



HAL
open science

Comportement de butinage et efficacité pollinisatrice de l'abeille domestique (*Apis mellifera* L) sur le melon cantaloup (*Cucumis melo* L) cultivé sous abri

Bernard Vaissière, F. Malaboëuf, J.P. Torregrossa, Guy Rodet, M. Cousin, .
Inra

► To cite this version:

Bernard Vaissière, F. Malaboëuf, J.P. Torregrossa, Guy Rodet, M. Cousin, et al.. Comportement de butinage et efficacité pollinisatrice de l'abeille domestique (*Apis mellifera* L) sur le melon cantaloup (*Cucumis melo* L) cultivé sous abri. Réunion du Groupe de Travail Pollinisation, Feb 1992, Rennes, France. hal-02846010

HAL Id: hal-02846010

<https://hal.inrae.fr/hal-02846010>

Submitted on 7 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.

**Groupe de travail pollinisation de l'institut national de la recherche agronomique.
Réunion de Rennes du 12 février 1992**

Cette année, la réunion annuelle du groupe de travail «Pollinisation» du département de zoologie de l'INRA, s'est tenue au laboratoire de recherches de la chaire de zoologie (INRA-ENSAR), centre de recherches de Rennes, domaine de la Motte au Vicomte, le Rheu, le 12 février 1992. Ont pris part à cette réunion les chercheurs de la station de zoologie et d'apiculture d'Avignon, du laboratoire de neurobiologie comparée des invertébrés de Bures-sur-Yvette, du laboratoire de zoologie de Lusignan et du laboratoire de zoologie de Rennes, le Rheu. Un temps suffisant a pu être consacré à des contacts et des discussions. Les résumés des communications sont publiés ci-après.

**The National Institute of Agronomic Research (INRA, France)
Seminar on Pollination: Report of the Meeting at Rennes, February 12, 1992**

The National Institute of Agronomic Research (INRA, France) Seminar of the Zoological Department took place at the laboratory of the chair of Zoology (INRA-ENSA) Research Center of Rennes (Domaine de la Motte-au-Vicomte, Le Rheu) on February 12, 1992. The participants at this meeting were researchers from the following laboratories: Zoologie and Apiculture at Montfavet near Avignon, Neurobiologie Comparée des Invertébrés at Bures-sur-Yvette, Zoologie at Lusignan and Zoologie at le Rheu near Rennes. Sufficient time was available for personal contacts and discussions. Summaries of communications have been given below.

**Arbeitsgruppe Bestäubung des nationalen Forschungsinstituts für Landwirtschaft
(INRA) Bericht über die Tagung in Rennes am 12 Februar, 1992**

In diesem Jahr fand die Jahrestagung der Arbeitsgruppe 'Bestäubung' der Zoologischen Abteilung der INRA am 12 Februar, 1992 im Forschungslaboratorium des Lehrstuhles für Zoologie (INRA-ENSA), Forschungszentrum Rennes, Domaine de la Motte-au-Vicomte, Le Rheu, statt. Teilnehmer der Tagung waren Wissenschaftler von der Station für Zoologie und Apiculture in Avignon, des Laboratoriums für Vergleichende Neurobiologie der Wirbellosen Tiere in Bures-sur-Yvette, des Zoologischen Laboratoriums von Lusignan und des Zoologischen Laboratoriums von Rennes, Le Rheu. Es wurden sieben Vorträge gehalten. Außerdem blieb genügend Zeit für persönliche Kontakte und Diskussionen.

Liste des communications**List of reports****Verzeichnis der Referate**

1. Comportements de butinage et efficacité pollinisatrice de l'abeille domestique (*Apis mellifera* L) sur le melon cantaloup (*Cucumis melo* L) cultivé sous abris. *B Vaissière, F Malabœuf, JP Torregrossa, G Rodet, M Cousin*

Foraging behavior and pollinating efficiency of honeybees (*Apis mellifera* L) on cantaloupes (*Cucumis melo* L) grown in greenhouses

Sammelverhalten und Bestäubungsleistung der Honigbiene (*Apis mellifera*) bei Kantalupe-Melonen (*Cucumis melo* L) unter Glashauskultur

2. Effet de la pollinisation sur la qualité des graines de carotte. *G Rodet, JP Torre Grossa, B Vaissière*

Pollination as a factor in carrot seed quality
Bestäubung als Qualitätsfaktor bei Karottensamen

3. Criblage des composés volatils de colza actifs sur le comportement des abeilles : couplage comportement – chromatographie en phase gazeuse. *MH Pham-Delegue, M Le Métayer, AL Picard-Nizou, L Wadhams*

Screening of oilseed rape volatiles behaviorally active in honeybees: behavior and gas chromatography coupling

Analyse flüchtiger Stoffe des Ölrapss mit Wirkung auf das Verhalten der Honigbienen: Verbindung von Studien des Verhaltens und der Gaschromatographie

4. Analyse des séquences de butinage sur colzas transgéniques et témoins. *AL Picard-Nizou, V Kerguelen, MH Pham-Delegue*

Analysis of honeybees foraging sequences on transgenic and control oilseed rape (*Brassica napus*)

Analyse der Abfolge des Sammelverhaltens auf transgenischem und einer Kontrolllinie von Raps (*Brassica napus*)

5. Marqueurs allozymiques chez *Vicia faba* L. Applications à l'estimation des taux d'allogamie après pollinisation par les bourdons. *S Carre*

Allozyme markers in *Vicia faba* L. Estimate of cross-fertilization rates after pollination by *Bombus* sp

Allozym-Marker bei der Pferdebohne *Vicia faba* L Schätzung der Rate der Kreuzbestäubung nach Bestäubung durch Hummeln (*Bombus* sp)

6. Rôle des Apoïdes (Insecta: Hymenoptera) sur la pollinisation de la féverole de printemps (*Vicia faba* L var *equina* Steudel). *J Mesquida, J Leguen, G Morin*

Role of Apoidea (Insecta: Hymenoptera) in the pollination of spring type faba bean (*Vicia faba* L var *equina* Steudel)

Rolle der Apoidea (Insekten: Hymenoptera) bei der Bestäubung einer Frühjahrs-sorte der Pferdebohne (*Vicia faba* L var *equina* Steudel)

7. Entomofaune associée à la floraison du colza de printemps (*Brassica napus* L): Syrphidae (Insecta: Diptera). *E Brunel, D Cadou, J Mesquida*

Entomofauna associated with flowering of male fertile spring rape seed (*Brassica napus* L): Syrphidae (Insecta, Diptera)

Die Insektenfauna der Blüten des Winter-raps (*Brassica napus* L): Schwebfliegen (Syrphidae, Diptera)

1. Comportements de butinage et efficacité pollinisatrice de l'abeille domestique (*Apis mellifera* L) sur le melon cantaloup (*Cucumis melo* L) cultivé sous abris. B Vaissière, F Malabœuf, JP Torre Grossa, G Rodet, M Cousin (INRA, station de zoologie et d'apiculture, BP 91, F-84143 Montfavet Cédex, France)

Le melon cantaloup appartient à une espèce monoïque, ou andromonoïque, entomophile, et non parthénocarpique, la pollinisation est donc un facteur essentiel pour la production de ses fruits. Des résultats obtenus en 1990 ont montré qu'une trop forte intensité de pollinisation en début de saison pouvait se traduire par une augmentation de la vitescence des fruits en cultures précoces conduites sous abris. Pour mieux maîtriser l'intensité de pollinisation, l'un des niveaux où l'on pourrait intervenir est l'efficacité individuelle des pollinisateurs en fonction de leur comportement de butinage.

L'étude a été réalisée en 1991 en Provence-Alpes-Côte d'Azur avec le cultivar Alpha (hybride F₁ monoïque) dans 2 compartiments de serre mené l'un en pleine terre et l'autre en culture hydroponique. Deux petites colonies d'abeilles ont été introduites dans chaque compartiment. Pour déterminer les ressources butinées (nectar, pollen ou les 2 ensemble), on a analysé le contenu du jabot de butineuses capturées sur les fleurs et à leur retour à l'entrée des ruches. Le pollen de melon piégé dans la toison des abeilles a été recueilli et sa viabilité déterminée par réaction fluorochromatique (Shivanna et Heslop-Harrison, 1981). La viabilité du pollen des fleurs ainsi que les caractéristiques de leur nectar ont aussi été mesurées. L'efficacité pollinisatrice des différents types de butineuses a été évaluée par le taux de nouaison et le nombre de graines viables dans les fruits provenant

de fleurs n'ayant reçu qu'une seule visite d'abeille.

