

**POLLINISATION DU TRÈFLE VIOLET DIPLOÏDE  
(*TRIFOLIUM PRATENSE* L.)  
PAR LES APOÏDES ET PARTICULIÈREMENT  
PAR LES ABEILLES DOMESTIQUES HYBRIDES  
(*APIS MELLIFICA CAUCASICA*  
x *A. MELLIFICA LIGUSTICA*)**

Bestäubung des diploiden Rotklee (*Trifolium pratense* L.) durch die Apoideen und besonders durch die Kreuzung der Honigbiene *Apis mellifica caucasica* x *Apis mellifica ligustica*.

---

G. JOUBERT, J.-N. TASEI\* et A. DELAUDE\*

Fédération Nationale des Agriculteurs Multiplicateurs de Semences

\*Laboratoire de Zoologie, I.N.R.A., S.A.P.F.,  
86600 Lusignan

---

**SUMMARY**

**POLLINATION OF DIPLOID RED CLOVER (*Trifolium pratense* L.) BY APOIDEA,  
AND SPECIALLY BY HYBRID HONEYBEES  
(*Apis mellifica caucasica* × *A. mellifica ligustica*)**

In 1973 investigations on red clover pollination were carried out in Troyes district (East Center France). In 12 experimental fields the authors estimated the abundance and efficiency of all the pollinator insects, including hybrid honeybees (*caucasica* x *ligustica*) which had been introduced in 6 fields.

*Terrestribombus* and *B. lapidarius* were the most abundant and constant wild species. *Bombus* spp. represented 46 % of the total fauna in the control fields and 27 % in the other fields with introduced hives of hybrid bees (2 hives per hectare).

Twenty one per cent of *Apis mellifica mellifica* workers robbed flowers of nectar thanks to *Terrestribombus* holes pierced at the base of corolla tubes. *A. m. ligustica*, hybrid *ligustica* x *caucasica* and *A. m. caucasica* worked with more efficiency : 41 %, 63 %, 80 % of the individuals were positive, respectively. Though *Terrestribombus* pierces corolla tubes, 50 % of the indi-

viduals made positive visits. In control fields 65 % of positive insects were bumblebees. In the other fields 67 % of positive insects were honeybees. The authors estimated that bumblebees were responsible for 80 % of the seed production in the control fields and 50 % in the fields with hybrid bees.

An average increase of 70 kg of seed per hectare was attributed to the addition of 1,554 hybrid honeybees per hectare.

## RÉSUMÉ

En 1973, des recherches sur la pollinisation du trèfle violet ont été entreprises dans la région de Troyes (Centre Est de la France). Dans 12 champs expérimentaux les auteurs ont évalué l'abondance et l'efficacité de tous les insectes pollinisateurs, y compris des abeilles hybrides (*caucasica* x *ligustica*) qui avaient été introduites dans 6 champs.

Les *Terrestribombus* et *B. lapidarius* étaient les espèces sauvages les plus abondantes et les plus constantes. Les bourdons représentaient 46 % de la faune totale dans les champs témoins et 27 % dans les autres champs avec les ruches d'abeilles hybrides (2 à l'hectare).

21 % des ouvrières d'*Apis mellifica mellifica* dérobaient le nectar grâce aux trous percés par les *Terrestribombus* à la base des corolles. *A.m. ligustica* les hybrides *ligustica* x *caucasica* et *A.m. caucasica* travaillaient avec plus d'efficacité : 41 %, 63 %, 80 % des individus respectivement étaient « positifs ». Quoique les *Terrestribombus* soient des perceurs de corolles, 50 % des individus faisaient des visites positives. Dans les champs témoins 65 % des insectes positifs étaient des bourdons. Dans les autres champs 67 % des insectes positifs étaient des abeilles domestiques. Les auteurs estiment que les bourdons étaient responsables de 80 % de la production de semences dans les champs témoins et de 50 % dans les champs avec les abeilles hybrides.

Un accroissement moyen de 70 kg de graines à l'hectare a été attribué à l'apport de 1 554 abeilles hybrides par hectare.

## INTRODUCTION

En France la superficie des légumineuses fourragères cultivées pour la production de semences certifiées atteignait en 1974, 58 000 ha; le Trèfle violet (15 000 ha), se plaçant au second rang après la luzerne (35 000 ha). Cette culture en extension de 1964 à 1972 (21 000 ha) régresse sensiblement depuis cette date et en 1976, 11 500 ha seulement ont été semés. La demande intérieure de semence de trèfle violet est satisfaite par environ 6 000 ha de culture porte-graines et l'excédent est exporté en grande partie vers la République Fédérale d'Allemagne.

Le département qui possède la plus grande surface de trèfle à graines est l'Indre. Les 21 départements principaux producteurs de l'Ouest du Centre et du Sud-Ouest représentés sur la figure 1 fournissaient en 1974, 84 % de la récolte nationale.

Les rendements en graines moyens, oscillent entre 2 et 300 kg/ha, chiffres bien éloignés des rendements les plus élevés, de l'ordre de 1 000 kg/ha et parfois plus, qui peuvent être obtenus dans de bonnes conditions.

D'après tous les auteurs le déficit en pollinisation est souvent une des causes, sinon la cause principale des mauvais rendements. Ce facteur important de la production ne pouvant être maîtrisé qu'après une étude sur le terrain, il

était nécessaire d'entreprendre des observations dans les conditions naturelles afin de savoir si la faune d'apoïdes indigènes effectuait la pollinisation des cultures de trèfle violet d'une manière satisfaisante. Par ailleurs, il était souhaitable de comparer le comportement pollinisateur de plusieurs races et hybrides de races d'abeilles domestiques. Cette étude devait en effet vérifier le bien fondé d'affirmations rencontrées dans la bibliographie, à savoir la supériorité pour polliniser le trèfle violet, des races à langue longue telles qu'*Apis mellifica caucasica*, l'abeille caucasienne.

### MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dans la plaine de Troyes (Centre-Est de la France — cf. : fig. 1) nous avons choisi 12 champs de 1 à 8 ha, de la même variété diploïde « Odenwalder ». La région de Troyes se prête très bien à une expérimentation rigoureuse, elle est en effet très homogène quant au climat et aux sols. Par ailleurs on y enregistre des rendements grainiers de trèfle violet assez élevés et stables.

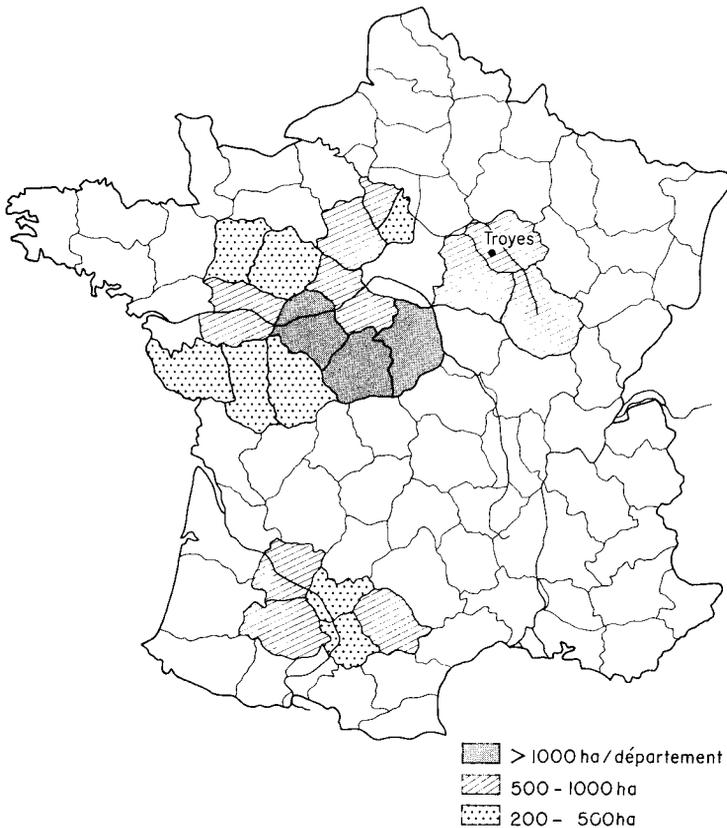


FIG. 1. — Principales régions de production de semences certifiées de trèfle violet (*Trifolium pratense* L.)

