

# Rôle des abeilles sauvages et domestiques (Hymenoptera : Apoidea) dans la pollinisation de la fève (*Vicia faba* L. var. *major*) (Fabaceae) en région de Constantine (Algérie)

KARIMA BENACHOUR<sup>(1)</sup>, KAMEL LOUADI<sup>(1)</sup> & MICHAËL TERZO<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Université Mentouri Constantine, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Laboratoire de Biosystématique et d'Ecologie des Arthropodes, DZ-25000 Constantine, Algeria

<sup>(2)</sup> Université de Mons-Hainaut, Laboratoire de Zoologie, Avenue du champs de Mars 6, B-7000 Mons, Belgium

**Abstract. Role of wild and honey bees (Hymenoptera: Apoidea) in the pollination of *Vicia faba* L. var. *major* (Fabaceae) in Constantine area (Algeria).** Pollinating insects of *Vicia faba* L. in Constantine area (Algeria) were studied during flowering season of the years 2000, 2001 and 2002. Eight bee species were observed. The wild bee *Eucera numida* Lepeletier and the honey bee *Apis mellifera* L. were the most abundant pollinators. *Eucera numida* seems the most effective pollinator. Their visits are all able to fertilize the flowers. On the contrary, a third of the floral visits of the honey bee are "nectar robbery" through the holes made by the bumblebees at the base of the corolla. The floral visits of *Eucera numida* are also faster ( $m = 10$  visits per minute) and the bee trips more easily the faba bean flowers than *A. mellifera*. The plants that are accessible to pollinators provide more pods per plant, more seeds per pods, and the seeds are heavier and of better shape than the encaged plants.

**Résumé.** Les insectes pollinisateurs des cultures de *Vicia faba* L. en région de Constantine (Algérie) ont été étudiés pendant trois périodes de floraisons (2000, 2001 et 2002). Huit espèces d'abeilles ont été inventoriées. L'abeille sauvage *Eucera numida* Lepeletier et l'abeille domestique *Apis mellifera* L. en sont les butineurs les plus abondants. *Eucera numida* est probablement le pollinisateur le plus efficace car toutes ses visites peuvent être pollinisantes. A l'inverse, un tiers des visites de l'abeille domestique sont consacrées au «vol de nectar» à travers des trous faits par les bourdons à la base des corolles. Ces visites sont non pollinisantes. Les visites d' *Eucera numida* sont également plus rapides ( $m = 10$  visites par minute) et son aptitude à déclencher les fleurs de fève est plus grande que celle de l'abeille domestique. Les plants accessibles aux pollinisateurs produisent plus de gousses, les gousses contiennent plus de graines et les graines sont plus grosses et mieux formées que sur les plants encagés.

**Keywords:** Wild bees, faba bean, pollination, yield, foraging behaviour, *Eucera numida*, *Apis mellifera*.

La fève (*Vicia faba* L.) est une légumineuse (Fabaceae) dont la culture est d'origine méditerranéenne. Elle est aujourd'hui parmi les plantes légumières les plus cultivées dans le monde. Sa culture dans les pays du bassin méditerranéen représente presque 25% de la surface totale cultivée et de la production mondiale de fèves, avec un rendement très proche de la moyenne mondiale (Saxena 1991).

En Afrique du Nord, elle représente une source alimentaire de première importance. En Algérie, on la cultive sur les plaines côtières et les zones sublittorales. Avec une surface cultivée d'environ 65000 ha et une production comprise entre 20000 et 38000 tonnes par an (Zaghouane 1991), elle occupe la première place parmi les légumes secs. Ces chiffres sont en perpétuelle augmentation. L'intensification de sa culture nécessite un programme qui tient compte des facteurs limitants

pour sa production. C'est une espèce qui présente plusieurs systèmes de reproduction. Elle peut être, selon les lignées, autogame ou allogame (Le Guen *et al.* 1993 ; Pierre *et al.* 1997, 1999). La pollinisation figure parmi les facteurs limitants des lignées allogames.

Plusieurs auteurs (Free 1966 ; Pritsch 1971 ; Poulsen 1975 ; Pinzauti & Frediani 1979 ; Koltowski 1996 ; Svendsen & Brødsgaard 1997) ont montré que l'activité de butinage des abeilles sur la fève assure une pollinisation croisée et améliore significativement la production de la plante par rapport à l'autofécondation.