Les distributions des volumes et des concentrations du contenu du jabot des abeilles capturées sur les fleurs étaient similaires pour les butineuses avec et sans pelotes, indiquant que les abeilles porteuses de pelotes étaient des butineuses «mixtes» qui récoltaient à la fois nectar et pollen. L'analyse du contenu du jabot des abeilles à leur retour à la ruche a confirmé ce résultat. Les proportions de pollen de melon viable étaient similaires dans les 2 compartiments, mais elles ont varié de façon significative en fonction de l'origine du pollen avec une moyenne de 82% dans les fleurs, 46% dans la toison des butineuses de nectar et 28% dans la toison des butineuses mixtes. La viabilité plus faible du pollen extrait de la toison des butineuses est cohérente avec les résultats d'autres auteurs utilisant des tests de germination du pollen (revue dans Mesquida et Renard, 1989). La différence de viabilité du pollen de la toison liée au comportement de butinage suggère que les mécanismes de broyage du pollen varient en fonction du comportement de butinage de l'abeille selon que le pollen est mis en pelotes ou non.

Le taux de nouaison et le nombre de graines viables par fruit étaient similaires pour les melons résultant de la visite d'une butineuse de nectar stricte ($n = 56$) ou d'une butineuse mixte ($n = 93$). Le taux de nouaison moyen était de 37,3% avec une moyenne de 210 ± 16 (ES) graines viables par fruit. Cette efficacité pollinisatrice élevée et uniforme des abeilles domestiques indique que, dans notre système, il ne sera pas possible de moduler l'intensité de pollinisation en modifiant le comportement de butinage.

Foraging behavior and pollinating efficiency of honey bees (*Apis mellifera* L)

on cantaloupes (*Cucumis melo* L) grown in greenhouses

Cantaloupes are monoecious, or andro-monoecious, entomophilous and non-parthenocarpic plants and pollination is therefore essential for fruit production. Studies conducted in 1990 showed that too high a pollination intensity at the beginning of the blooming season could result in an increase in melon glassiness for plants grown under cover. One possible way to control pollination intensity would be to modify the pollination efficiency of individual foragers by altering their foraging behavior.

The study was conducted in 1991 in southeast France (Provence-Alpes-Côte d'Azur) with cultivar Alpha (monoecious F₁ hybrid) grown in soil in one greenhouse and in hydroponic solution in an adjacent greenhouse. Two small colonies of honey bees were placed in each greenhouse. The crop content of foragers captured in the flowers or upon return to their hive was analyzed to determine the type of resource foraged (nectar or pollen only, or nectar and pollen together). Melon pollen caught in the hairs of foragers was removed and its viability measured by the fluorochromatic reaction (Shivanna and Heslop-Harrison, 1981). Viability of pollen from flowers and concentration of floral nectar were also measured. The pollinating efficiency of foragers with and without pollen pellets was determined by the fruit set and number of germinating seeds per melon in fruit resulting from single bee visits.

Volumes and concentrations of the crop content of bees captured in flowers had similar distributions for foragers with and without pollen in their corbiculae. This indicated that the foragers with pollen pellets were in fact foraging for both nectar and pollen. The analysis of the crop content of foragers captured at the hive entrance confirmed this result. The proportions of viable

melon pollen were similar between the two greenhouses, but they were significantly different based on their origin with an average of 82% for the pollen of the anthers, 46% for the pollen from the haircoat of nectar foragers, and 28% for the pollen from the haircoat of foragers gathering both nectar and pollen. The lower viability of the pollen from the haircoat of foragers was consistent with previous results using pollen germination tests (see review in Mesquida and Renard, 1989). Differences in pollen viability associated with foraging behavior suggest that the grooming behavior of honey bees varied in relation with the resources foraged, specifically with whether the pollen was harvested or discarded.

Fruit set and number of viable seeds per fruit were similar for melons resulting from the single visit of a honey bee gathering nectar only ($n = 56$) or nectar and pollen together ($n = 93$). The average fruit set was 37.3% with an average of 210 ± 16 (SE) viable seeds per fruit. This uniformly high pollinating efficiency of honey bees indicates that, in our system, it will not be possible to modify the pollination intensity by altering the foraging behavior.

Sammelverhalten und Bestäubungsleistung der Honigbiene (*Apis mellifera*) bei Kantalupe-Melonen (*Cucumis melo* L) unter Glashauskultur

Die Kantalupe-Melone ist eine monözische oder andro-monözische, insektenblütige Pflanze, ohne Parthenokarpie; sie benötigt daher zur Entwicklung von Früchten unbedingt die Bestäubung. Die Ergebnisse der Versuche von 1990 haben gezeigt, daß eine zu starke Intensität der Bestäubung am Beginn der Saison bei Kulturen unter Glas zu einer Erhöhung der Glasigkeit der Früchte führen kann. Ein möglicher Weg zur Kontrolle der Bestäubungsintensität der einzelnen Sammelbienen ist eine Änderung des Sammelverhaltens.

Die Untersuchung wurde 1991 in Südostfrankreich (Provence, Alpes, Cote d'Azur) mit dem Stamm Alpha (eine einhäusige F₁-Hybride) in einem Glashaus mit Bodenkultur und in einem anderen Glashaus mit Hydroponik durchgeführt. In jede Abteilung wurden zwei kleine Bienenvölker eingestellt. Um die Ergiebigkeit der Tracht an Nektar, Pollen oder beiden zu bestimmen, wurden der Honigblaseninhalte der an den Blüten oder bei Rückkehr zum Volk gefangenen Sammlerinnen untersucht. Der im Haarkleid der Trachtbienen haftende Melonenpollen wurde gesammelt und seine Lebensfähigkeit mittels der Fluorchrom-Reaktion nach Shivanna und Haslop-Harrison, 1981, bestimmt. Die Lebensfähigkeit des Pollens aus den Blüten und die Konzentration des Nektars wurden ebenfalls gemessen. Die Bestäubungsleistung der Bienen mit oder ohne Pollenladungen wurde aus dem Fruchtansatz und der Anzahl keimender Samen pro Melone bei Früchten bestimmt, die sich nach dem Besuch durch eine einzelne Biene entwickelt hatten.

Menge und Konzentration des Honigblaseninhalts von Bienen mit und ohne Pollen in den Körbchen zeigten eine etwa gleiche Verteilung. Das zeigt, daß Bienen mit Höschchen sowohl Nektar wie Pollen gesammelt hatten. Die Analyse des Honigblaseninhalts der am Flugloch gefangenen Sammlerinnen bestätigte dieses Ergebnis. Der Anteil lebensfähigen Pollens war in beiden Glashäusern ähnlich, aber es bestand ein großer Unterschied zwischen den verschiedenen Herkunftsorten: Pollen aus den Blüten keimte zu 82%, Pollen aus dem Haarkleid von Nektarsammlerinnen nur zu 42% und solcher aus den Haaren von Pollen- und Nektarsammlerinnen zu 28%. Die geringere Lebensfähigkeit von Pollen aus dem Haarkleid der Trachtbienen stimmt mit früheren Resultaten überein, die mit Pollenkeimtests durchgeführt worden waren (Übersicht in Mesquida und

Renard, 1989). Der Unterschied in der Lebensfähigkeit des Pollens in Zusammenhang mit dem Sammelverhalten deutet darauf hin, daß sich das Putzverhalten der Bienen mit dem Sammelgut ändert, insbesondere je nach dem, ob Pollen gesammelt oder abgeburstet wird.

Fruchtansatz und Anzahl lebensfähiger Samen waren ähnlich bei Melonen, die sich nach dem Besuch einer einzigen Biene entwickelt hatten, gleichgültig, ob die Biene nur Nektar ($n = 56$) oder Nektar und Pollen ($n = 93$) gesammelt hatte. Der mittlere Fruchtansatz betrug 37,3% mit einem Durchschnitt von 210 ± 16 keimfähiger Samen pro Frucht. Dieser gleichmäßig hohe Bestäubungseffekt der Honigbienen weist darauf hin, daß es bei unserem System nicht möglich sein wird, die Bestäubungsintensität durch Änderung des Sammelverhaltens zu beeinflussen.