ABB. 1. — Hauptgebiete für die Erzeugung von anerkanntem Rotklee samen (*Trifolium pratense* L.) in Frankreich.

On a considéré les champs expérimentaux par paires. Dans chacune un champ bénéficie d'un apport de ruches, l'autre est le champ témoin sans apport. Les ruches (2 par ha) sont apportées après le début de la floraison, à l'intérieur des champs généralement en deux groupes de 2 à 8 ruches dont le trou de vol est orienté vers l'Est ou le Sud. Ces ruches sont peuplées d'abeilles hybrides (*Apis mellifica caucasica* x *A. m. ligustica*)<sup>1</sup>. L'hybridation des colonies a été obtenue dans les établissements italiens PIANA par croisement de reines caucasiennes et de mâles italiens. Cependant l'état d'hybride pur n'a pu être conservé dans 3 des 9 ruches apportées sur le champ de la paire A.

Les deux champs de chaque paire sont assez proches l'un de l'autre (1,5 km environ). Ils appartiennent au même agriculteur et font l'objet de techniques culturales identiques : même date de précoque, mêmes traitements phytosanitaires, même période de récolte, même réglage de la moissonneuse-batteuse. Tous les deux jours pendant la période de floraison, on visite chaque champ. Les observations portent sur :

— Le dénombrement par mètre carré des inflorescences possédant au moins une fleur épanouie.

— Le dénombrement des insectes pollinisateurs en distinguant les insectes à comportement « positif » c'est-à-dire entrant par le sommet de la corolle, et ceux qui ont un comportement « négatif » c'est-à-dire perçant un trou à la base de la corolle pour prélever le nectar sans passer par l'entrée naturelle, ou bien utilisant un trou préexistant.

— La mise à graines des fleurs et le rendement grainier.

## RÉSULTATS

### *Les conditions climatiques pendant les observations*

En 1973 le climat dans l'est du Bassin parisien est caractérisé par un mois de juillet très pluvieux et un mois d'août très sec. Ces deux mois d'été sont chauds (tabl. 1).

TABL. 1. — Données climatiques de la région de Troyes en 1973.

TAB. 1. — Klimatische Angaben der Gegend von Troyes 1973

	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
Pluie (mm)..... Regen (mm)	65	4	117	8	41
Moyenne des températures maxi- males (en degré C.) ..... Ø d. Höchsttemperaturen (in °C)	18,7	23,9	24,4	27,6	23,4
Moyenne des températures mini- males (en degré C.) ..... Ø d. Tiefsttemperaturen (in °C)	7,9	11,4	12,9	13,7	9,7

### *La floraison*

La période de floraison s'étend du 10 juillet au 22 août. Au plus fort de la floraison on peut compter 3 à 400 inflorescences au mètre carré (fig. 2). Dans

1. Dans un des champs on a apporté une ruche de la race caucasienne (*A. mellifica caucasica*).

chaque paire de champs le nombre de fleurs par inflorescence est constant. Selon la paire, les inflorescences portent de 114 à 130 fleurs.

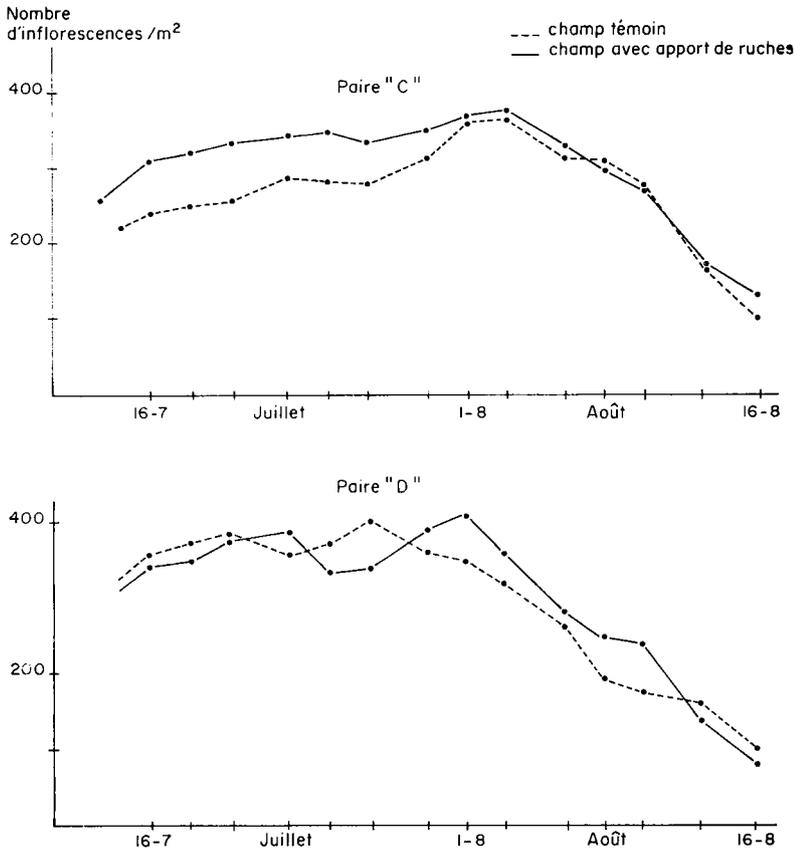


FIG. 2. — Evolution de la floraison dans 4 champs de trèfle violet.  
Verticalement : Nombre d'inflorescences au mètre carré.

ABB. 2. — Entwicklung der Blütezeit in vier Rotkleeefeldern.  
Ordinate = Zahl der Blütenstände je m<sup>2</sup>.

*L'inventaire des espèces pollinisatrices — leur abondance*

La population des bourdons, particulièrement celle de *Bombus lapidarius* a tendance à rester stable d'un champ à l'autre. Les populations d'*Hortobombus*<sup>1</sup> et d'*Agrobombus* sont plus variables, elles sont plus denses à la proximité des forêts. Les *Terrestrisbombus*<sup>1</sup> sont dans tous les champs les bourdons

1. On conserve l'ancienne dénomination pour désigner les groupes d'espèces très proches du point de vue morphologique.

les plus abondants, leur densité variant de 320 à 720 individus à l'hectare (fig. 3 et tabl. 2). (Cette densité est calculée en faisant le rapport de la somme des nombres d'individus à l'hectare pour tous les comptages, au nombre de comptages.)

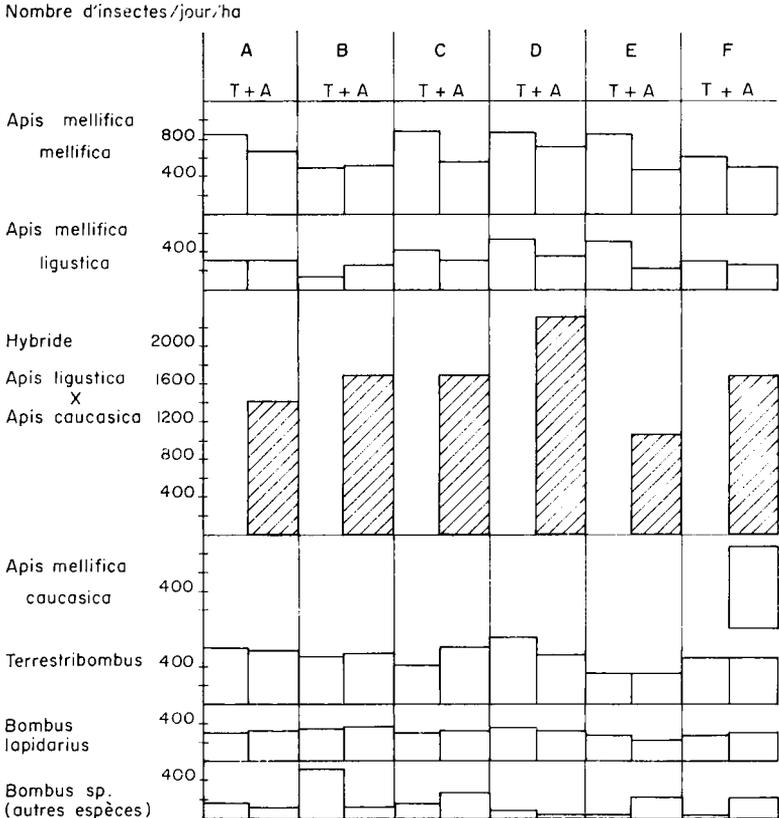


FIG. 3. — Populations d'apoïdes dans les 12 champs expérimentaux de trèfle violet.