En climat méditerranéen, elle est semée en automne et fleurit entre février et avril. Dans certains pays, tels que l'Egypte (El Berry *et al.* 1974), la France (Tasei 1976 ; Pierre *et al.* 1997, 1999), la Finlande (Varis 1996), la Pologne (Koltowski 1996) et le Danemark (Svendsen & Brødsgaard 1997), la pollinisation de la plante est principalement assurée par les abeilles domestiques et les bourdons. Dans d'autres régions, comme en Angleterre, sur les côtes méditerranéennes et au Moyen-

E-mail: benachour\_karima@yahoo.fr, michael.terzo@umh.ac.be

Accepté le 21 décembre 2006

Orient, des espèces d'abeilles sauvages (*Andrena* spp., *Anthophora* spp., *Eucera* spp., *Tetralonia* spp., *Xylocopa* spp.) peuvent être d'importants pollinisateurs en étant localement plus nombreuses que l'abeille domestique (El Berry *et al.* 1974 ; Knott *et al.* 1994). Au sud de l'Espagne, c'est *Eucera numida* Lepeletier 1841 qui est le principal pollinisateur de la plante (Cartujo *et al.* 1998 ; Pierre *et al.* 1999). A Cambridge (Angleterre), le principal pollinisateur est *Anthophora plumipes* Pallas 1772 (Bond & Kirby 1999).

En Algérie, il n'existe aucune étude sur la pollinisation par les abeilles des plantes cultivées. Seules des données sur la faune des apoïdes visiteurs des plantes spontanées dans la région de Constantine ont été apportées par les travaux de Louadi & Doumandji (1998a, 1998b) et Louadi (1999).

En raison de l'importance économique de la culture de la fève en Algérie et du manque d'information concernant les abeilles sauvages de ce pays, il nous a paru nécessaire d'étudier les agents pollinisateurs et leur impact sur le rendement grainier de la fève. Pour ce faire, nous établissons ici la nature des pollinisateurs et estimons la densité et l'efficacité pollinisatrice des principales espèces. Nous mesurons leur action en comparant le rendement grainier de plants laissés libres d'accès aux pollinisateurs avec des plants encagés.

### Matériel et méthodes

#### Caractérisation des stations d'étude

L'étude a été menée en 2000, 2001 et 2002. Pour la floraison de 2000, les observations se sont déroulées dans la localité de Hamma Bouziane (35°26'N 07°05'E, 460 m d'altitude). Il s'agit d'une parcelle de 660 m<sup>2</sup> (60 m de long sur 11 m de large) au sein d'un jardin ouvert sur la nature. La végétation environnante est herbacée et comporte principalement les espèces mellifères suivantes: *Calendula arvensis* L. (Asteraceae), *Sinapis arvensis* L. (Brassicaceae), *Borago officinalis* L. (Boraginaceae), *Silene fuscata*

L. (Caryophyllaceae), *Bryonia dioica* L. (Cucurbitaceae), *Allium triquetrum* L. (Liliaceae), *Malva sylvestris* L. (Malvaceae), *Oxalis pes-caprae* L. (Oxalidaceae), *Anagallis arvensis* L. (Primulaceae).

Pour les floraisons de 2001 et de 2002, les observations se sont déroulées dans une parcelle de l'Institut de Nutrition, d'Alimentation et des Technologies Agro-alimentaires (INATAA) de l'Université Mentouri de Constantine (36°22'N 06°37'E, 660 m d'altitude). Il s'agit d'une parcelle de 308 m<sup>2</sup> (22 m de long sur 14 m de large). Une forêt naturelle entoure l'Institut. Elle est essentiellement composée des essences suivantes : *Abies numidica* DeLannoy ex Carr, *Cedrus atlantica* Manetti, *Pinus pinaster* Soland (Abietaceae), *Schinus* sp. (Anacardiaceae), *Cupressus sempervirens* L. (Cupressaceae) et *Olea europaea* L. et *Syringa vulgaris* L. (Oleaceae). La végétation herbacée mellifère y est abondante et très diversifiée.

Dans les deux stations, la variété de fève plantée est *Vicia faba* L. var. *major* (fève marocaine longue). La plantation est effectuée en rangées espacées de 80 cm. Les semis y ont été réalisés le 15 novembre 1999, le 29 novembre 2000 et le 15 novembre 2001 et à la même densité (24 plants/m<sup>2</sup>). L'arrosage des plantes se fait régulièrement tous les 3 jours.

#### Inventaire et densité de la faune pollinisatrice

La méthode des quadrats est utilisée pour l'observation et le comptage des pollinisateurs et de la densité florale (Sonnet & Jacob-Remacle 1987 ; Abrol 1988). Sept quadrats de 1 m<sup>2</sup> chacun sont délimités au moyen de fils et de pieux dans les deux premières rangées à partir du bord de la culture. La distance qui sépare deux quadrats est de 2 m. Tous les quadrats sont exposés au soleil et bénéficient d'un même arrosage.

Tous les deux jours et à partir de la floraison, l'observateur parcourt les quadrats de 9 h jusqu'à 17 h (Gmt + 1). Dans chacun d'eux et pendant 7 à 8 minutes, il compte les insectes butineurs. Quelques spécimens de chaque espèce rencontrée sont capturés pour une identification en laboratoire et la constitution d'un matériel de référence. Cette identification a été effectuée par le Prof. P. Rasmont pour les espèces du genre *Bombus*, par le troisième auteur pour l'espèce du genre *Xylocopa* et par le premier auteur pour les autres espèces sur base du matériel de référence de l'Université de Mons-Hainaut, lequel a été identifié par S. Risch pour le genre *Eucera* et G. van der Zanden pour le genre *Osmia*.