Shivanna KR, Heslop-Harrison J (1981) Membrane state and pollen viability. *Ann Bot* 47, 759-770

Mesquida J, Renard M (19789) Étude de l'aptitude à germer *in vitro* du pollen de colza (*Brassica napus* L) récolté par l'abeille domestique (*Apis mellifera* L). *Apidologie* 20, 197-205

2. Effet de la pollinisation sur la qualité des graines de carotte. G Rodet, JP Torrè Grossa, B Vaissière (INRA, Station de recherches de zoologie et d'apiculture, Domaine Saint-Paul, BP 91, 84143 Montfavet, France)

Les graines de carotte (*Daucus carota* L) manifestent des capacités germinatives variables en corrélation avec l'intensité de la pollinisation appliquée sur les fleurs de la plante porte-graines.

Les résultats de la saison 1990 avaient montré la précocité de l'acquisition de la capacité germinative des graines pendant leur période de maturation. Mais les traite-

ments différents de pollinisation (variations de la quantité moyenne de grains de pollen déposés sur les stigmates) n'avaient pas eu d'effet significatif sur ce critère de qualité des semences, mesuré avant la récolte. Les différences de capacités germinatives corrélées au facteur pollinisation, observées après la récolte, n'étaient donc pas expliquées.

L'hypothèse générale, pour la saison 1991, était que les effets du facteur pollinisation devaient s'exprimer à l'occasion de l'acquisition de la tolérance à la dessiccation, au cours du séchage et/ou au cours des manipulations liées à la récolte.

Les graines prélevées à partir du 36^e jour après la date de la nouaison ($tn + 36$) ont été soumises à 6 conditions de séchage différentes. Les capacités germinatives de ces graines ont montré que la tolérance à la dessiccation était déjà acquise à cette date. Les séchages ont amélioré les performances des graines des lots prélevés aux 2 premières des 6 dates de prélèvements ($tn + 36$ et $tn + 41$).

Les graines des inflorescences étudiées ont été récoltées à la main à $tn + 64$ dans chacun des rangs de la culture. Les lots ont été divisés en 2 pour subir des conditions de séchage différentes après la récolte. Les conditions de séchage sévères (au soleil) plutôt que ménagées (20 °C et 50% HR) et le défaut de pollinisation concourent indépendamment à l'augmentation de la proportion de graines abîmées par le battage (perte de tout ou partie de leurs enveloppes). Les graines abîmées manifestent des capacités germinatives inférieures d'environ 30% à celles des graines présentant des enveloppes intègres. Les variations de l'intensité de pollinisation déterminent des variations du calibre moyen des graines et, par là, des résistances différentes à l'épreuve du battage. Cela serait la principale explication des pertes de qualité observées dans les lots de graines de

gros calibres produites dans des conditions de sous-pollinisation.

Pollination as a factor in carrot seed quality

Germination ability in carrot seeds (*Daucus carota* L.) varies with pollination intensity (mean amount of pollen deposited on the stigma).

In 1990, results demonstrated that germination ability was acquired early in maturing seeds. However, when seeds were tested before normal harvest time, no significant differences were found in germination rates among pollination treatments (pollination intensities), and the significant differences observed after normal harvest were not explained.

In 1991, our working hypothesis was that the pollination factor might express itself during the acquisition of desiccation tolerance, during the desiccation itself and/or during the various stages of seed harvest and subsequent milling and conditioning. Seeds were collected starting on the 36th day after fruit set (D + 36) and dried following six different procedures. Germination tests demonstrated that the desiccation tolerance was already acquired at D + 36 and drying the seeds improved their germination ability on the first two collecting dates (D + 36 and D + 41).

Seeds were hand-harvested at D + 64 on the marked inflorescence in each crop row. Seed lots were split in half and submitted to different post-harvest drying conditions. Hard drying (exposure to the sun) rather than light drying (controlled chambers at 20 °C and 50% relative humidity (RH) and reduced pollination intensities independently increased the proportion of seeds damaged during threshing, *ie* which have their tegument broken or removed. Such seed exhibited germination rates 30% lower than those with intact teguments.

Pollination intensity determined the average size of carrot seeds, and likely their resistance to threshing. Our results suggest that this is the main factor explaining losses in seed quality resulting from pollination deficiency.

Bestäubung als Qualitätsfaktor bei Karottensamen. Die Keimfähigkeit der Karottensamen (*Daucus carota* L) schwankt mit der Intensität der Besamung (mittlere Pollenmenge, die auf die Blüthenarbe gebracht wird)

Die Versuche von 1990 zeigten, daß die Keimfähigkeit der Samen schon frühzeitig während der Reifung der Samen erworben wurde. Als jedoch vor der normalen Erntezeit geerntete Samen geprüft wurden, ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Bestäubungsansätzen (Bestäubungsintensität) und die signifikanten Unterschiede bei Samen aus der normalen Erntezeit konnten nicht erklärt werden.

Im Jahre 1991 sind wir von der Arbeitshypothese ausgegangen, daß sich der Bestäubungsfaktor während der Erwerbung der Austrocknungstoleranz, während der Austrocknung selbst und/oder während der verschiedenen Prozesse der Samenernte, Bearbeitung und Konditionierung auswirken könnte. Die Samen wurden vom Tag 36 nach Samenansatz an (J + 36) gesammelt und nach 6 verschiedenen Methoden getrocknet. Keimtests zeigten, daß sich die Keimfähigkeit zu den ersten beiden Sammeldaten (J + 36 und J + 41) erhöhte.

Samen wurden am Tag J + 64 von markierten Blütenständen aus jeder Reihe der Pflanzung handgeerntet. Die Samenportionen wurden in zwei Hälften geteilt und verschiedenen Trocknungsverfahren unterworfen. Hartes Trocknen (in der Sonne) und verringerte Bestäubungsintensität erhöhten unabhängig voneinander eher den

Anteil von Samen mit Schalen, die während des Dreschens zerbrachen oder entfernt wurden, als sanftes Trocknen (kontrollierte Kammern bei 20 °C und 50% RH). Hart getrocknete Samen hatten eine um 30% niedrigere Keimungsrate als Samen mit intakter Schale.

Die Bestäubungsintensität beeinflusste die Größe der Karottensamen und wahrscheinlich auch ihre Resistenz gegenüber dem Dreschen. Unsere Resultate legten nahe, daß dies der Hauptfaktor ist, der die Verluste an Samenqualität nach ungenügender Bestäubung erklärt.

3. Criblage des composés volatils de colza actifs sur le comportement des abeilles. Couplage comportement-chromatographie en phase gazeuse.

MH Pham-Delegue ¹, M Le Metayer ¹, AL Picard-Nizou ¹, L Wadhams ² (¹ INRA-CNRS, Laboratoire de neurobiologie comparée des invertébrés, BP 23, 91440 Bures-sur-Yvette, France; ² Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Herts, AL5 2JQ, Grande Bretagne)

Afin de mettre en évidence et d'identifier les constituants de l'arôme de colza (*Brassica napus*) actifs sur les réponses biologiques de l'abeille (*Apis mellifera*), nous avons mis au point une méthode de couplage d'analyses comportementales et chimiques. Le test biologique utilisé est le réflexe d'extension conditionnée du proboscis (ECP), chez des butineuses maintenues en contention. La réponse réflexe est obtenue en stimulant les récepteurs gustatifs de l'antenne avec une solution sucrée (stimulus inconditionnel). En associant le stimulus inconditionnel à une stimulation odorante (stimulus conditionnel) et en récompensant l'abeille avec une solution sucrée, on obtient la réponse d'extension du proboscis (réponse conditionnée) par simple présentation de l'odeur.

Des lots d'abeilles ont été conditionnés à l'aide de différentes concentrations d'un mélange de 6 produits identifiés dans les émissions volatiles du colza. Les produits constitutifs du mélange ont ensuite été testés individuellement. Une hiérarchie dans les réponses des abeilles est apparue, 3 produits (linalol, 2-phénol-éthanol, méthyl salicylate) étant particulièrement actifs dans le déclenchement de la réponse conditionnée.

L'expérimentation a été reproduite en conditionnant puis en stimulant des abeilles à l'aide d'un extrait volatil d'inflorescences de colza, délivré directement en sortie de chromatographe en phase gazeuse (CPG) sur la préparation biologique. Au sein d'un mélange naturel constitué par plusieurs dizaines de composés, le couplage simultané CPG-ECP met en évidence que seul un nombre limité de composés sont actifs. Ces composés seront identifiés par couplage CPG-SM.