Verticalement : Nombre moyen d'insectes par jour et par hectare.

T = champ témoin.

+ A = champ avec apport de ruches d'hybrides « *ligustica* x *caucasica* ».

ABB. 3. — Apoidea - Populationen in den 12 Rotklee-Versuchsfeldern.

Ordinate = Durchschnittszahl der Insekten je Tag und ha.

T = Kontrollfeld.

+ A = Feld, in dem Bienenstöcke der Hybride « *Ligustica* x *Caucasica* » aufgestellt sind.

Dans les champs témoins les abeilles domestiques sont représentées par les deux races géographiques : *Apis mellifica mellifica* (abeilles noires) et *Apis mellifica ligustica* (abeilles italiennes ou jaunes). Ces deux races se rencontrent dans tous les champs dans les mêmes proportions soit deux abeilles noires pour

une italienne. Dans les autres champs trois types d'abeilles domestiques se rencontrent : les deux races précédentes et les hybrides *ligustica* × *caucasica* qui se confondent avec les abeilles italiennes. Dans les évaluations numériques on estime que la proportion d'abeilles italiennes est constante d'un champ à l'autre, ce qui permet de trouver par déduction le nombre d'abeilles hybrides.

TABL. 2. — Spectres moyens de la faune pollinisatrice dans les champs expérimentaux de trèfle violet.

TAB. 2. — Durchschnittliche Spektren der Bestäuberfauna in den Rotklee-Versuchsfeldern

	Nombre d'individus par jour et par hectare Zahl d. Insekten je Tag und je ha	
	Champ témoin Versuchsfeld	Champ avec 2 ruches d'abeilles hybrides par ha Feld mit 2 Ständen von Hybriden je ha
<i>Apis mellifica mellifica</i> .....	751	585
<i>Apis mellifica ligustica</i> .....	375	292
Hybride <i>ligustica</i> × <i>caucasica</i> .....	0	1 803
<i>Terrestribombus</i> .....	513	521
<i>Bombus lapidarius</i> .....	289	284
<i>Hortobombus</i> .....	78	83
<i>Agrobombus</i> .....	71	108

En moyenne les bourdons représentent 45,8 % de la faune totale dans les champs témoins qui supportent en moyenne 2 077 insectes butineurs par hectare et seulement 27,1 % dans les autres champs visités en moyenne par 3 676 butineuses par hectare.

Si l'accroissement de la surface des champs n'a aucune influence sur la densité des bourdons, il rend les cultures plus attractives pour les abeilles hybrides. En effet les petits champs de 1 à 2 ha ne bénéficient que de 1 000 à 1 300 individus supplémentaires par hectare alors qu'avec la même densité de ruches, un champ de 8 ha est visité par 2 300 individus supplémentaires par hectare.

Pendant la période de floraison les populations de bourdons diminuent progressivement avec l'apparition des sexués et la mort des ouvrières, alors que la densité des abeilles domestiques des trois types s'accroît (fig. 4).

Les abeilles domestiques noires sont plus affectées par les basses températures que les bourdons et les abeilles hybrides.

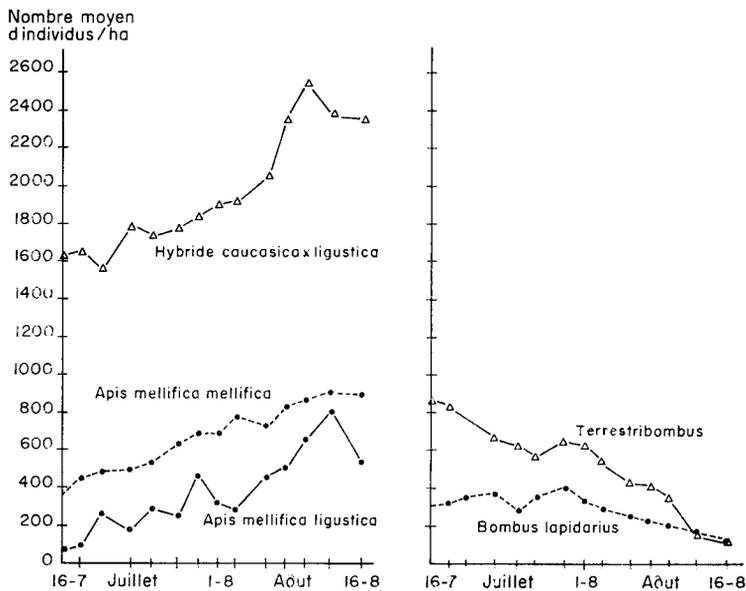


FIG. 4. — Evolution des populations des principales espèces pollinisatrices du trèfle violet en fonction du temps. Verticalement : Nombre moyen d'individus à l'hectare.

ABB. 4. — Populationsentwicklung der hauptsächlichsten Arten von Rotklee-Bestäubern, abhängig von der Zeit. Ordinate = Anzahl der Individuen je Hektar.

Au cours des comptages on a rencontré de très rares abeilles solitaires appartenant au genre *Halictus* et à l'espèce *Andrena ovaluta*. En nombre négligeable elles ne sont mentionnées ni sur les figures ni dans les tableaux.

#### Le comportement de butinage

Un grand nombre d'observations individuelles démontre que les abeilles noires ont une forte tendance à dérober le nectar par les trous percés par les *Terrestribombus* à la base des corolles. 21 % des individus de cette race effectuent des visites positives. Les autres races d'abeilles sont plus efficaces : 41 % des abeilles italiennes, 63 % des hybrides et 80 % des caucasiennes sont positives.

Quoique les *Terrestribombus* soient perceurs de corolles 50 % d'entre eux font des visites positives (tabl. 3). Ces pourcentages sont seulement des moyennes et des variations sont observées au cours de la floraison et entre champs. On constate dans le tableau 4 et les figures 5 et 6 que les taux les plus bas sont attribués aux abeilles noires et les plus élevés aux abeilles hybrides. (Les abeilles caucasiennes n'ont pas bénéficié d'un nombre suffisant d'obser-

vations et ne figurent pas dans ce tableau.) La figure 5 montre que dans certains champs (3 et 11) l'efficacité des races italienne et noire est inférieure aux moyennes respectives, alors qu'elle est supérieure dans d'autres (champs 1 et 9).

TABL. 3. — Comportement de butinage des principaux apoïdes visitant le trèfle violet

TAB. 3. — Sammelverhalten der hauptsächlichlichen Rotklee besuchenden Apoideen.

Espèce ou race Art oder Rasse	Nombre d'individus observés Zahld. beobachteten Insekten	Pourcentage d'individus positifs Prozentsatz d. positiven Insekten
<i>Bombus lapidarius</i> .....	916	100
<i>Apis mellifica caucasica</i> .....	225	<b>80</b>
Hybride <i>A.m. caucasica</i> x <i>A.m. ligustica</i> .....	3 119	<b>63</b>
<i>Terrestris bombus</i> .....	1 669	50
<i>Apis mellifica ligustica</i> .....	607	<b>41</b>
<i>Apis mellifica mellifica</i> .....	2 136	<b>21</b>

TABL. 4. — Variations du comportement de butinage en fonction du lieu et de la période.