**Tableau 1.** Nombres moyens des pollinisateurs par 100 fleurs de *Vicia faba* pendant les floraisons de 2000, 2001 et 2002.

Familles	Espèces	2000	2001	2002
Apidae	<i>Eucera numida</i> Lepeletier 1841	13	20	15
	<i>Apis mellifera</i> L. 1758	6	16	1
	<i>Xylocopa violacea</i> L. 1758	1	<1	<1
	<i>Bombus terrestris africanus</i> (Kruger 1956)	1	<1	
	<i>Bombus ruderatus siculus</i> (Friese 1882)		<1	
	<i>Eucera alternans</i> (Brullé 1832)		1	
	<i>Anthophora</i> sp.	2		
Megachilidae	<i>Osmia hebraea</i> Benoist 1934	<1		

**Tableau 2.** Nombre de visites observées et de visites pollinisantes pour les deux espèces les plus abondantes, *Eucera numida* et *Apis mellifera*, sur les fleurs de *Vicia faba* pendant les trois années d'étude.

N : nombre de spécimens observés ; P : nombre de visites pollinisantes (une seule visite est comptabilisée par insecte).

Floraisons	Espèces	N	%N	P	%P
2000	<i>E. numida</i>	470	70	470	82
	<i>A. mellifera</i>	201	30	104	18
2001	<i>E. numida</i>	525	56	525	66
	<i>A. mellifera</i>	411	44	271	34
2002	<i>E. numida</i>	472	95	472	97
	<i>A. mellifera</i>	24	5	14	3
Total	<i>E. numida</i>	1467	70	1467	79
	<i>A. mellifera</i>	636	30	389	21

Parallèlement au comptage, une mesure de la densité des fleurs épanouies, et donc susceptibles d'être butinées, est effectuée dans chacun des quadrats. La densité d'insectes est ainsi estimée en rapportant le nombre d'insectes dénombrés à un nombre défini de 100 fleurs. Cette méthode est actuellement la plus fréquemment utilisée pour comparer les densités de pollinisateurs dans les cultures (Pierre *et al.* 1997, 1999).

### Observation du comportement de butinage des insectes.

Le comportement de butinage des insectes est qualifié comme suit. Il est dit positif lorsque l'insecte pénètre frontalement dans la fleur et y prélève du pollen ou du nectar et entre ainsi en contact avec le stigmate. Dans un tel cas, les déplacements de l'insecte entre les fleurs et entre les plants peuvent assurer l'allogamie (Carré *et al.* 1994). De plus, par cette pénétration frontale, l'insecte déclenche la colonne staminale et provoque la libération du pollen (Stoddard & Bond 1987). A l'inverse, le butinage est dit négatif lorsqu'il est pratiqué, pour le prélèvement du nectar, à partir de trous percés à la base des corolles par les bourdons.

L'objet de visite (récolte de pollen, de nectar ou des deux produits ensemble) des espèces les plus abondantes sur les fleurs n'a été noté qu'au cours de la floraison de 2001.

### Evaluation de l'effet de la pollinisation sur le rendement grainier

Pendant la floraison de 2001, 14 quadrats de 1 m<sup>2</sup> sont mis en place. Sept de ces quadrats, situés dans les deux premières rangées de la culture, sont laissés libres d'accès aux pollinisateurs. Les sept autres quadrats, situés dans les deux rangées suivantes, sont encagés à l'aide de tulle (1 m de côté pour 2 m de hauteur) afin d'en interdire l'accès aux pollinisateurs.

Au moment de la récolte et pour chaque quadrat, le poids total de la récolte, le poids moyen en graines par plant et par inflorescence sont établis.

Pour six quadrats (3 libres et 3 encagés) des mesures additionnelles ont permis d'établir le nombre moyen de graines par gousse (g/G), le nombre moyen de gousses par plant (G/P) et le nombre moyen de graines par plant (g/P).

Les comparaisons de moyennes entre les quadrats libres et encagés sont effectuées par un test de Student et celles des pourcentages par un test de l'écart réduit ( $\epsilon$ ).

## Resultats

### Floraison de la plante

Les floraisons ont débuté le 25.II.2000, le 28.II.2001 et le 6.III.2002 et se sont étalées respectivement sur 33, 23 et 22 jours.

Un plant porte entre 27 et 58 fleurs (33 fleurs/plant en moyenne) groupées en inflorescences. On dénombre en moyenne 7 inflorescences par plant et 4 fleurs par inflorescence. La floraison s'échelonne de la base vers l'extrémité du plant et de l'inflorescence.