Une extension de la méthode CPG-ECP à l'enregistrement simultané des réponses antennaires (EAG) est en cours. Un tel ensemble de méthodes devrait permettre le criblage des composés volatils floraux impliqués dans l'orientation à distance des abeilles, et constitue un outil d'évaluation des éventuelles modifications des émissions de la plante, consécutives aux manipulations génétiques.

Screening of oilseed rape volatiles behaviorally active in honeybees: coupled gas chromatography-behavioral assays

Coupled behavioral and chemical techniques have been developed to locate and identify volatile constituents of oilseed rape eliciting biological responses in honeybees. The conditioned proboscis extension (CPE) in restrained foraging bees was used as a bioassay. The reflex response is obtained by stimulating the antennae with

a sugar solution (unconditioned stimulus). By associating the unconditioned stimulus with an odor stimulation (conditioned stimulus), and by rewarding the bee with a sugar solution, the proboscis extension (conditioned response) is obtained after presenting the odor alone.

Bees were conditioned to different concentrations of a mixture of 6 compounds known to be present in oilseed rape flower volatiles. When the components were tested individually, linalol, 2-phenyl ethanol, and methyl salicylate were most active in eliciting the conditioned response.

Bees were then conditioned to an extract of oilseed rape volatiles and tested by a coupled gas chromatography (GC)-CPE assay. Only a limited number of compounds in the extract were found to be active; these are currently being identified by coupled gas chromatography-mass spectrometry.

The coupled GC-CPE assay is now being developed to include the simultaneous recording of electroantennograms. This system will allow screening of flower volatiles involved in long-range attraction of honeybees, and constitutes a powerful tool for evaluating possible changes in volatiles due to plant genetic engineering.

Honigbienen: Kopplung von Studien des Verhaltens und der Gaschromatographie

Gekoppelte Verhaltens- und chemische Techniken wurden entwickelt, um flüchtige Bestandteile des Ölrap zu lokalisieren und zu bestimmen, die biologische Reaktionen bei der Honigbiene auslösen. Der konditionierte Rüsselstreckreflex (CPE) bei gefesselten Trachtbienen wurde als Bio-test benutzt. Die reflektorische Antwort wird durch Berührung der Antenne mit einer Zuckerlösung ausgelöst (unkonditionierter Reiz). Durch Verbindung des un-

konditionierten Reizes mit einem Geruchsreiz (konditionierter Reiz), und durch gleichzeitige Belohnung der Biene mit einer Zuckerlösung, wird die Ausstreckung des Rüssels nach Einwirkung des Duftes allein ausgelöst (konditionierte Reflexantwort).

Bienen wurden für verschiedene Konzentrationen einer Mischung von 6 Bestandteilen konditioniert, die aus den flüchtigen Substanzen aus Rapsblüten bekannt waren. Wurden die Komponenten allein getestet, so erwiesen sich Linalol, 2-Phenyl-Äthanol und Methyl-Salizylat als am aktivsten bei der Auslösung des Rüsselstreckreflexes.

Daraufhin wurden Bienen für einen Extrakt aus Rapsduftstoffen konditioniert und in einer gekoppelten Gaschromatographie-(GC)-CPE-Analyse getestet. Es erwies sich nur eine begrenzte Anzahl von Komponenten des Extrakts als aktiv, und diese werden gegenwärtig in einer gekoppelten Gaschromatographie-Massenspektrometrie bestimmt.

Die gekoppelte GC-CPE-Analyse wird jetzt durch Einbeziehung der gleichzeitigen Aufzeichnung der Elektro-Antennogramme weiterentwickelt. Dieses System wird ein Herausfiltern von Blütendüften ermöglichen, die Honigbienen über weite Strecken anlocken. Es handelt sich um ein wirkungsvolles Instrument zur Beurteilung möglicher Veränderungen bei Duftstoffen als Folge von «genetic engineering» bei Pflanzen.

4. Analyse des séquences de butinage sur colzas transgéniques et témoins. AL Picard-Nizou, V Kerguelen, MH Pham-Delegue (*INRA-CNRS, Laboratoire de neurobiologie comparée des invertébrés, BP 23, 91440 Bures-sur-Yvette, France*)

Afin d'évaluer les conséquences éventuelles de modifications liées aux manipula-

tions du génôme de colza (*Brassica napus*) sur le comportement de butinage des abeilles (*Apis mellifera*), nous avons développé une méthode d'analyse quantitative du comportement des butineuses sur les inflorescences d'un couple colza transgénique (T)-référence (R). La méthode repose sur l'enregistrement vidéo de séquences comportementales, analysées à l'aide d'un acquisateur d'événements (Tandy 102), programmé au moyen du logiciel Observer (Noldus Information Technology), et compatible avec un logiciel de traitement statistique (Statgraphics) sur microordinateur IBM PC. L'activité de butinage sur des hampes florales de génotypes témoins ou transgéniques est enregistrée pendant 45 min. Le comportement de chaque individu est enregistré en terme de durée de visite, nombre de fleurs visitées, nombre d'essais (récolte de nectar) par fleur. Nous avons ainsi montré que :

- la distribution des individus en fonction du nombre de fleurs visitées au cours d'un vol est différente pour R et T, la classe des individus visitant 3 fleurs étant plus importante sur R;
- le temps moyen par fleur sur R est constant, de la première à la dernière fleur visitée lors d'un vol, et inférieur à celui passé sur T, où les visites aux dernières fleurs sont écourtées.

De telles différences intergénotypes ont été révélées par l'analyse détaillée des séquences comportementales, alors qu'aucune différence n'apparaît si on enregistre seulement la répartition des butineuses sur les génotypes. Cette méthode de quantification du comportement de butinage constitue donc un outil d'analyse du comportement utilisable pour l'évaluation de l'impact des cultures transgéniques sur les insectes pollinisateurs. Les comportements observés devront être mis en relation avec d'éventuelles modifications des médiateurs chimiques impliqués dans les choix des insectes.

Analysis of honeybee foraging sequences on transgenic and control oilseed rape (*Brassica napus*)

To evaluate the possible effects of genetically modified oilseed rape (*Brassica napus*) plants on honeybee (*Apis mellifera*) foraging behaviour, a quantitative analysis of the foraging behaviour on flowers of a genetically modified/control (M/C) pair of plants was conducted. The analysis method was based on video recordings of foraging sequences; data were collected by means of an event recorder (Tandy 102) programmed with Observer software (Noldus Information Technology), and treated with compatible statistics software (Statgraphics) on an IBM PC. Foraging activity was recorded for 45 min. Individual behaviour was analyzed in terms of visit duration, number of flowers visited, and number of foraging trials per flower (nectar collection). This showed that:

- the distribution of bees according to the number of flowers visited during a foraging flight was different on M and C plants, the class of bees visiting three flowers being higher on C plants;
- the mean time spent per flower on C plants was constant from the first to the last flower visited during one foraging flight, and lower than the time spent on M plants where visits to the last flowers were shortened.

Such inter-genotype differences were shown after a detailed analysis of the foraging sequences, whereas no difference was found by direct recording of visit distribution on the plants. Therefore, this method is a reliable tool for evaluating the impact of genetically modified plants on the behaviour of pollinating insects. The recorded behaviours will be compared to possible changes in chemicals mediating the insects' choices.

Analyse der Abfolge des Sammelverhaltens von Honigbienen auf einer transgenischen und einer Kontrolllinie von Raps (*Brassica napus*)

Um die möglichen Effekte von genetisch veränderten Ölrapspflanzen (*Brassica napus*) auf das Sammelverhalten von Honigbienen (*Apis mellifera*) zu bewerten, wurde eine quantitative Analyse des Sammelverhaltens auf Blüten eines Pflanzenpaars durchgeführt, das aus einer genetisch modifizierten (M) und einer Kontrollpflanze (C) bestand. Die Analyse beruht auf Videoaufnahmen von Sammelsequenzen; Daten wurden auf einem Event Recorder Tandy 102 nach Programmierung mit der Observer Software (Noldus Information Technology) gespeichert und auf einem PC Computer mit einer kompatiblen Statistik-Software (Statgraphics) bearbeitet. Die Sammelaktivität wurde 45 min lang gespeichert. Das individuelle Verhalten wurde in Hinblick auf Besuchsdauer, Anzahl besuchter Blüten und Anzahl von Sammelversuchen pro Blüte (Nektarsammeln) analysiert. Dabei konnte gezeigt werden:

- die Verteilung der Bienen entsprechend der Anzahl besuchter Blüten während eines Trachtfluges war an M and C Pflanzen verschieden: die Klasse mit Bienen, die 3 Blüten besuchten, war bei C Pflanzen höher;
- die mittlere Besuchsdauer pro Blüte war an C Pflanzen von der ersten bis zur letzten besuchten Blüte auf einem Trachtflug konstant, und geringer als die auf M Pflanzen verbrachte Zeit, wo die Besuche auf den letzten Blüten abgekürzt wurden.