TAB. 4 — Veränderungen des Sammelverhaltens nach Ort und Zeit.

Espèce ou race Art oder Rasse	Variation du Pourcentage d'individus positifs Veränderung des Prozentsatzes der positiven Individuen	
	Selon le champ je Feld	Selon le jour je Tag
Hybride <i>caucasica</i> x <i>ligustica</i> .....	57 à 58	58 à 73
<i>Terrestris bombus</i> .....	41 à 60	46 à 60
<i>Apis mellifica ligustica</i> .....	33 à 48	— —
<i>Apis mellifica mellifica</i> .....	14 à 35	15 à 38

*Les relations entre la pollinisation et le rendement grainier*

Dans les champs témoins, plus de 65 % des insectes positifs sont des bourdons alors que dans les autres 67 % des insectes positifs sont des abeilles domestiques (fig. 7). Les rendements sont supérieurs dans les champs à forte population d'abeilles domestiques c'est-à-dire ceux qui ont bénéficié d'un apport de ruches, mais deux exceptions doivent être soulignées : dans les paires « A » et « E » le rendement des champs avec ruches n'est pas augmenté, bien que les populations d'insectes pollinisateurs soient sensiblement plus fortes (abeilles domestiques dans le premier cas, bourdons et abeilles domestiques

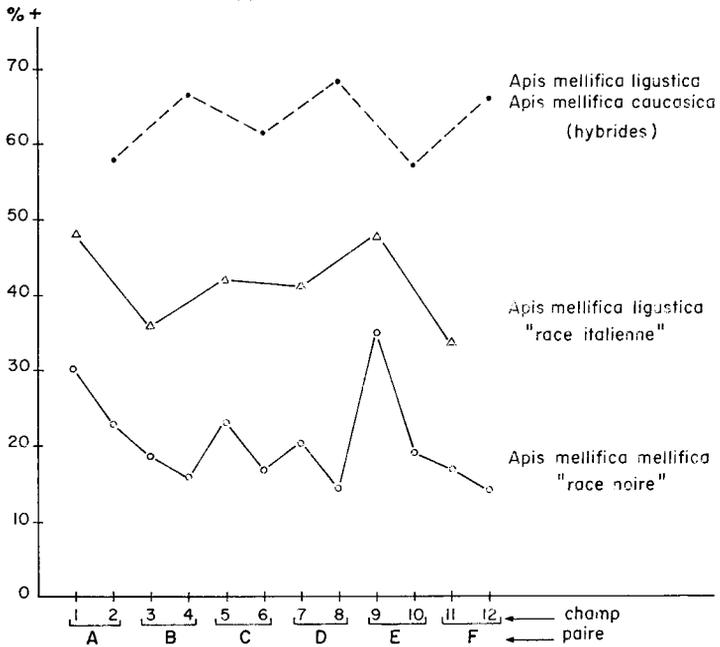


FIG. 5. — Variations du comportement de butinage de 3 races d'abeilles domestiques en fonction du champ.  
 Verticalement : Pourcentage d'ouvrières « positives » dans chaque population.  
 1, 2 ..... 12 : appellation des champs.

ABB. 5. — Abweichungen im Sammelverhalten der drei Honigbienen-Arten abhängig vom Feld.  
 Ordinate = Prozentsatz der « positiven » Arbeiterinnen jedes Volkes. 1 ..... 12 Bezeichnung der Felder.

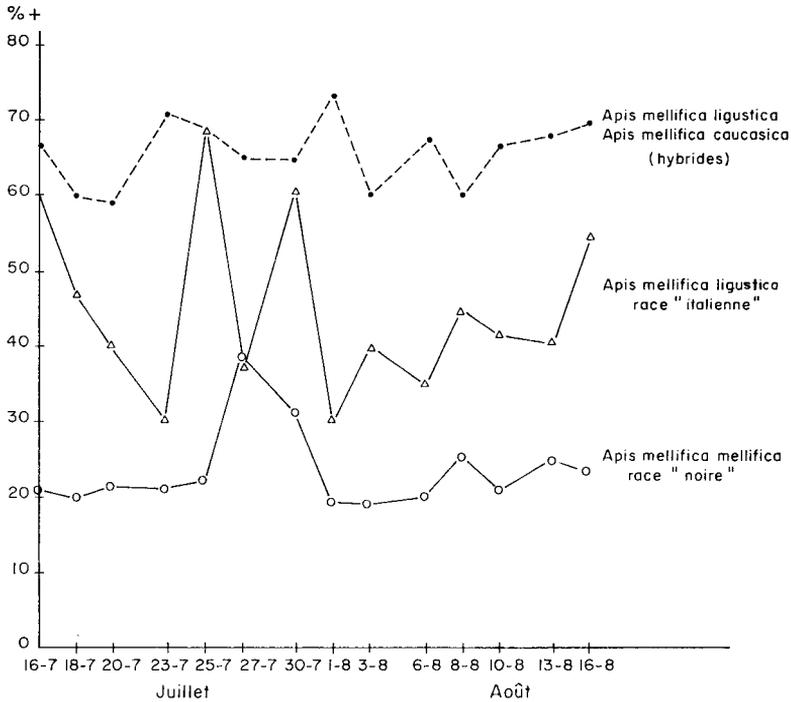


FIG. 6. — Variations du comportement de butinage de 3 races d'abeilles domestiques en fonction de la date d'observation.

Verticalement : comme sur Fig. 5.

ABB. 6. — Abweichungen im Sammelverhalten dreier Honigbienenrassen abhängig vom Beobachtungsdatum.

Ordinate = wie in Abb. 5.

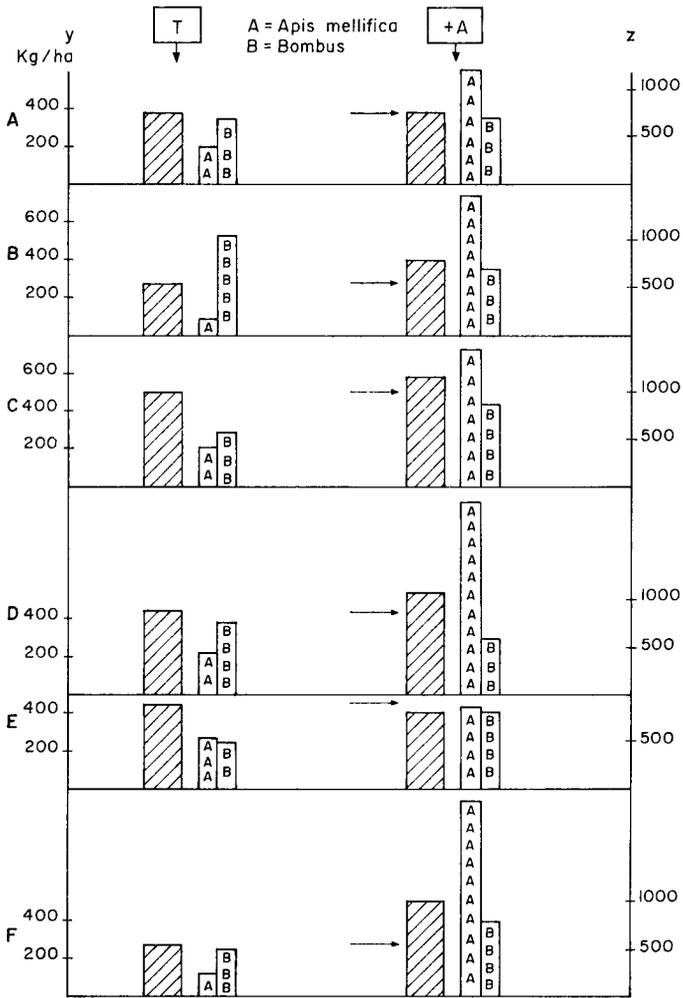


FIG. 7. — Rendement grainier et abeilles et bourdons positifs.