### Diversité et densité des pollinisateurs

Les observations menées lors des trois périodes de

floraison montrent que les insectes qui butinent les fleurs de *Vicia faba* sont tous des hyménoptères apoïdes appartenant à deux familles : Apidae et Megachilidae. Huit espèces sont recensées mais seules trois d'entre elles sont observées au cours des trois floraisons : *Eucera numida* Lepeletier 1841, *Apis mellifera* L. 1758 et *Xylocopa violacea* (L. 1758) (tab. 1). Les nombres de visites observées pour les deux premières espèces, et pour les trois floraisons étudiées, sont fournis au tableau 2.

*Eucera numida* est toujours l'espèce la plus fréquente sur les fleurs, avec une densité de 13 à 20 individus pour 100 fleurs (tab. 1). Elle est aussi la seule à être présente sur les fleurs pendant toute la période de floraison.

L'abeille domestique n'est abondante qu'au cours de la période de floraison de 2001 (tab. 2).

La présence de *Xylocopa violacea* et des autres espèces n'est qu'épisodique (tab. 1).

### Comportement de butinage et efficacité pollinisatrice

Seul le comportement de butinage des deux espèces les plus fréquentes sur les fleurs, *Eucera numida* et *Apis mellifera*, est observé.

Pendant la floraison de 2001, 59% des visites d'*E. numida* concernent la récolte du nectar, environ 20% la récolte de pollen et 20% la récolte mixte de pollen et de nectar (tab. 3). L'eucère effectue toujours un butinage positif sur les fleurs. Elle pénètre à l'intérieur de la corolle pour prélever soit le pollen, soit le nectar, soit les deux, ce qui déclenche la colonne staminale qui entre ainsi en contact avec le stigmate. Pour récolter le pollen, l'eucère gratte les anthères avec ses pattes antérieures et le transfère ensuite sur les brosses des pattes postérieures. Pour récolter le nectar, elle enfonce sa langue jusqu'à la base de la corolle où se situent les nectaires. Les visites de l'eucère peuvent donc toutes être fécondantes.

L'abeille domestique ne pratique un butinage positif que lorsqu'elle prélève le pollen, soit dans 66% de ses

**Tableau 3.** Répartition des visites (en %) d'*Eucera numida* et d'*Apis mellifera* sur *Vicia faba* selon le produit floral récolté et l'efficacité pollinisatrice de ces visites pendant la floraison de 2001.

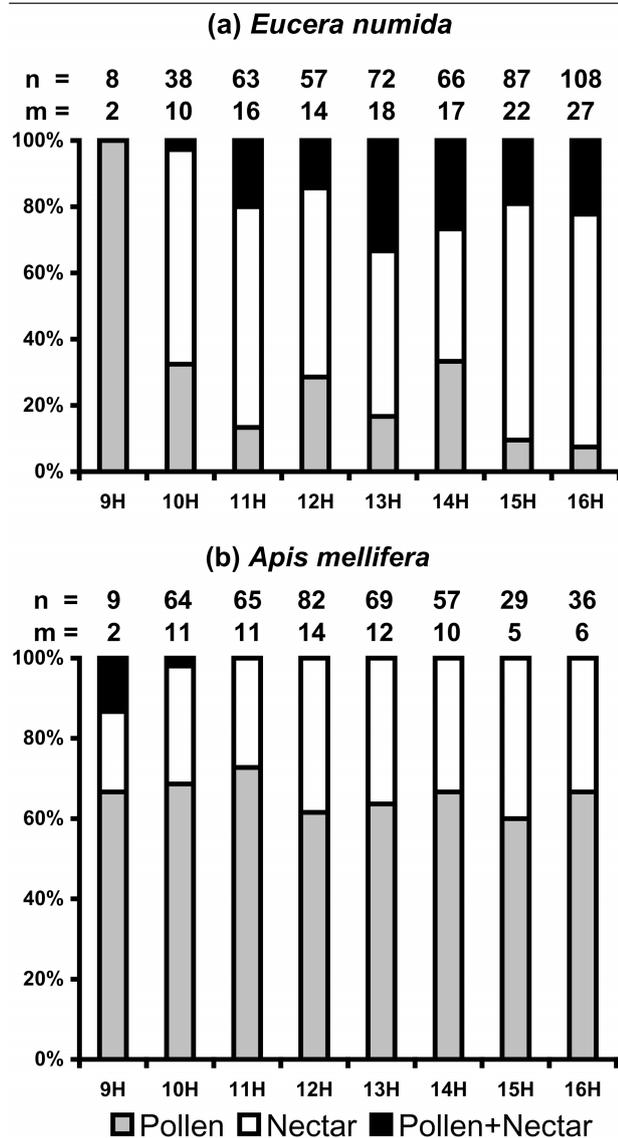
P : pollen ; N : nectar ; + : visite pollinisante ; - : visite non pollinisante

	<i>E. numida</i>	<i>A. mellifera</i>
Nombre de visites observées	499	411
P <sup>+</sup>	19%	65%
N <sup>+</sup>	59%	0%
N <sup>-</sup> (vol)	0%	34%
(P+N) <sup>+</sup>	22%	1%
Total des visites pollinisantes	100%	66%

**Tableau 4.** Vitesse de butinage d'*Eucera numida* et d'*Apis mellifera* sur *Vicia faba* pendant les trois floraisons.