Solche Unterschiede zwischen den Genotypen konnten nach einer detaillierten Analyse der Sammelsequenzen aufgezeigt werden, wogegen bei einer direkten Aufzeichnung der Verteilung der Besuche auf den Pflanzen keine Unterschiede gefunden wurden. Deshalb erweist sich diese

Méthode als verlässliches Werkzeug zur Abschätzung der Auswirkung der genetischen Veränderungen an Pflanzen auf das Verhalten der bestäubenden Insekten. Das aufgezeichnete Verhalten muß mit den möglichen Veränderungen der chemischen Verbindungen, die das Auswahlverhalten der Insekten steuern, korreliert werden.

5. Marqueurs allozymiques chez *Vicia faba* L. Applications à l'estimation des taux d'allogamie après pollinisation par les bourdons. S Carre (INRA, laboratoire de zoologie, F-86600 Lusignan, France)

La caractérisation de 58 lignées de féverole de type printemps et hiver a été entreprise afin de disposer de marqueurs neutres codominants pour l'estimation des flux géniques consécutifs aux transferts de pollen effectués par les principaux vecteurs : *Bombus hortorum*, *lapidarius*, *agrorum* et *terrestris*. La technique mise en œuvre, l'électrophorèse sur amidon, effectuée après prélèvement non destructeur sur la graine sèche, a été pratiquée de 1989 à 1991 sur plus de 9 000 graines représentant des lignées fixées, des descendances issues de fécondations croisées ou non, obtenues sous cages avec pollinisateurs, ou bien des descendances F_2 réalisées après autofécondation des graines hétérozygotes F_1 . Parmi une vingtaine de systèmes enzymatiques testés, 6 ont été retenus : AAT, ADH, GPI, IDH*, 6-PGD*, et SKD* dont 3 (*) n'ont pas été décrits. L'observation des ségrégations en F_2 a permis de conclure à l'existence de 18 allèles gouvernés par 8 loci polymorphes. Les loci 6-PGD₁ et 6-PGD₂ à 3 allèles chacun sont très discriminants pour le matériel végétal étudié. L'utilisation de ce système enzymatique complété par un ou plusieurs autres marqueurs permet d'analyser l'origine du pollen fécondant dans la plupart des combinaisons de lignées.

Ces marqueurs ont permis de mesurer en conditions expérimentales variées les taux d'allogamie entre lignées. En 1990–1991, ce taux, pour 24 couples de lignées de printemps isolées en présence de *Bombus lapidarius* varie entre 2% et 28% avec une moyenne de 10%. En conditions contrôlées, en présence d'une ouvrière de *B terrestris*, le taux de graines hybrides induit par une séquence de butinage alterné plante à plante D23 x D27 est inférieur à 18%. Ces résultats confirment les faibles pourcentages obtenus en champ sous cages à Rennes en 1988 (Mesquida *et al*, 1990; Carre *et al*, 1991). Par ailleurs, nous avons estimé les transferts de pollen effectués par des ouvrières de *B pascuorum* et *B terrestris* entre lignée donneuse de pollen (D27) et lignée réceptrice mâle-stérile (Ad23). La densité de grains de pollen sur les stigmates (Ad23) demeure très faible : en moyenne 95 grains déposés sur 27 fleurs visitées en séquence par *B terrestris* préalablement chargé sur 10 fleurs mâle-stériles. Ceci peut expliquer la cause principale des taux d'intercroisements observés.

L'extension de ces études à d'autres lignées de *Vicia faba* et de pollinisateurs est envisagée. Par ailleurs, un dispositif en champ de parcelles alternées des lignées D23 et D27 est en cours d'analyses afin de mettre en évidence un éventuel gradient d'allogamie en fonction de l'éloignement de la lignée donneuse D27.

Allozyme markers in *Vicia faba* L. Estimate of cross-fertilization rates after pollination by *Bombus* sp

The characterization of 58 lines of spring and winter faba bean by codominant neutral markers was undertaken to estimate gene flow following pollen dispersal by various vectors: *Bombus hortorum*, *B lapidarius*, *B pascuorum* and *B terrestris*. We used

starch gel electrophoresis on non-destructive core-samples of mature seeds. From 1989 to 1991, > 9 000 seeds were examined. They belonged to inbred lines, progenies of self- or cross-pollinated plants in cage, and F_2 progenies of selfed F_1 heterozygous plants. Six enzymatic systems out of 20 identified were selected: AAT, ADH, GPI, IDH, 6-PGD, SKD, three of which had not been described before: IDH, 6-PGD, SKD. F_2 segregations demonstrated the presence of 18 alleles corresponding to eight polymorphic loci. The most discriminant loci were those of 6-PGD₁ and 6-PGD₂ with 3 alleles each. The use of this enzymatic system added to one or more markers enables the detection of the origin of the pollen in most of the lines when cross-pollinated.

These markers allowed estimation of cross-fertilization rates in our lines, treated according to various experimental conditions. In 1990–1991, these rates ranged between 2–28% (mean: 10%) in 24 couples of lines pollinated by *Bombus lapidarius*. In controlled conditions, the foraging of a *Bombus terrestris* worker alternatively visiting 2 lines (D23 and D27) resulted in cross-fertilization rates of < 18%. These data confirm the low rate in cages and field experiments performed at Rennes in 1988 (Mesquida *et al*, 1990; Carre *et al*, 1991). We studied the transfer of pollen from the donor line D27 onto the stigma of the male sterile line Ad23 by *B pascuorum* and *B terrestris*. The density of pollen grains was very low on the male sterile lines: 95 grains on average on 27 stigmas of flowers visited in sequence by a *B terrestris* worker previously loaded on 10 hermaphrodite flowers. This observation could be the main explanation for the low rate of cross-fertilization in D23 and D27.

Other experiments of this kind using other pollinators and other *faba* bean lines are envisaged. The analysis of the progeny of the line D23 grown in an alternating

pattern with the line D27 is underway (Rennes, 1991). This study may provide evidence of a progression in allogamy in the D23 stripe according to the distance from the donor line D27.

Allozym-Marker bei der Pferdebohne *Vicia faba* L. Schätzung der Rate der Kreuzbestäubung nach Bestäubung durch Hummeln (*Bombus* sp)

Eine Charakterisierung von 58 Linien der Frühjahrs- und Winterpferdebohne durch codominante neutrale Marker wurde zur Schätzung der Genverbreitung nach Pollenverteilung durch verschiedene Vektoren (vor allem Hummeln) durchgeführt: *Bombus hortorum*, *B lapidarius*, *B pascuorum* und *B terrestris*. Wir benutzten Stärkegelelektrophorese an unverletzt entnommenen Proben reifer Samen. Von 1989 bis 1991 wurden mehr als 9 000 Samen untersucht. Sie stammten von ingezüchteten Linien, Nachkommen von selbst- oder kreuzbestäubten Pflanzen in Käfigen und von den F_2 -Nachkommen von selbstbestäubten heterozygoten F_1 -Pflanzen. Sechs enzymatische Systeme aus insgesamt 20, die wir bestimmen konnten, wurden ausgewählt: AAT, ADH, GPI, IDH, 6-PDG, SKD. Drei davon waren vorher noch nicht beschrieben worden: IDG, 6-PDG und SKD. Durch die F_2 -Aufspaltungen wurde die Anwesenheit von 18 Allelen aus 8 polymorphen Loci aufgezeigt. Die am besten diskriminanten Loci waren 6-PDG₁ und 6-PDG₂, jeder mit 3 Allelen. Die Benützung dieses enzymatischen Systems, ergänzt durch einen oder mehrere andere Marker, gestattet die Entdeckung des Ursprungs des Pollens bei den meisten Linien im Falle der Kreuzbestäubung.