Verticalement  $\left\{ \begin{array}{l} y : \text{Rendement grainier en Kg/ha.} \\ z : \text{Nombre d'insectes « positifs » à l'hectare.} \end{array} \right.$

T = champs témoins.  
 + A = champs avec apport de ruches hybrides.  
 A *Apis mellifica*  
 B *Bombus*

ABB. 7. — Samenertrag und « positive » Bienen und Hummeln.

Ordinate  $\left\{ \begin{array}{l} y = \text{Samenertrag in kg/ha.} \\ z = \text{Zahl der « positiven » Individuen je ha.} \end{array} \right.$

T = Kontrollfeld  
 + A = Feld mit aufgestellten Bienenstöcken  
 A — *Apis mellifica*  
 B — Hummeln

dans le second). Or deux facteurs défavorables à la production ont probablement causé des pertes importantes dans les champs avec ruches : une attaque d'*Apion trifolii* dans celui de la paire A, la verse dans celui de la paire E.

Si l'on estime qu'un bourdon positif visite au cours d'une journée 2 fois plus de fleurs qu'une abeille domestique positive<sup>1</sup> nous pouvons conclure que les bourdons sont responsables de 80 % de la production grainière dans les champs témoins et de 50 % dans les champs où l'on a apporté des abeilles domestiques hybrides.

Le rendement moyen des champs avec ruches est supérieur de 70 kg/ha à celui des champs témoins. En tenant compte des données du tableau 2 on peut dire que les champs avec ruches et les champs témoins sont visités de façon égale par les bourdons. Les champs avec ruches bénéficient d'un apport de 1 800 ouvrières à l'hectare mais sont moins visités par les abeilles domestiques noires et italiennes. On peut dire que l'augmentation de 70 kg/ha est due à une augmentation de densité de 1 554 abeilles domestiques par hectare soit 1 067 abeilles positives à l'hectare si l'on se réfère au tableau 3.

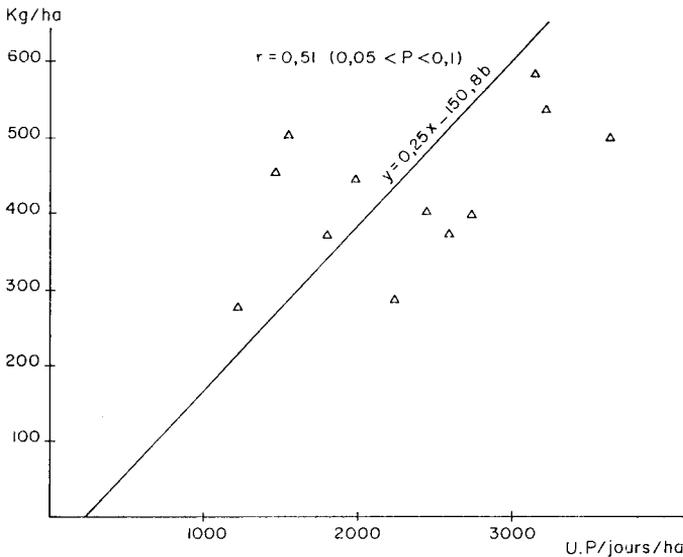


FIG. 8. — Abondance des apoïdes « positifs » et rendement grainier.

Verticalement : rendement en Kg/ha.

Horizontalement : Nombre d'unités de pollinisation/jour/ha.

ABB. 8. — Zahl der « positiven » Apoïdeen und der Samenertrag.

Ordinate = Ertrag in kg/ha.

Abszisse = Anzahl der Bestäuber-Einheiten je Tag und Hektar.

1. STAPEL (1933) et DENNIS et HAAS (1967) accordent aux bourdons à langue longue la valeur de 2,5 abeilles domestiques, et aux bourdons à langue courte la valeur de 1,5. SOWA et al (1976) estiment par contre que selon l'espèce un bourdon égale 3 à 6 abeilles domestiques.

Pour présenter la figure 8 illustrant la relation entre rendement et pollinisation nous avons transformé les données numériques concernant les insectes en « unités de pollinisation » ou « unités-abeille ». La transformation est simple : une abeille domestique = une unité de pollinisation; un bourdon positif = deux unités de pollinisation. Le coefficient de corrélation est 0,51. Sa probabilité de signification est supérieure à 90 %.

Il est à noter que la différence de nouaison entre les témoins et les champs avec abeilles n'est pas significative : 32,7 à 46,8 % dans les témoins et 42,7 à 45,9 % dans les champs avec ruches.

## DISCUSSION

### *Sur l'abondance des apoïdes et leur comportement de butinage*

Les indications des auteurs sur les densités d'apoïdes sur les champs de trèfle violet donnent une idée de leurs variations : SOWA et al. (1976) note en Pologne des densités d'abeilles domestiques allant de 1 700 à 4 000 individus à l'hectare, de bourdons : de 1 200 à 3 000 et d'abeilles solitaires : de 80 à 100. HAAS (1966) trouve au Danemark des chiffres légèrement inférieurs. Dans le même pays HOLM (1972) enregistre jusqu'à 18 000 abeilles domestiques à l'hectare. En Hongrie BENEDEK (1970) estime que les bourdons les mieux représentés sont *Bombus lapidarius* et *B. terrestris*, ce qui ressort également de nos observations. L'auteur hongrois a recensé quatre espèces d'abeilles solitaires : *Melitturga clavicornis*, *Andrena ovatula*, *A. labialis*, *Halictus simplex*.

Tous les auteurs signalent bien sûr le comportement perceur des *Terrestribombus* à langue courte. Seul BILINSKI (1976) affirme avoir vu aussi le percement des corolles effectué par *Andrena gelriae* et *Megachile* sp. FORSTER et HADFIELD (1958) pensent que les *Terrestribombus* sont par leur nombre les principaux pollinisateurs du trèfle violet malgré l'inconvénient qu'ils présentent lorsqu'ils percent la base des corolles, incitant les abeilles domestiques à suivre ce passage pour atteindre le nectar. GORAL (1969) observe que le nombre des bourdons « perceurs » et celui des abeilles domestiques négatives varient dans le même sens. Une telle relation n'a pas pu être mise en évidence dans nos observations. Plusieurs chercheurs font remarquer l'influence de la longueur de la corolle aussi bien sur le comportement négatif des *Terrestribombus* que sur celui des abeilles domestiques. Des différences de l'ordre du millimètre peuvent modifier le comportement de ces insectes dans de fortes proportions. On trouve davantage de bourdons et d'abeilles négatifs sur les variétés de trèfle violet à corolles longues : variétés tétraploïdes ou bien variétés précoces à corolles plus longues que les variétés tardives (VESTAD, 1962; HAAS, 1966; HAWKINS, 1965; FREE, 1970). Ces multiples résultats expliquent la variabilité des pourcentages d'individus positifs attribués aux bourdons à langue courte

ou à l'abeille domestique, lorsqu'on fait des observations dans plusieurs champs simultanément ou bien dans un même champ à des périodes différentes. Une autre cause de variabilité est certainement la concurrence d'autres plantes nectarifères. BOHART (1957) ainsi que FREE (1958) estiment en effet que le pollen de trèfle violet est très compétitif, au contraire du nectar, il peut même être récolté lorsque la production de nectar est nulle. Il est donc probable que le nombre des butineuses de pollen, toujours positives, est assez stable, au contraire du nombre des butineuses de nectar, tantôt positives, tantôt négatives qui est susceptible de varier dans une grande amplitude selon les conditions du milieu. Par conséquent les variations de l'efficacité d'une population d'abeilles sont liées à celles des butineuses de nectar.