N = nombre de spécimens observés ; ± : écart type.

Floraisons	Espèces	N	Nb moyen de fleurs visitées par minute	Nb moyen de visites positives par minute
2000	<i>E. numida</i>	20	11,1 ± 3,1	11,1 ± 3,1
	<i>A. mellifera</i>	27	6,7 ± 2,0	4 ± 1,3
2001	<i>E. numida</i>	25	10,4 ± 3,5	10,4 ± 3,5
	<i>A. mellifera</i>	20	7,3 ± 2,4	5,4 ± 1,3
2002	<i>E. numida</i>	21	9,8 ± 2,3	9,8 ± 2,3

**Figure 1** Pourcentages des produits floraux récoltés par *Eucera numida* (a) et *Apis mellifera* (b) sur *Vicia faba* aux différentes heures de la journée (floraison 2001) (n = nombre total de spécimens observés ; m = nombre moyen de spécimens observés).

visites. Par contre, pour prélever le nectar (34% des visites), elle passe toujours par les trous percés par les bourdons à la base des corolles, ce qui ne permet pas de féconder la fleur.

Les visites de l'eucère sont plus fréquentes que celles de l'abeille domestique (tab. 4). Si on combine effectifs et efficacité pollinisatrice pour ces deux abeilles (tab. 2), on constate que, toutes floraisons confondues, plus de 79% de la pollinisation de la plante est assurée par *E. numida*.

### Recherche alimentaire des abeilles

Pour l'eucère, la majeure partie des visites florales au cours de la floraison 2001 concerne la récolte exclusive de nectar (fig.1a). Les plus grandes proportions de collecte de nectar sont observées à 10h et 11h de la matinée et à 15 et 16h de l'après midi. Le pollen est surtout prélevé à 9h et les deux produits ensemble sont surtout récoltés dans l'après midi. C'est au cours de l'après-midi, de 13 à 16h, que les plus grands nombres de visites, tous types de visites confondus, sont observés. De plus, l'eucère reste fidèle aux fleurs de la fève (elle a rarement visité les plantes sauvages) jusqu'à ce que sa floraison s'achève.

A l'inverse, les visites florales de l'abeille domestique concernent toujours principalement la récolte de pollen (fig.1b) et cela, à toutes les heures de la journée. Contrairement à l'eucère également, les plus grands nombres d'observations de l'abeille domestique, tous types de visite confondus, se font de 10h à 14h. En outre, elle est peu fidèle à la fève et visite de nombreuses autres plantes sauvages. Cela explique les faibles densités de butineuses enregistrées sur la fève lors des floraisons de 2000 et 2002.

### Effet de la pollinisation entomophile sur le rendement grainier

La présence d'insectes pollinisateurs améliore grandement le rendement de la culture de fèves (tab. 5). Le poids moyen de la récolte en graines des quadrats libres est trois fois plus élevé que celui des quadrats encagés. Les poids moyens de la récolte par inflorescence et par plant sont aussi plus élevés sur les plants accessibles aux pollinisateurs que sur ceux encagés. Le poids moyen de la graine (calculé à partir de 500 graines) est aussi significativement plus grand dans les quadrats libres ( $3 \pm 1$ gr) que dans les quadrats encagés ( $2 \pm 1$ gr) ( $t = 3,993$  ;  $p < 0,0001$ ).

Le nombre moyen de graines par gousse est également significativement plus élevé sur les plants libres que sur les plants encagés (tab. 6). Le taux de nouaison (% de fleurs transformées en gousses) est significativement plus élevé dans les quadrats libres

(13%) que dans ceux encagés (9%) ( $\epsilon = 4$  ;  $p = 0.00001$ ). Les gousses des plantes encagées ont aussi donné un pourcentage de graines ridées (mal formées) nettement supérieur (35%) à celui des gousses des plantes libres (3%). Par contre, le pourcentage de jeunes gousses chutées est significativement plus élevé sur les plantes libres (21,2%) que sur les plantes encagées (5,3%) ( $\epsilon = 8$  ;  $p = 0.000$ ).

Les nombres moyens de gousses et de graines par plant sont aussi significativement plus élevés sur les plants libres que sur ceux encagés. Les plants des quadrats libres ont donc produit plus de graines par gousse, plus de gousses par plant et des graines plus grosses et mieux formées que les plants des quadrats encagés.

### Discussion

Les observations menées sur *Vicia faba* au cours des floraisons de 2000, 2001 et 2002 montrent que l'entomofaune pollinisatrice de la plante dans la région de Constantine est composée en majorité d'hyménoptères apoïdes de la famille des Apidae.

L'abeille sauvage *Eucera numida* est l'espèce la plus abondante sur les fleurs au cours des trois floraisons. Elle constitue en moyenne 70% des visites observées. Cette situation est similaire à celle du sud de l'Espagne où la même eucère constitue 89,4% des insectes pollinisateurs observés sur les fleurs de la fève cultivée (Pierre *et al.* 1999).