Diese Marker ermöglichten die Schätzung der Kreuzbefruchtungsraten bei unseren Linien, die nach verschiedenen experimentellen Ansätzen behandelt worden

waren. 1990-1991 schwankten diese Raten zwischen 2% und 28% (Mittel: 10%) bei 28 Linienpaaren, die von *Bombus lapidarius* bestäubt worden waren. Unter kontrollierten Bedingungen führte die Sammeltätigkeit einer Arbeiterin von *Bombus terrestris*, die abwechselnd zwei Linien (D23 und D27) besuchte, zu Raten an Kreuzbestäubung unter 18%. Diese Daten bestätigen die niedrigen Raten in Käfig- und Feldversuchen in Rennes im Jahre 1988 (Mesquida *et al*, 1990; Carre *et al*, 1991). Wir untersuchten die Übertragung des Pollens von der Spenderlinie D27 auf das Stigma der männlich-sterilen Linie Ad23 durch *B pascuorum* und *B terrestris*. Die Dichte der Pollenkörner an den männlich-sterilen Linien war sehr gering: im Durchschnitt 95 Körner, an 27 Stigmen von Blüten, die in geschlossener Folge von einer Arbeiterin von *B terrestris*, vorher beladen an 10 hermaphroditen Blüten, besucht worden waren. Diese Beobachtung könnte als Haupterklärung für die niedrige Rate an Kreuzbestäubung bei den Linien D23 und D27 gelten.

Andere Versuche dieser Art, mit anderen Bestäubern und anderen Linien der Pferdebohne, sind geplant. Die Analyse der Nachkommenschaft der Linie D23, in alternativen Reihen mit der Linie D27 gepflanzt, ist im Gange (Rennes, 1991). Diese Studie erbringt den Beweis einer fortschreitenden Fremdbestäubung in der Linie D23, in Abhängigkeit von der Entfernung zur Spenderlinie D27.

Carre S, Tasei JN, Mesquida J, Le Guen J (1991) Estimate of outcrossing rate between lines of field beans (*Vicia faba*) in various conditions with isozymic markers. *Acta Horti* 288, 354-358

Mesquida J, Le Guen J, Tasei JN, Carre S, Morin G (1990) Modalités de la pollinisation chez deux lignées de féverole de printemps (*Vicia faba* L var *equina* Steudel). Effets sur les cultures, la productivité et les taux de croisements. *Apidologie* 21, 511-525

6. Rôle des apoïdés (Insectes : Hyménoptera) sur la pollinisation de la féverole de printemps (*Vicia faba* L var *equina* Steudel). J Mesquida ¹, J Leguen ², G Morin ² (¹ INRA, Laboratoire de zoologie, centre de recherches de Rennes, F-35650, Le Rheu; ² INRA, Station d'amélioration des plantes, centre de recherches de Rennes, F-35650, Le Rheu, France)

La féverole est une plante autocompatible dont la biologie florale présente des variations importantes entre l'auto- et l'allogamie (Berthelem, 1976). Les variétés actuellement cultivées en France sont pour certaines constituées de plantes qui s'autopollinisent très bien et d'autres qui présentent des degrés d'autopollinisation plus ou moins importants qui les rendent dépendantes des insectes pollinisateurs (Hyménoptères: Apoïdés principalement). Ainsi pour prendre en compte l'efficacité de la pollinisation sur l'élaboration et la stabilité des rendements, un programme de recherches sur l'influence de différentes modalités de pollinisation dans la formation des organes reproducteurs a été entreprise à Rennes (Ille-et-Vilaine).

Les études ont été effectuées dans des conditions de cages en 1988 (Mesquida *et al*, 1990) puis en 1989 et 1990 sur 2 lignées de féverole génétiquement voisines, présentant une biologie florale différente : une lignée autofertile (D27) et l'autre non autofertile (D23). Diverses espèces pollinisatrices (*Apis mellifera*, *Bombus lapidarius*, *B pascuorum*, *B hortorum*) ont été comparées à la pollinisation par déclenchement manuel, à l'autopollinisation naturelle et à la pollinisation libre de plein champs.

Les résultats ont permis de montrer que :

– la pollinisation par les insectes est sans effets significatifs sur les taux d'avortements, les nouaisons, les composantes du rendement et les rendements de la lignée autofertile D27;

- malgré une production de fleurs très élevée (50% en plus par rapport à D23) et des taux d'avortements importants, D27 a eu pour tous les traitements une productivité plus importante que celle de la lignée D23;
- l'intervention des insectes pollinisateurs n'apparaît pas nécessaire pour la pollinisation et la productivité de D27;
- l'intervention des insectes pollinisateurs est, au contraire, nécessaire et obligatoire pour assurer le déclenchement et la pollinisation de D23, pour réduire significativement les taux d'avortement et accroître les rendements;
- les différentes espèces de pollinisateurs (bourdons et abeilles) n'ont fait apparaître aucune différence significative sur les nouaisons et les composantes du rendement;
- les taux de pollinisation croisée réciproque ont été faibles (de l'ordre de 10–20%, Carré *et al*, 1991).

Ainsi, le fait que les lignées autofertiles soient indépendantes des conditions de pollinisation et de la présence d'insectes pollinisateurs montre que l'autofertilité chez cette plante peut être un moyen de régulariser et de stabiliser le niveau des rendements. Dans ce cas, il serait donc souhaitable de sélectionner des lignées non nectarifères pour favoriser l'autogamie. Au contraire, dans l'optique de la création de variétés hybrides ou synthétiques, il serait souhaitable de sélectionner des lignées non-autofertiles du type D23 plus nectarifères pour améliorer l'attractivité vis-à-vis des pollinisateurs et augmenter leurs fréquences de butinage inter-lignées afin de favoriser l'allogamie et obtenir un bon taux de fécondation croisée.

Role of Apoidea (Insecta: Hymenoptera) in the pollination of spring type faba bean (*Vicia faba* L var *equina* Steudel)

Faba bean is a self-compatible crop with a floral biology that shows marked variations

between autogamy and allogamy (Berthelém, 1976). Some varieties presently grown in France are self-pollinating and others exhibit variable degrees of self-fertility, making them independent of pollinating insects. To determine the efficiency of pollination on yield reliability, a research program was undertaken at Rennes (Ille-et-Vilaine) to assess the role of various pollination conditions on the formation of reproductive organs.

Studies were conducted in insect-proof cages under the same conditions as in 1988 (Mesquida *et al*, 1990), then in 1989 and 1990 on two genetically similar faba bean lines, one of them (D27) being fully self-fertile and the other (D23) not being self-fertile. Different pollinating insect species (*Apis mellifera*, *Bombus lapidarius*, *B pascuorum*, *B hortorum*) were compared as regards tripping, natural selfing and open-field pollination conditions.

The results showed that:

- insect pollination is without any significant effect on abortion rates, pod setting, yield components and yield itself in the self-fertile line D27;
- despite high flower production (50% more than the line D-23) and higher abortion rates than in D23, the self-fertile line D27 exhibited higher productivity than line D23;
- the intervention of pollinating insects does not appear necessary to ensure fertilization and pod setting in line D27;
- on the contrary, pollinating insect intervention is necessary to fertilize D23, to significantly reduce abortion rates and increase yield in this line;
- the different species of insects (honey bees or bumble bees) have shown no significant differences regarding pod setting or yield components.

The rates of reciprocal cross-pollination were very low (from 10–20%; Carré *et al*, 1991).

The fact that the self-fertile lines are independent of pollinating conditions and of the presence of insects to ensure their fertilization indicates that self-fertility might be a means of attaining high, reliable yield levels in this crop. In this case, it might be fruitful to breed genotypes without nectar to favour autogamy. On the contrary, to create synthetic or hybrid varieties it would be interesting to select non self-fertile lines such as D-23 to improve attractivity to insects and increase the frequency of cross-pollination while increasing allogamy.