Le comportement négatif des abeilles domestiques est expliqué assez souvent par la difficulté éprouvée par les ouvrières à atteindre le nectar en raison de la longueur de leur langue. Certains auteurs estiment que l'on insiste trop sur le rôle de la longueur de la langue dans le jugement porté sur la valeur pollinisatrice des races d'abeilles. (BOHART, 1957; GUBIN, 1936; etc.) Or notre travail, bien qu'incomplet, démontre l'importance de la longueur de la langue dans le comportement de butinage. En effet le pourcentage d'individus positifs varie dans le même sens que la longueur moyenne des langues des différentes races : 80 % pour les caucasiennes (langue de 6,8 à 7,1 mm), 40 % pour les italiennes (langue de 6,6 à 6,8 mm), 20 % pour les noires (langue de 5,7 à 6,3 mm)<sup>1</sup> et 60 % pour les hybrides caucasiennes x italiennes qui ont probablement une longueur de langue comprise entre 6,7 et 7 mm.

Il est bon de rapprocher nos résultats de ceux de LOUIS (1963). Cet auteur constate que seules les colonies de caucasiennes et d'hybrides italo-caucasiennes d'un rucher jurassien récoltaient du pollen de trèfle violet (respectivement 30 et 56 % du total des pollens). LOUIS pense que la longueur du proboscis des abeilles et l'anatomie de la fleur sont les deux facteurs déterminants dans le butinage du trèfle violet par l'abeille domestique.

L'abeille domestique et le *Terrestribombus* ne sont donc pas adaptés à la pollinisation du trèfle violet de façon idéale. Par contre bourdons à langue longue et trèfle violet « sont faits l'un pour l'autre » selon l'expression de BRIAN (1954). A l'appui de cette opinion citons le résultat d'analyses des chargements de pollen de plusieurs centaines d'insectes faites par ANASIEWICZ et WARAKOMSKA (1976) : 15 espèces de bourdons sur 16 mais seulement 15 espèces d'abeilles solitaires, Halictes et Andrènes, sur 55 possédaient des chargements contenant plus de 50 % de pollen de trèfle violet.

1. Données empruntées à RUTTNER (1968).

*Sur les relations entre pollinisation et rendement grainier*

La part prise par les différents insectes pollinisateurs dans la production de semences de trèfle violet est très variable suivant les conditions du milieu : 27 % de la production sont dus à l'abeille domestique d'après SOWA et *al.* (1976), 80,9 % d'après PRITSCH (1974), 50 à 70 % d'après HAAS (1966), 32 à 57 % d'après PEDERSEN (1935), 50 à 79 % d'après nos observations. L'influence des abeilles solitaires est toujours très réduite : 2 % de la production sont dus à ces insectes d'après SOWA et *al.*, 0,4 % d'après PRITSCH. Les bourdons sont souvent les pollinisateurs principaux du trèfle violet ou des auxiliaires très importants puisque la part qu'ils prennent dans la production grainière varie de 20 à 80 %.

JABLONSKI (1976) ayant démontré qu'une fleur de trèfle violet doit être visitée 3 fois pour avoir le plus de chance d'être pollinisée, estime que pour atteindre un rendement de 800 kg/ha, le champ doit être butiné par 7 000 bourdons ou 16 000 abeilles domestiques à l'hectare. PEDERSEN (1945) pense que 5 000 unités-abeille à l'hectare assurent un rendement de 1 000 à 1 200 kg/ha. HOLM (1972) évalue à 3 000 abeilles la charge optimum d'un hectare de trèfle, chiffre qui est dépassé dans nos champs expérimentaux. Au-delà de cette densité l'efficacité de chaque visite décroît progressivement si bien que si l'on atteint 18 000 abeilles à l'hectare l'efficacité d'une abeille n'est plus que 30 % de celle qu'elle aurait à une densité de 1 000 individus à l'hectare.

*Sur les possibilités d'améliorer les rendements*

Beaucoup d'auteurs ont envisagé des solutions pour augmenter les rendements de graines de trèfle violet.

HAWKINS (1958) recommande de cultiver le trèfle violet sur de petites surfaces afin de permettre la concentration de la faune sauvage sur le champ.

Plusieurs auteurs pensent que l'on doit s'orienter vers l'utilisation des races d'abeilles domestiques les mieux adaptées à la pollinisation du trèfle violet. En effet GUBIN (1936) rapporte de considérables accroissements de la production obtenus par l'emploi d'abeilles caucasiennes. ALPATOV (1948) est du même avis et ajoute que les caucasiennes donnent plus de miel de trèfle violet que les races à langue courte. STAPEL et ERIKSON (1936) observent que le trèfle violet est 3 fois plus visité par les abeilles italiennes que par les danoises.

Par contre LECOMTE (1962) juge que les résultats rapportés dans la littérature sont parfois contradictoires et ne permettent pas de recommander l'utilisation d'une race d'abeilles plutôt qu'une autre.

La voie de la sélection de lignées d'abeilles domestiques plus aptes à récolter le pollen de trèfle violet est explorée par HOLM et DENNIS au Danemark.

(DENNIS, 1976.) Quoiqu'ils aient observé une grande variabilité de comportement des lignées spécialisées d'une année à l'autre, ces auteurs estiment que leurs résultats sont très prometteurs.

On a essayé de modifier le butinage par d'autres techniques : certaines, comme la pulvérisation de miel, n'ont donné aucun résultat (Mc VICAR *et al.*, 1952). Par contre PONOMAREVA (1974) a pu accroître la population d'abeilles domestiques de 36 à 97 % et les rendements de 13 à 43 % en nourrissant la ruche avec du sirop sucré dans lequel avaient macéré des fleurs de trèfle violet. Cette technique d'« osmoguidage » a permis à FREE (1965) de quintupler le poids de pollen de trèfle violet ramené à la ruche, cependant que BOHART (1957) met en doute l'efficacité de cette méthode.

Parallèlement aux expérimentations entreprises sur les abeilles pour améliorer leur efficacité on a cherché à augmenter l'attractivité du trèfle violet pour l'abeille domestique en particulier en cultivant des trèfles à corolles courtes malgré l'opinion d'ARMSTRONG et JAMIESON (1940) et WILSIE et GILBERT (1940) qui ne trouvent aucune corrélation entre longueur de corolle et rendement. HAWKINS (1965) constate que les variétés à corolles courtes sont plus visitées par les bourdons et qu'il y a moins de visites négatives de la part des abeilles. STAHLIN et BOMMER (1958) estiment que la sélection des trèfles à corolles courtes est une méthode dangereuse car elle peut aboutir à des résultats opposés à ceux qui sont attendus, c'est également l'opinion de DENNIS (1976) qui a cependant pu dans certains cas réduire la longueur des corolles et augmenter simultanément le nombre des visites positives et le rendement. La modification des corolles peut également être obtenue par des procédés chimiques : La pulvérisation de ralentisseurs de croissance tels que l'« Alar 85 » a permis à PICARD et SIGWALT (1967) de réduire la verse chez une variété diploïde et une variété tétraploïde, d'accroître le nombre de ramifications et le rendement en graines de 78 % chez le trèfle tétraploïde et de 38 % chez le diploïde. HOLM (1972) a pu avec le « B Nine » réduire de 20 % la hauteur des corolles, augmenter le nombre des butineuses de nectar mais aussi (fait assez curieux), le nombre des butineuses de pollen, obtenant dans ses essais un rendement grainier supérieur de 25 % à celui du témoin. HULEWICZ *et al.* (1976) utilisant l'« Alar », constatent que les plantes traitées sont plus ramifiées et possèdent davantage de capitules. Les effets de traitements sont plus visibles lorsque les conditions sont défavorables à une bonne grenaison et surtout lorsque le trèfle violet est une variété tétraploïde. Il est à noter que les résultats obtenus ne justifient pas l'emploi de cette technique coûteuse dans nos conditions.