L'abeille domestique vient en deuxième position en terme d'abondance.

Les autres Apidae, notamment *Xylocopa violacea* et *Bombus terrestris africanus*, sont très peu représentés. Ces derniers sont pourtant considérés comme de bons pollinisateurs de la plante (Stoddard & Bond 1987 ; Pierre *et al.* 1997, 1999), notamment les espèces à langue longue (*Bombus pascuorum* (Scopoli 1763) ; *B. hortorum* (L. 1761)) qui butinent légitimement les fleurs au lieu de perforer la base de la corolle (Free 1966 ; Tasei 1976). La faible proportion de bourdons enregistrée sur la plante s'explique par la précocité de la floraison qui coïncide avec la période de fondation de la colonie (Jacob-Remacle 1989 ; Pouvreau 2004). En effet, seules des femelles fondatrices ont été observées sur les fleurs.

L'observation du comportement de butinage d'*E. numida* et d'*A. mellifera* montre que l'eucère effectue toujours un butinage positif sur les fleurs quelque soit le produit récolté, et donc toutes ses visites peuvent être fécondantes. Chez l'abeille domestique, la proportion de butinage positif est en moyenne de 59%. La récolte du nectar correspond toujours à un butinage

**Tableau 5.** Rendement grainier moyen de *Vicia faba* dans les quadrats libres (QL) et encagés (QE) pendant la floraison de 2001.

U = test de Mann whitney ; t = test de Student ; \*p < 0,01 ; \*\*p < 0,001.

	QL	QE	
Poids moyen de la récolte par quadrat (grammes)	673 ± 96	223 ± 21	U = 0*
Poids moyen en graines par plant (grammes)	32 ± 3	11 ± 1	t = 6,45**
Poids moyen en graines par inflorescence (grammes)	8,3 ± 4	4,7 ± 3	t = 7,35**

non fécondant car l'abeille profite des trous percés à la base des corolles par *B. terrestris* (Newton & Hill 1983). Ce comportement de butinage est également observé par plusieurs auteurs (Stoddard & Bond 1987 ; Free 1993 ; Koltowski 1996 ; Pierre *et al.* 1999). En France, il est responsable de la faible proportion de visites positives (seulement 12%) enregistré par l'abeille sur différents génotypes de la plante (Pierre *et al.* 1999).

L'activité quotidienne des abeilles sur les fleurs dépend de la production soit de pollen (Stone *et al.* 1998), soit de nectar (Pierre *et al.* 1996 ; Suzo *et al.* 2001 ; Pouvreau 2004) au cours de la journée. Nos observations en 2001 montrent que l'eucère récolte principalement le nectar (environ 60% des visites) et que la proportion de visites destinées au prélèvement de nectar est plus grande de 10h à 11h et de 15h à 16h ce qui correspond aux heures de la journée où de nombreuses fleurs s'épanouissent (Stoddard & Bond 1987) ou produisent le maximum de nectar (Pierre *et al.* 1996). A l'inverse, l'abeille domestique récolte principalement du pollen. Les butineuses sont nombreuses sur les fleurs pendant toute la journée puisque le pollen est disponible de 10 à 17h (Free 1993) avec des périodes de pic qui correspondent aussi à l'ouverture de nouveaux boutons floraux (Stoddard & Bond 1987).

La présence d'insectes pollinisateurs contribue grandement à l'amélioration de la production de *Vicia*

**Tableau 6.** Indices moyens de fertilité de *Vicia faba* calculés à partir des plantes de 6 quadrats (3 libres et 3 encagés) pendant la floraison de 2001.

g/G = nombre moyen de graines par gousse ; G/P = nombre moyen de gousses par plant ; g/P = nombre moyen de graines par plant ; QL = quadrats libres ; QE = quadrats encagés ; t = test de Student ; \*p = 0,02 ; \*\*p < 0,001.

Indices calculés	QL	QE	t
g/G	3,0 ± 1	2,7 ± 1	3,48**
G/P	4,0 ± 2	3,0 ± 2	2,35*
g/P	14,0 ± 8	7,0 ± 4	5,13**

*faba*. Le rendement grainier et le nombre de gousses obtenus par pollinisation croisée sont plus élevés que ceux obtenus par autogamie.

Des résultats concordants, en comparant quadrats libres et quadrats encagés, ont été obtenus par Pritsch (1971), Pinzauti & Frediani (1979), Prabucki *et al.* (1987), Varis & Brax (1990) et Koltowski (1996). Le pourcentage plus élevé de jeunes gousses chutées observé sur les plantes libres peut s'expliquer par la diminution des ressources alimentaires de la plante (Stephenson 1981) ou par une compétition interne pour ces ressources (Chbouki *et al.* 2005). Les plantes des parcelles libres, dont les fleurs sont pleinement pollinisées, ne peuvent pas assurer la maturité de toutes les graines. Les gousses des premières fleurs pollinisées parviennent ainsi à maturité alors que celles des dernières fleurs pollinisées avortent au stade de jeunes gousses (Tamas *et al.* 1979 ; Stephenson 1980).