Rolle der Apoidea (Insekten-Hymenopteren) bei der Bestäubung einer Frühjahrssorte der Pferdebohne (*Vicia faba* L var *equina* Steudel)

Die Pferdebohne ist eine selbstkompatible Pflanze, deren Blütenbiologie eine beträchtliche Variation zwischen Selbst- und Fremdbestäubung zeigt (Berthelhem, 1976). Die gegenwärtig in Frankreich angepflanzten Sorten sind zum Teil Selbstbestäuber, andere wieder sind nur teilweise selbstfertil und deshalb von bestäubenden Insekten (hauptsächlich Bienen) abhängig. Um die Auswirkung der Bestäubung auf die Zuverlässigkeit der Ernte zu berücksichtigen, wurde in Rennes (Ille-de-Vilaine) eine Forschungsprogramm zum Studium der Rolle der Bestäubung in der Fortpflanzung in Angriff genommen. Die Versuche wurden in insektendichten Käfigen in derselben Weise wie 1988 (Mesquida *et al*, 1990) durchgeführt. 1989 und 1990 wurde mit zwei genetisch nahe verwandten Linien gearbeitet, von denen die eine (D27) voll selbstfertil ist, die andere hingegen (D23) nicht. Verschiedene Insekten, wie *Apis mellifera*, *Bombus lapidarius*, *B pratorum* und *B hortorum*, wurden hinsichtlich ihres Einflusses auf 'Tripping', natürlicher Selbstbestäubung und die Bedingungen eines offenen Feldes miteinander verglichen.

Die erzielten Ergebnisse zeigten:

- in der selbstfertilen Linie D27 ist Insektenbestäubung ohne erkennbaren Effekt auf Abortionsrate, Fruchtausatz, Ertragskomponente und Ertrag;
- trotz der beträchtlichen Produktion von Blüten (50% mehr als bei Linie D23) und höheren Abortionsraten zeigte die selbstfertile Linie D27 bei jedem Versuchsansatz eine höhere Produktivität als die Linie D23;
- bei der Linie D27 erscheint die Mitwirkung bestäubender Insekten für die Befruchtung und den Fruchtausatz nicht besonders wichtig;
- im Gegensatz dazu, sind bei der Linie D23 bestäubende Insekten notwendig und obligatorisch zur Befruchtung, um die Abortionsraten zu senken und den Ertrag zu steigern;
- die verschiedenen Insektenarten (Honigbienen oder Hummeln) machen keinen Unterschied beim Fruchtausatz oder Ertrag.

Der Anteil reziproker Kreuzbestäubung war sehr gering (10–20%, Carre *et al*, 1991). Die Tatsache, daß selbstfertile Linien von bestäubenden Insekten und der Bestäubung für die Befruchtung unabhängig sind, könnte als Hinweis dienen, daß Selbstfertilität ein Mittel zur Sicherung hoher und verlässlicher Ernten bei dieser Frucht sein könnte. Aus dieser Sicht wäre es vorteilhaft, nektarlose Linien zur Förderung der Selbstbefruchtung zu züchten. Andererseits wäre es in Hinblick auf die Erzeugung synthetischer oder hybrider Varietäten interessant, nicht-selbstfertile Linien wie D23 zu selektieren, um die Attraktivität für Insekten und den Anteil an Auskreuzungen zu erhöhen.

Berthelhem P (1976) Amélioration génétique de la féverole. *Cultivar* 89, 48-53

Carré S, Taséi JN, Mesquida J, Leguen J (1991) Estimate of out-crossing rate between 2 lines of field beans (*Vicia faba*) in various conditions with isozymic markers. *Acta Horti* 288, 354-358

Mequida J, Leguen J, Tasei JN, Carre S, Morin G (1990) Modalités de la pollinisation chez deux lignées de féverole de printemps (*Vicia faba* L var *equina* Steudel). Effets sur les coulures, la productivité et les taux de croisements. *Apidologie* 21, 511-525

7. Entomofaune associée à la floraison du colza de printemps (*Brassica napus* L) : Syrphidae (Insecta, Diptera). E Brunel ¹, D Cadou ², J Mesquida ¹ (¹ INRA, Laboratoire de zoologie, centre de recherches de Rennes, F-35650, Le Rheu; ² CNRS, Université de Rennes I, Station biologique de Paimpont, F-35380-Plélan le Grand, France)

Chez le colza (*Brassica napus* L), la production de semences hybrides F₁ s'effectue dans un dispositif faisant alterner des bandes cybrides mâles-stériles (SMC ou plantes «femelles») qu'il faut polliniser par des bandes de plantes mâles-fertiles (ou plantes «mâles») «donneuses» de pollen par l'intermédiaire obligatoire d'insectes vecteurs de pollen, abeilles (*Apis mellifera* L) principalement.

Dans un dispositif bloc à 3 répétitions, chaque bloc est constitué de 4 bandes «mâles» bordées de chaque côté de 20 bandes «femelles». Les bandes mesurent 1 m de large et 30 m de long.

Dans un tel dispositif nous avons effectué, par des captures régulières dans des pièges jaunes (Bailliot *et al*, 1976), l'inventaire des insectes visitant les colzas pendant la pleine floraison dont certains sont susceptibles de jouer, avec l'abeille, un rôle pollinisateur non négligeable des cybrides mâles-stériles. Le groupe des Dolichopodidae (Insecta, Diptera) a déjà fait l'objet d'une première note (Brunel *et al*, 1989). Dans celle-ci, nous proposons de donner les résultats obtenus avec les 21 espèces déterminées du groupe des Syrphidae (Insecta, Diptera). Leur distribution a été comparée à celle des autres insectes

capturés dans le dispositif de pièges jaunes et comptés visuellement.

Nous avons capturé au moyen des pièges jaunes plus de 41 000 insectes. Les Diptères représentent la majorité avec 73% des captures (dont 18% de nématocères et 55% de brachycères). Pour les autres groupes, nous avons obtenu 7% d'Hyménoptères, 5% de Coléoptères, 9% d'Homoptères (dont 7% d'aphides et de 2% de psylles).

Dans les 156 prélèvements réalisés pendant 15 j, nous avons capturé 448 syrphes répartis en 21 espèces. Quatre espèces sont particulièrement abondantes : *Eristalis arbustorum*, *E tenax* et *Eristalinus sepulchralis* dans le groupe des *Eristalini* et *Metasyrphus corollae* dans le groupe des Syrphini. Seules les espèces *E arbustorum* et *M corollae* sont présentes dans les pièges à chaque date. *E arbustorum*, espèce dominante dans les pièges jaunes comprend 296 individus dont 9% de femelles. *E tenax* en général très abondant dans tous les sites est faiblement capturé dans les pièges jaunes. Il est largement sous-estimé dans notre dispositif. Les 17 autres espèces sont présentes seulement par quelques individus.

Les syrphes sont plus abondants dans les bandes «mâles». Les effectifs diminuent progressivement ensuite jusqu'à la bande «femelle» la plus éloignée. On note cependant que les captures sont loin d'être négligeables. Les espèces à l'intérieur des groupes des *Eristalini* et des *Syrphini* ont des comportements homogènes. Leur présence dans l'ensemble du dispositif est donc très intéressante sur le plan de la pollinisation.

Les insectes réputés pollinisateurs ont été comptabilisés visuellement. On obtient principalement des Hyménoptères (69%), des Diptères (29%) et quelques rares Lépidoptères et Coléoptères (2%). Parmi les Hyménoptères, les abeilles sont largement

dominantes, elles représentent 57% (densité moyenne calculée = 9 238 abeilles/ha) contre 12% pour les bourdons (*Bombus* spp). Les abeilles sont réparties de façon égale sur toute la parcelle quelle que soit la date de comptage. Les bourdons étaient plus abondants dans les bandes « mâles ».

Les Diptères, Calliphoridés et Syrphidés, estimés à 4 300 individus/ha sont moins nombreux que les abeilles, mais plus abondants que les bourdons. Cinquante pourcent des Diptères sont des éristales soit 14.5% des insectes pollinisateurs totaux comptabilisés. Les Eristalini ont une répartition identique à celle des bourdons tandis que les *Syrphini* se trouvent sur l'ensemble de la parcelle.

Comparativement aux autres familles de Diptères, on constate que le nombre de syrphes capturés aux pièges jaunes bien que faible (448 individus) est cependant plus important que les abeilles (210 individus). Les comptages visuels fournissent une estimation différente sur le plan qualitatif. La répartition sur les bandes « femelles » en fonction de la distance des bandes « mâles » est identique pour ces 2 types de pollinisateurs. Ainsi les 2 techniques utilisées, pièges jaunes et comptages visuels apparaissent comme complémentaires. La première nous permet d'estimer l'importance de certaines classes d'insectes qui peuvent éventuellement jouer un rôle de pollinisateur que la deuxième méthode semble négliger.

