORE (1967) dans le cadre de sa théorie stéréochimique de l'olfaction, ne semble pas être applicable ici.

On peut aussi imaginer qu'un mécanisme différentiel puisse intervenir, entraînant un abaissement du seuil d'excitabilité des neurones qui codent le Décis® en présence de géraniole. Les tracés « unitaires » de détection de ces 2 odeurs, semblables dans la forme (3 phases, cf. fig. 4 et fig. 5), sont en faveur d'une perception au moins bimodale. Des expérimentations comparables à celles décrites ici, mais avec des analogues de structures aux substances utilisées, ainsi que des expériences électrophysiologiques sur les neurorécepteurs olfactifs devraient permettre de tester la validité de ces premières interprétations.

Enfin, le phénomène décrit pourrait également relever d'un mécanisme d'intégration différentielle par le système nerveux central de ces 2 messages perçus simultanément au

(\*) Les divers rapports issus des expérimentations poursuivies en parallèle par ces divers organismes publics ou privés dont les protocoles avaient été homogénéisés au cours des réunions du groupe de travail « Pesticides-Abelles » ont été rassemblés et peuvent être consultés au service de documentation de la Station de Recherches sur l'Abelle et les Insectes Sociaux à Bures-sur-Yvette.

niveau périphérique (antenne) ; ce mécanisme se traduisant finalement par une augmentation de la sensibilité à un signal olfactif comme le suggèrent les quelques données expérimentales obtenues sur les effets de synergie et/ou d'inhibition induits par certaines substances dans un mélange d'odeurs de type phéromonal (O'CONNELL, 1975 ; KAISLING, 1979, 1980 ; PRIESNER, 1980 ; ROELOFS, 1979 ; MASSON & BROSSUT, 1981).

Reçu le 14 janvier 1982.  
Accepté le 15 février 1983.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier tout particulièrement, à la Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes Sociaux, MM. LOUVEAUX, pour la lecture critique du manuscrit, et THEURKAUFF pour ses compétences en apiculture ; au Laboratoire de la Répression des Fraudes, M. DECLERCO et à la station de Phytopharmacie de l'I.N.R.A., M. HASCOËT pour l'accueil qu'ils nous ont toujours offert dans leurs services, ainsi que M. BORNECK de l'Institut Technique de l'Apiculture pour ses conseils et encouragements.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amoore J. E., 1967. Correlations between stereochemical assessments and organoleptic analysis of odorous compounds. In : *Olfaction and Taste II*, J. Hayashi Ed. Pergamon Press, London, 3-17.
- Atkins E. L., Todd F. E., Anderson L. D., 1970. Honey-bee field research aided by Todd dead bee hive entrance trap. *Calif. Agric.*, **24** (10), 12-13.
- Atkins E. L., Kellum D., Neuman K. S., 1976. Effect of pesticides on apiculture. Riverside, University of California. *Annu. Rep.*, 536-567.
- Atkins E. L., Kellum D., Atkins K. W., 1977. Repellent additives to reduce pesticide hazards to honey-bees. Riverside, University of California. *Final Rep. Proj.*, 40-61.
- Bos C., Masson C., 1981. Behavioural approach of the repulsive effect induced by a repulsive substance, the deltamethrin, in the honey-bee *Apis mellifica* L. Symposium International « Les médiateurs chimiques agissant sur le comportement des insectes » Versailles, nov. 1981. *Les colloques de l'I.N.R.A.*, **7**, pp. 403-404.
- C.E.T.I.O.M., 1978. *Cahiers techniques des colzas d'hiver*, n° 1 : « Plante-sélection-variétés ».
- Douault P., 1978. L'élevage expérimental des abeilles en milieu clos. La nouvelle salle d'élevage de la Station de Recherches de Bures-sur-Yvette. *Bull. tech. apic.*, OPIDA, **5** (4), 16-22.
- Fresnaye J., 1962. Un appareil pour le calcul rapide des surfaces de couvain dans les ruches. *Ann. de l'abeille*, **5** (2), 145-153.
- Fresnaye J., 1975. Les méthodes d'élevage et la qualité des reines obtenues. *Bull. tech. apic.*, ANDIA, **2** (2), 15-30.
- Gerig U., 1979. The toxicity of synthetic pyrethrines to foraging bees. *Schweiz. Bienen Z.*, **102** (5), 228-236.
- Gerig U., 1981. The toxicity of synthetic pyrethrines to foraging bees. *Schweiz. Bienen Z.*, **104** (4), 155-174.
- Hascoët M., André L., 1978. Détermination des résidus de dècaméthrine présents dans les végétaux et les sols traités. *Phytopharm.*, **27**, 85-98.
- Holmstead R. L., Fullmer D. G., Ruzo L. O., 1978. Pyrethroid photodecomposition : Pydrin. *J. Agric. Food Chem.*, **26** (4) 954-958.
- Jeanne F., 1974. Récolte et conservation du pollen. *Bull. tech. apic.*, **1** (4), 457-460.
- Kaissling K. E., 1979. Recognition of pheromones by moths, especially in Saturniids and *Bombyx mori*. In : *Chemical Ecology ; Odour Communication in Animals*. F. J. Ritter Ed. Elsevier, North Holland, 43-56.
- Kaissling K. E., 1980. Action of chemicals including (+) trans permethrin and DDT, on insect olfactory receptors. In : *Insect Neurobiology and Pesticide Action*. London, Soc. of Chem. Ind., 351-358.
- Masson C., Brossut R., 1981. La communication chimique chez les insectes. *La Recherche*, **121**, 406-416.
- O'Connell R., 1975. Olfactory receptor responses to sex-pheromone components in the redbanded leafroller moth (*Argyrotaenia velutinana*). *S. Gen. Physiol.*, **65**, 179-205.
- Pansu M., Dhoubi M. H., Pinta M., 1981. Détermination des traces de pyrèthrinoides (bioperméthrine et dècaméthrine) dans les substrats biologiques par chromatographie en phase gazeuse. *Analysis*, **9** (1-2), 55-60.
- Pham-Delegue M. H., Douault Ph., Fonta C., Masson C., 1982. Attraction thresholds and discriminating capacities among food scents of honey-bee : a behavioural study. Symposium International « Les médiateurs chimiques agissant sur le comportement des insectes », Versailles, nov. 1981. *Les colloques de l'I.N.R.A.*, **7**, pp. 405-406.
- Priesner E., 1980. Sensory encoding of pheromone signals and related stimuli in male moths. In : *Insect Neurobiology and Pesticide Action*. London, Soc. Chem. Ind., 359-366.
- Roelofs W. L., 1979. Pheromone perception in *Lepidoptera*. In : *Neurotoxicology of Insecticides and Pheromones*. T. Narahashi Ed. Plenum Press, New York and London, 5-25.
- Roderick W. R., 1966. Current ideas on the chemical basis of olfaction. *J. Chem. Educ.*, **43**, 510.