En conclusion, dans la région de Constantine comme dans le sud de l'Espagne, *Eucera numida* reste le principal pollinisateur de *V. faba*. Avec un butinage qui peut être fécondant dans 100% des visites, un nombre de visites qui représente 70% du nombre total de visites observées, et une aptitude plus grande à déclencher les fleurs de la fève, l'eucère représente le pollinisateur le plus efficace et le plus utile pour la plante. L'abeille domestique est moins efficace et moins fidèle que l'eucère.

Il apparaît dès lors nécessaire de préserver les pollinisateurs sauvages locaux pour subvenir au besoin de pollinisation des plantes cultivées. Cela ne pourra se faire qu'en protégeant l'habitat de cette faune sauvage contre les fortes pressions humaines. Une meilleure connaissance de la biologie et du comportement de nidification d'*Eucera numida* permettrait également de mieux protéger cette espèce afin d'assurer la pollinisation des cultures de fève dans la région.

**Remerciements.** Les auteurs remercient le Prof. P. Rasmont (UMH, Belgique) pour les avoir accueillis dans son laboratoire, pour la relecture du manuscrit, pour l'identification des bourdons et la mise à disposition des collections de référence qui ont servi à l'identification du matériel entomologique de cette étude. Ils remercient également S. Risch (Leverkusen, Allemagne) et le regretté G. van der Zanden pour l'identification d'une partie de ce matériel de référence.

## References

- Abrol D.P.** 1988. Effect of climatic factors on pollination activity of alfalfa-pollinating subtropical bees *Megachile nana* Bingh and *Megachile flavipes* Spinola (Hymenoptera: Megachilidae). *Acta Oecologica* 9(4): 371-377.
- Bond D.A., Kirby E.J.M.** 1999. *Anthophora plumipes* (Hymenoptera: Anthophoridae) as a pollinator of broad bean (*Vicia faba major*). *Journal of Apicultural Research* 38(3-4): 199-203.
- Carré S., Badenhauser L., Tasei J.N., Mesquida J.** 1994. Pollen deposition by *Bombus terrestris* L., between male-fertile and male-sterile plants in *Vicia faba* L. *Apidologie* 25: 338-349.
- Cartujo F., Suzo M.J., Pierre J., Moreno M.T., Le Guen J.** 1998. Faba bean pollinating insects in South Spain: daily variance in abundance, p. 49-50 in: *Eucarpia, International Symposium on Breeding of Protein and Oil crops*. April 1-4, Pontevedra, Spain.
- Chbouki S., Shipley B., Bamouh A.** 2005. Path models for the abscission of reproductive structures in three contrasting cultivars of faba bean (*Vicia faba*). *Canadian Journal of Botany* 83(3): 264-271.
- El-Berry A.A., Moustafa M.A., Abdel-Gawad A.A., El-Bialek S.** 1974. Pollinators other than honey bees visiting certain vegetable plants in Egypt. *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 77: 106-110.
- Free J.B.** 1966. The pollination requirements of broad beans and field beans (*Vicia faba*). *Journal of Agricultural Science* 66: 395-398
- Free J.B.** 1993. *Insect pollination of crops*. 2nd ed. Academic Press, London.
- Jacob-Remacle A.** 1989. Comportement de butinage de l'abeille domestique et des abeilles sauvages dans des vergers de pommiers en Belgique. *Apidologie* 20: 271-285.
- Knott C.M., Biddle A.J., Mckeown B.M.** 1994. *The field bean handbook*. PGRO, Peterborough.
- Koltowski Z.** 1996. Foraging by pollinating insects on several field bean cultivars (*Vicia faba* L. spp. *minor* Harz). *Pszczelnictwo Zeszyty Naukowe* 40(1): 77-93.
- Le Guen J., Mesquida J., Pierre J.S., Morin G., Tasei J.N., Carré S.** 1993. Efficacité pollinisatrice de différents traitements sur 2 lignées de féverole de printemps (*Vicia faba* L. var. *equina* Steudel), à des niveaux d'autofertilité différents, avec utilisation de diverses espèces de *Bombus* Latr. (Hymenoptera: Apidae). *Apidologie* 24(2): 129-145.
- Louadi K.** 1999. Contribution à la connaissance des genres *Halictus* et *Lasioglossum* de la région de Constantine (Algérie) (Hymenoptera, Apoidea, Halictidae). *Bulletin de la Société Entomologique de France* 104(2): 141-144.
- Louadi K., Doumandji S.** 1998a. Diversité et activité de butinage des abeilles (Hymenoptera: Apoidea) dans une pelouse à thérophytes de Constantine (Algérie). *The Canadian Entomologist* 130: 691-702.
- Louadi K., Doumandji S.** 1998b. Note d'information sur l'activité des abeilles (domestiques et sauvages) et influence des facteurs climatiques sur les populations. *Sciences & Technologie* 9: 83-87.
- Newton S.D., Hill G.D.** 1983. Robbing of field bean flowers by the short-tongued bumblebee *Bombus terrestris*. *Journal of Apiculture Research* 22: 124-129.
- Pierre J., Le Guen J., Pham Delègue M.H., Mesquida J., Marilleau R., Morin J.** 1996. Comparative study of nectar secretion and attractivity to bees of two lines of spring-type faba bean (*Vicia faba* L. var. *equina* Steudel). *Apidologie* 27: 65-75.
- Pierre J., Le Guen J., Esnault R., Debbagh S., Sadiki M.** 1997. Méthode d'étude de la fréquentation de diverses féveroles par les insectes pollinisateurs, p. 199-206 in: **INRA (ed.)** *Les légumineuses alimentaires méditerranéennes*. Rennes (France), 20-22 février, Les Colloques, 88, INRA, Paris.
- Pierre J., Suzo M.J., Moreno M.T., Esnault R., Le Guen J.** 1999. Diversité et efficacité de l'entomofaune pollinisatrice (Hymenoptera: Apidae) de la féverole (*Vicia faba* L.) sur deux sites, en France et en Espagne. *Annales de la Société Entomologique de France* (n.s.) 35 (suppl.): 312-318.
- Pinzauti M., Frediani D.** 1979. Effetto dell'impollinazione entomofila sulla produttività del favino (*Vicia faba minor*). *Apicoltura Moderna*: 107-113.
- Poulsen M.H.** 1975. Pollination, seed setting, cross fertilization and inbreeding in *Vicia faba* L. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung* 74: 97-118.
- Pouvreau A.** 2004. *Les insectes pollinisateurs*. Delachaux & Niestlé, 157 p.
- Prabucki J., Chuda-Mickiewicz J.B., Woyke H.** 1987. The influence of bees on the crop of broad bean seeds (*Vicia faba* L. var. *major*), p. 403-409 in: *Proceedings of the XXXI st Congress of Apiculture, August 19-25, Warsaw*.