Entomofauna associated with flowering of male fertile spring rape seed (*Brassica napus* L): Syrphidae (Insecta, Diptera)

In rape (*Brassica napus* L) F₁ hybrid seed production was carried out in alternated strip design with male sterile cybrid plant (SMC) and a strip of fertile male plant producing pollen. In this design, pollination,

which is partially anemophilous, depends on action by pollen vector insects.

Observations were therefore made in 1987 in Rennes (Brittany). The pollination of male sterile rape on an alternated strip system and its capacity to produce F₁ hybrid seed were studied. All Diptera visiting rape throughout the flowering period were examined and caught *via* a yellow water trap (Bailliot *et al.*, 1976). Members of the Empidoidea (Dolichopodidae, Empididae) had already been observed (Brunel *et al.*, 1989). In this study, 21 species of Syrphidae have been reported to complete our inventory. The distribution of the latter group was compared to that of other insects caught in the water trap device, and visually enumerated.

At six collection dates over a 2-wk period, over 41 000 insects were trapped. Seventy-three percent were Diptera, 18% of which were Nematocera and 55% Brachycera. Of non-Dipteran insects, 7% were Hymenoptera, 5% Coleoptera, and 9% Homoptera (7% aphids, 2% psylla). In 156 lots, 448 Syrphidae were caught and distributed in 21 species. Four species were particularly numerous: *Eristalis arbustorum*, *E tenax* and *Eristalinix sepulchralis* in the Eristalini and *Metasyrphus corollae* in the Syrphini group. Only *E arbustorum* and *M corollae* were caught at every date in the traps. *E arbustorum*, a dominant species comprising 296 individuals, included 9% females.

It was usual to see more *E tenax* at all sites; nevertheless, it was difficult to catch them in the water trap, and they were probably underestimated by the trap count. Seventeen other species were represented by only a single individual. Syrphidae were more abundant in the male strips and their numbers diminished with distance from the strip. Catches were sufficient to determine whether species in the Eristalini and Syrphini groups had homogenous behaviour. The

presence of species belonging to the Syrphidae group in the experimental plot was very interesting with regard to pollination.

Visual enumeration was carried out for insects well known as pollinators. Hymenoptera (69%) Diptera (29%) and a few Lepidoptera and Coleoptera (2%) were found. Among the Hymenoptera, honey bees were particularly abundant and accounted for 57% (calculated average 9 238 honeybees/ha) compared to 12% for bumblebees. Honeybees had a homogeneous distribution in the experimental plot over all dates and bumblebees were more abundant in the male strips.

Diptera, Calliphoridae and Syrphidae, estimated at 4 300/ha, were less numerous than honeybees but were more numerous than bumblebees. Fifty percent of the Diptera were *Eristalis*, i.e. 14.5% of pollinating insects. The *Eristalini* had the same repartition as bumblebees, while the *Syrphini* were found throughout the experimental plot.

Compared to other Dipteran families, the number of Syrphids caught in the yellow water trap, although not high (448 individuals), was higher than for honeybees (210 honeybees, i.e. 7% of all the Hymenoptera). Visual enumeration provided a different qualitative estimation. The distribution in "female strips according to "male" strip distance was the same for both kinds of pollinators.

Therefore both methods used, i.e. water trap and visual counting, appeared to be complementary. The first method allows the importance of some insect classes which may contribute to pollination to be estimated whereas the second method seems to disregard them.

Die Insektenfauna der Blüten des Winterraps (*Brassica napus* L): Schwebfliegen (Syrphidae, Diptera)

Beim Raps (*Brassica napus* L) wurde die Produktion von F1-Hybridsamen in einer

Anordnung von abwechselnden Reihen von männlich-sterilen Hybridpflanzen (SMC) und Reihen von pollenerzeugenden männlich-fertilen Pflanzen durchgeführt. Bei dieser Anordnung hängt die Bestäubung, nur teilweise durch den Wind verursacht, weitgehend von übertragenden Insekten ab.

Mit diesen Beobachtungen wurde 1987 in Rennes (Bretagne) begonnen. Wir untersuchten die Bestäubung von männlich-sterilem Raps in dem System der alternierenden Reihen zur Produktion von F1-Hybridsamen. Während der Blütezeit wurde die gesamte Dipterenfauna am Raps durch Fänge mit der 'Gelben Wasserfalle' (Bailliot *et al*, 1976) untersucht. Die Gruppe der Empidoidea (Dolichopodidae und Empididae) waren schon Gegenstand einer ersten Mitteilung (Brunel *et al*, 1989). In diesem Referat werden 21 Syrphidenarten (Schwebfliegen) vorgestellt, um die Fauna zu vervollständigen. Die Verteilung dieser Gruppe wird mit anderen Insekten aus der Wasserfalle und visuellen Zählungen verglichen.

An 6 Sammeldaten haben wir in 2 vollen Wochen mehr als 41 000 Insekten gefangen. Der Anteil der Dipteren betrug 73%, darunter 18% Nematocera und 55% Brachycera. Unter den anderen Gruppen waren 7% Hymenopteren, 5% Coleopteren und 9% Homopteren (7% Aphiden, 2% Psylla). In 156 Fängen wurden 448 Syrphiden gefangen und auf 21 Arten aufgeteilt. Vier Arten waren besonders zahlreich: *Eristalis arbustorum*, *E tenax* und *E sepulchralis* in der *Eristalini*- und *Metasyrphus corollae* in der *Syrphini*-Gruppe. Nur *E arbustorum* und *M corollae* wurden jedesmal in der Falle gefangen. *E arbustorum*, eine dominante Art mit 296 Tieren, enthielt 9% Weibchen.

Obwohl man an allen Plätzen mehr Tiere von *E tenax* sehen konnte, war es schwierig, sie mit der Wasserfalle zu fangen. In unserer Einrichtung wurde sie

stark unterschätzt. 17 andere Arten waren nur durch einzelne Tiere vertreten. Die Syrphiden waren auf den Streifen männlicher Pflanzen häufiger, die Fänge verminderten sich in Richtung zu den weiblichen Streifen, aber sie waren keineswegs zu vernachlässigen. Das Verhalten der *Eristalini* und *Syrphini* war sehr homogen. Ihre Anwesenheit in der Anlage ist also für die Bestäubung sehr wichtig.

Die als gute Bestäuber bekannten Insekten wurden gezählt. Wir erhielten vor allem Hymenopteren (69%), Dipteren (29%) und einzelne Lepidopteren und Coleopteren (2%). Unter den Hymenopteren waren Honigbienen besonders häufig (57%) gegenüber 12% Hummeln. Der durchschnittliche Besatz wurde mit 9238 Bienen/ha berechnet. Die Honigbienen hatten eine gleichmäßige Verteilung über die ganze Anlage, während sich die Hummeln auf den männlichen Streifen konzentrierten. Die Dipteren (Calliphoridae und Syrphidae) wurden auf 4300/ha geschätzt, sie waren also weniger häufig als Bienen, aber häufiger als Hummeln. 50% der Dipteren waren *Eristalis*, die 14,5% der bestäubenden Insekten ausmachten. Die *Eristalini* haben dieselbe Verteilung über die Anlage wie die Hummeln, während die

Syrphini gleichmäßig in allen Parzellen zu finden waren.

Im Vergleich mit anderen Familien der Dipteren war die Zahl gefangener Syrphiden nicht besonders groß (448 Individuen), aber sie waren in den Fallen viel zahlreicher als Bienen mit 210 Tieren. Visuelle Zählungen ergaben andere quantitative Informationen. Die Verteilung auf den 'weiblichen' Streifen im Verhältnis zur Entfernung von den 'männlichen' war dieselbe für diese beiden Bestäubergruppen. Die beiden von uns eingesetzten Methoden, Wasserfalle und visuelle Zählung, scheinen deshalb einander zu ergänzen. Die erste gibt die Häufigkeit der Insekten an, die möglicherweise bei der Bestäubung eine Rolle spielen können, welche nach der zweiten als nebensächlich erscheinen.

Bailliot S, Brunel E, Trehen P (1976) Signification des émergences de Diptères dans le processus de colonisation de l'espace. In: *Les Bocages: Histoire, Écologie, Économie*. INRA, Rennes, 359-365

Brunel E, Grootaert P, Mesquida J (1989) Entomofaune associée à la floraison du colza (*Brassica napus*): note préliminaire sur les Dolichopodidae et les Empididae (Insecta, Diptera). *Med Fac Landbouw Rijksuniv Gent* 54/3a, 727-727