De tous les moyens évoqués nous retiendrons le choix de races d'abeilles adaptées au trèfle violet pour augmenter les rendements, c'est la seule technique qui utilisée selon certaines règles, peut dans le court terme améliorer la pollinisation de cette plante.

### CONCLUSIONS

Les observations effectuées en 1973 permettent de formuler quelques conclusions valables pour la région de Troyes ou de portée plus générale.

1) La faune pollinisatrice de trèfle violet est composée pour une bonne partie par des bourdons (*Terrestribombus* et *B. lapidarius*). Bien qu'il s'agisse de perceurs de corolles, les *Terrestribombus* sont par leur nombre et leur relative efficacité, de précieux auxiliaires du producteur de semences.

2) Les abeilles domestiques sont représentées par le mélange de deux races : l'abeille « noire » qui est une pollinisatrice du trèfle violet de faible efficacité, et l'abeille « italienne » qui lui est deux fois supérieure. L'introduction de 2 autres races : l'hybride « caucasienne x italienne » et la « caucasienne » a mis en évidence que l'hybride et la caucasienne sont respectivement 3 et 4 fois plus efficaces que la noire. Ce classement paraît bien lié à la race et ne varie, ni en fonction du lieu, ni de la date.

3) L'apport de 2 ruches à l'hectare d'abeilles hybrides a accru le nombre de butineuses de 700 à 1 500 abeilles positives à l'hectare, et le rendement de l'ordre de 70 kg/ha par rapport aux rendements témoins qui oscillent entre 270 et 580 kg/ha. L'introduction de ces abeilles n'a nullement perturbé les visites des insectes sauvages. La « fixation » des abeilles introduites dépend de la dimension du champ : c'est ainsi que l'apport de ruches est au moins 2 fois plus efficace sur les champs de superficie supérieure à 5 ha que sur des petits champs inférieurs à 2 ha. Ceci laisse penser qu'en choisissant une race d'abeille adaptée et en l'utilisant dans des champs de grandes dimensions on peut obtenir des augmentations de rendement supérieures à 100 kg/ha. L'apport de ruches après le début de la floraison, de la race caucasienne ou d'hybrides caucasiennes x italiennes est une technique que l'on peut recommander avant toute autre, pour améliorer de façon très sensible la pollinisation et le rendement grainier.

4) Notre expérimentation a montré que malgré le choix judicieux des champs et de multiples précautions, il n'est pas très aisé d'établir la corrélation entre l'intensité de la pollinisation et le rendement grainier, sans doute parce que l'on ne maîtrise pas tous les facteurs en jeu, ne serait-ce que le mode de récolte qui peut à l'occasion être une cause de pertes considérables.

5) Il serait intéressant de poursuivre des observations sur le comportement des races d'abeilles domestiques, d'une part pour évaluer les variations dues à l'année, d'autre part pour mettre en évidence de façon précise les rapports existant entre la récolte de pollen, la récolte de nectar, l'utilisation des trous

à la base des corolles, la morphologie de la fleur et sa production de nectar. Cette étude permettrait de connaître l'importance relative de la morphologie des pièces buccales des races d'abeilles et de leur « appétit » pour le pollen ou le nectar de trèfle violet.

*Reçu pour publication en mai 1977.*

*Eingegangen im Mai 1977.*

### REMERCIEMENTS

Nous remercions M. FEDON, apiculteur, pour sa participation à notre travail.

### ZUSAMMENFASSUNG

1974 betrug die zur Erzeugung anerkannten Rotklee-Saatgutes angepflanzte Fläche in Frankreich 15 000 ha, wodurch diese Pflanze die zweite Stelle unter den Futterleguminosen nach der Luzerne (35 000 ha) einnimmt. Die Durchschnittserträge schwanken zwischen 200 und 300 kg/ha. Da die mangelhafte Bestäubung oft — wenn nicht überhaupt — die Ursache der schlechten Erträge ist, war es notwendig, Beobachtungen unter natürlichen Gegebenheiten anzustellen, um das Spektrum und das Verhalten der einheimischen Bestäuber kennenzulernen. Weiterhin wollten wir das Bestäubungsverhalten mehrerer Rassen und Kreuzungen der Honigbiene vergleichen.

#### *Material und Methode*

In den Ebenen von Troyes (Mittellosten Frankreichs; Abb. 1) wurden zwölf 1 bis 8 ha grosse Felder ausgewählt, die mit der gleichen diploiden Varietät « Odenwälder » bepflanzt waren. Die Felder wurden paarweise beobachtet. Von jedem Paar hatte eines den Vorteil eigens aufgestellter Bienenstöcke (2 Stöcke der Kreuzung *A. m. ligustica* x *A. m. caucasica* je ha). Das andere war das Kontrollfeld. Beide Felder eines Paares wurden auf die gleiche Weise behandelt : Gleiches Datum des Frühschnitts, gleiche Pflanzenschutzmassnahmen, gleiches Erntedatum.

Während der Blütezeit wird jedes Feld zweimal besucht. Die Beobachtungen erstrecken sich auf :

1. die Dichte der Blütenstände mit wenigstens einer aufgeblühten Blüte
2. das Zählen der bestäubenden Insekten, wobei zwischen « positivem » Verhalten, d.h. dem Eindringen von oben in die Blumenkronenröhre und « negativem » Verhalten, d.h. Aufbeissen der Blumenkronenröhre am Grunde oder auch Benutzen schon vorhandener Löcher, um so unter Umgehung des natürlichen Eingangs den Nektar zu entnehmen
3. den Fruchtanzatz und den Samenertrag.

#### *Ergebnisse*

1. Zur üppigsten Blütezeit kann man 300-400 Blütenstände je m<sup>2</sup> zählen. Die Blütezeit erstreckt sich vom 10. Juli bis zum 22. August (Abb. 2).

2. Die Wildfauna unter den Bestäubern umfasst von den Hummeln vor allem *Terrestribombus*<sup>1</sup> (320-720 Individuen je ha), *Bombus lapidarius* und *Hortobombus* (Abb. 3; Tab. 2).

In den Kontrollfeldern wird die Honigbiene durch zwei geographische Rassen, *Apis mellifica mellifica* und *Apis mellifica ligustica* vertreten. In den anderen Feldern treten drei Typen der Honigbiene auf: neben den beiden zuvor genannten die Kreuzung *Ligustica* x *Caucasica*. Die Hummeln umfassen 46 % der Gesamtf fauna in den Kontrollfeldern mit durchschnittlich 2 077 Individuen je ha und nur 27 % in den übrigen Feldern mit durchschnittlich 3 676 Sammlerinnen je ha.

Die grossen Felder mit mehr als 5 ha Fläche scheinen die Völker in den aufgestellten Bienenstöcken doppelt so gut zu « fixieren » wie die etwa 1 ha grossen. Solitäre Bienen sind selten und nur durch einige *Halictus* und *Andrena* vertreten.

3. 21 % von *Apis mellifica mellifica*, 41 % von *Apis mellifica ligustica*, 63 % der Kreuzungen und 80 % von *Apis mellifica caucasica* sind « positive » Besucher des Rotkleees. Die die Blumenkrone zu 50 % aufbeissenden *Terrestribombus* (Tab. 3) sind trotzdem als interessante Helfer zu betrachten. Man beobachtet Abweichungen im Sammelverhalten nach Ort und Blütezeit; aber zu gegebenem Zeitpunkt bleibt die Rangfolge der Bienenrassen die gleiche (Abb. 5 u. 6).