- Pritsch G. 1971.** Recherche sur le rôle que joue l'abeille dans la pollinisation de la fève (*Vicia faba*), p. 529-530 in: *CR 23<sup>e</sup> Congrès international d'Apiculture, Apimondia*, Moscou, Bucarest.
- Saxena M.C. 1991.** Status and scope for production of faba bean in the Mediterranean countries. *Options Méditerranéennes. Série Séminaires* **10**: 15-20.
- Sonnet M., Jacob-Remacle A. 1987.** Pollinisation de la légumineuse fourragère *Hedysarum coronarium* L. en Tunisie. *Bulletin de la Recherche Agronomique de Gembloux* **22**(1): 19-32.
- Stephenson A.G. 1980.** Fruit set, herbivory, fruit reduction, and the fruiting strategy of *Catalpa speciosa* (Bignoniaceae). *Ecology* **61**: 57-64.
- Stephenson A.G. 1981.** Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Annales de la Revue d'Ecologie systématique* **12**: 253-279.
- Stoddard F.L., Bond D.A. 1987.** The pollination requirements of the faba bean. *Bee World* **68**(3): 144-152.
- Stone G.N., Willmer P., Rowe J.A. 1998.** Partitioning of pollinators during flowering in an african acacia community. *Ecology* **79**(8): 2808-2827.
- Suzo M.J., Pierre J., Moreno M.T., Esnault R., Le Guen J. 2001.** Variation in outcrossing levels in faba bean cultivars: role of ecological factors. *Journal of Agricultural Science* **136**: 399-405.
- Svendsen O.S., Brødsgaard C.J. 1997.** The importance of bee pollination in two cultivars of field (*Vicia faba* L.). *SP Rapport-Statens Planteavlsvforsøg* **5**: 1-18.
- Tamas I.A., Wallace D.H., Ludford P.M., Ozbun J.L. 1979.** Effect of older fruits on abortion and abscisic acid concentration of younger fruits in *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiology* **64**: 620-622.
- Tasei J.N. 1976.** Les insectes pollinisateurs de la féverole d'hiver (*Vicia faba equina* L.) et la pollinisation des plantes mâles-stériles en production de semence hybride. *Apidologie* **7**: 1-38.
- Varis A.L. 1996.** Abundance, species composition and daily pattern of bees visiting field bean, goat's rue and turnip rape in southern Finland. *Journal of Agricultural Science in Finland* **4**: 473-478.
- Varis A.L., Brax R. 1990.** Effect of bee pollination on yield components of field bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Agricultural Science in Finland* **62**: 45-49.
- Zaghouane O. 1991.** The situation of faba bean (*Vicia faba* L.) in Algeria. *Options Méditerranéennes. Série Séminaires* **10**: 123-125.