4. In den Kontrollfeldern sind über 65 % der « positiven » Insekten Hummeln, während in den übrigen Feldern 67 % der « positiven » Insekten Honigbienen sind (Abb. 7). Die Erträge sind allgemein höher, wenn Bienenstöcke eingesetzt wurden. Durchschnittlich geht mit einer Zunahme der Bienendichte um 1 554 Individuen je Hektar eine Zunahme des Ertrags um 70 kg/ha einher. Die Erträge entsprechen nicht immer dem Intensitätsgrad der Bestäubung. Es besteht jedoch eine Korrelation zwischen der Samenerzeugung und der Zahl der Bestäuber (Abb. 8).

5. Unter den vielen vorgeschlagenen Verbesserungs-Verfahren wie Anbau kurzröhriger Rotkleearten, Auslese von Bienenstämmen, die bessere Kleebestäuber sind, Duftlenkung, Anwendung von Wachstumsreglern scheint die Aufstellung von *Caucasica*-Völkern oder von Hybriden (*Caucasica* x *Ligustica*) — die 3-4 mal wirksamer sind als die heimische schwarze Biene — die billigste und sicherste Methode zu sein, die wesentlich höhere Erträge bringt.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALPATOV V. V., 1948. — Bee races and red clover pollination. *Bee Wld*, **29**, 61-63.
- ANASIEWICZ A., WARAKOMSKA Z., 1976. — Proportion of red clover (*Trifolium pratense* L.) in pollen forage of Apoidea and Hymenoptera in province of Lublin. *Int. Conf. pollination of red clover*. Pulawy, Pologne, 1976.
- ARMSTRONG J. M., JAMIESON C. A., 1940. — Cross-pollination of red clover by honeybees. *Sci. Agric.*, **20**, 574-585.
- BENEDEK P., 1970. — Investigations on red clover pollinating wild bees on the Great and Small Plain of Hungary. *Novenytermeles*, **19**, 361-372.
- BILINSKI M., 1976. — Visitation of red clover by pollinator insects. *Int. Conf. pollination of red clover*. Pulawy. Pologne, 1976.
- BOHART G. E., 1957. — Pollination of alfalfa and red clover. *Annu. Rev. Entomol.* **2**, 355-380.
- BRIAN A. D., 1954. — The foraging of humble bees. *Bee Wld*, **35**, 61-67, 81-91.
- DENNIS B., 1976. — Recent trends in red clover pollination. *Int. Conf. Pollination of red clover*, Pulawy, Pologne, 1976.

1. Die alten Namen wurden beibehalten, um die vom morphologischen Gesichtspunkt aus sich sehr nahestehenden Arten zu bezeichnen.

- DENNIS B., HAAS., 1967. — Pollination and seed-setting in diploid and tetraploid red clover (*Trifolium pratense* L.) under Danish conditions. II. Studies of floret morphology in relation to the working speed of honey and bumblebees (Hym. Apoidea). *Asskr. Kgl. Vet. Landbohøjsk.*, 118-133.
- FORSTER I. W., HADFIELD W. V., 1958. — Effectiveness of honey bees and bumble bees in the pollination of Montgomery red clover. *N. Z. J. agric. Res.*, **1**, 607-619.
- FREE J. B., 1958. — Attempts to condition bees to visit selected crops. *Bee Wld*, **39**, 221-230.
- FREE J. B., 1965. — The effect on pollen collection of feeding honey bee colonies with sugar syrup. *J. agric. Sci.*, **64**, 167-168.
- FREE J. B., 1970. *Insect pollination of crops*. Academic Press. London and New-York, 544 p.
- GORAL S., 1969. — The effect of nectar yield and numbers of pollinating insects on the seed setting in di- and tetraploid red clover. *Roczn. Nauk. Rolnicz. Ser. A*, **95**, 113-137.
- GUBIN A. F., 1936. — Bestäubung und Erhöhung der Samenernte bei Rotklee *Trifolium pratense* L. mit Hilfe der Bienen. *Arch. Bienenkd.*, **17**, 209-264.
- HAAS H., 1966. — Preliminary investigations on pollination, seed setting and seed yield in 2n and 4n red clover throughout the complete flowering period. Proc. 2nd Int. Symp. Pollination, 1964. *Bee Wld*, **47** (Suppl.), 71-82.
- HAWKINS R. P., 1958. — A survey of late-flowering and single cut red clover seed crops. *J. natn. Inst. agric. Bot.* **8**, 450-461.
- HAWKINS R. P., 1965. — Factors affecting the yield of seed produced by different varieties of red clover. *J. Agric. Sci.* **65**, 245-253.
- HOLM S. N., 1972. — Seed yields in red clover in relation to the number of pollinating bees as influenced by a growth regulator. *Kgl. Vet. & Landbohøjsk. Arsskr.* 1972, 127-141.
- HULEWICZ T., DYS B., WIONCEK J., 1976. — Influence of Alar 85 on flower biology, pollination and seed setting in red clover. *Int. Conf. for pollination of red clover*. Pulawy — Pologne 1976.
- JABLONSKI B. — Study on biology of flowering, nectaring, pollination and seed setting in red clover (*Trifolium pratense* L.). *Int. Conf. pollination of red clover*. Pulawy — Pologne 1976.
- LECOMTE J., 1962. — La question de la pollinisation des légumineuses. *Journées d'études théoriques et pratiques « Semences »*. Bourg-en-Bresse, Mai 1962, 73-84. Union des Coopératives Agricoles de céréales; Paris.
- LOUIS J., 1963. — Variations des associations polliniques observées dans des miels récoltés en un même lieu par des abeilles appartenant à des sous-espèces différentes. *Ann. Abeille*, **6**, 235-244.
- PEDERSEN A., 1935. — Rödklöverens bestøvning og angreb af snudebiller (Apion) paa rödklöver. *Nord. Jordbrforsk.* 498-507.
- PEDERSEN A., 1945. — Rödklöverens blomstring og bestovning. *Arsskr. Kgl. Vet. Landbohøjsk* 59-141
- PICARD J., SIGWALT C., 1967. — Action de substances ralentissant la croissance sur la production de semences de trèfle violet. Résultats préliminaires. *C. R. Acad. Agric. France* **53**, 141-148.
- PONOMAREVA E., 1974. — The techniques applied to enhance honey bee pollination activity. *C. R. III<sup>e</sup> Symp. pollinisation*. Prague 1974, 209-217.
- PRITSCH G., 1974. — Die Beteiligung der Honigbienen und Wildinsekten bei der Bestäubung des Rotklee (*Trifolium pratense* L.) *C. R. III<sup>e</sup> Symp. poll.* — Prague 1974, 107-114.
- RUTTNER F., 1968 in CHAUVIN R. — *Traité de biologie de l'Abeille* **1**, 27-44. — Masson, Paris, 547 p.
- SOWA S., RUSZKOWSKI A., BAWOLSKI S., BILINSKI M., 1976. — Number of pollinator insects with reference to seed setting in red clover in different regions of Poland. *Int. Conf. pollination of red clover*. Pulawy — Pologne 1976.
- STAHLIN A., BOMMER D., 1958. — Über die Wege zu einer besseren Befruchtung des Rotklee. *Angew. Bot.* **32**, 165-185.
- STAPEL C., 1933. — Undersogelser over humlebie (*Bombus* Latr.) deres udbredelse, traekplanter og betydning for bestovningen af rödklöver (*Trifolium pratense* L.) *Tidsskr. Pl. Avl.* **39**, 193-294.

- STAPEL C., ERIKSON K. M., 1936. — Pollen analytiske Undersogelser over Honningbiernes betydning. *Nord. Jordbr. Forskn.* 489-497.
- VESTAD R., 1962. — Pollination by honey and bumble-bees in diploid and tetraploid red clover. *Medd. Sverig. Fröodl Förb.*, 7, 106-113.
- Mc VICAR R. M., BRAUN E., GIBSON D. R., JAMIESON C. A., 1952. — Studies in red clover seed production. *Sci. Agric.*, 32, 67-80.
- WILSIE C. P., GILBERT N. W., 1940. — Preliminary results on seed setting in red clover strains. *J. Am. Soc. Agron.* 32, 231-134.
-