



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES
ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES

THESE DE DOCTORAT

En vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat
en Sciences Biologiques

Option : Interaction plantes-animaux dans les écosystèmes naturels et cultivés.

Présentée par :

M^{elle} KORICHI YAMINA

Thème

**Diversité, activité de butinage et impact de la pollinisation des
Apoïdes (Hymenoptera : Apoïdea) sur les plantes cultivées
dans la région de Tizi-Ouzou**

Soutenue le 27/10/2020

Devant le jury :

La présidente : M^{me} MEDJDOUB-BENSAAD Ferroudja Professeur à UMMTO

Directrice de thèse : M^{me} AOUAR-SADLI Malika MCA à UMMTO

Examineurs :

M^{me} SADOUDI ALI- AHMED Djamila Professeur à UMMTO.

M^{me} BENDIFALLAH Leila Professeur à l'université de Boumerdes.

M^r ADJLANE Noureddine MCA à l'université de Boumerdes.

M^{me} MEKIOUS Chahrazad MCA à l'université de Djelfa.

REMERCIEMENTS

Je remercie le bon dieu pour le courage, la patience dont il m'a fait don, tout au long de mon parcours.

*Mes vifs remerciements s'adressent à Mme **AOUAR-SADLI Malika**, Maître de conférences (A) à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour avoir accepté d'encadrer et diriger ce travail. Il s'agit pour moi d'un immense honneur de lui exprimer mes remerciements et ma gratitude pour sa disponibilité, ses conseils, ses orientations, sa modestie et pour l'intérêt bienveillant manifesté pour mon travail.*

Je tiens également à remercier :

*Mme **MEDJDOUB-BENSAAD F.** professeur à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant de présider le jury et d'apporter son appréciation sur ce modeste travail.*

*M^{me} **SADOUDI ALI- AHMED D.** professeur à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou et M^{me} **BENDIFALLAH L.** professeur à l'université M'hamed Bouguerra de Boumerdes pour avoir accepté d'examiner mon travail.*

*M^{me} **MEKIOUS C.** maitres de conférences (A) à l'université Ziane Achour de Djelfa et M^r **ADJLANE N.** maitres de conférences (A) à l'université M'hamed Bouguerra de Boumerdes me font l'honneur de participer à l'examen de ce travail. Je les remercie vivement pour avoir accepté de prendre de leur temps pour lire et examiner cette thèse.*

*Mes remerciements iront également à Mme **GOUCEM-KHELFANE K.** et Melle **CHAOUANE** pour leur aide précieuse.*

*Il est de notre devoir de remercier également le Professeur **Pierre RASMONT** de l'université de Mons Hainaut de Belgique de m'avoir accueillie à deux reprises dans son laboratoire. Nous remercions également Professeur **Denis MICHEZ** du même laboratoire pour son aide.*

*Mes sincères remerciements pour toute l'équipe du laboratoire de Production, sauvegarde des espèces menacées et des récoltes pour m'avoir soutenue et encouragée. Mes vifs remerciements pour toutes les amies de la promo « Interaction plantes-animaux dans les écosystèmes naturels et cultivés en particuliers **LAMARA MOHAMED R.,** **CHERIFI-HABBI A.** et **IKHLEF H.***

Je n'oublierai pas tout le personnel de L'Institut Technique Moyen Agricole Spécialisé (I.T.M.A.S) de Boukhalfa pour l'aide et moyens mis en disposition.

Il m'est particulièrement agréable d'exprimer ma profonde gratitude et reconnaissance à mes très chères sœurs (Nacéra, Zohra et Merzaka) et mes très chers frères (Omar, Salah, Mustapha, Mohamed et Aissa), mes belles sœurs, mes nièces et neveux pour leur amour, soutien et encouragement.

Enfin, je garde la place la plus chère dans mon cœur pour ma mère (que dieu ait son âme) et mon père, que dieu nous le garde, sans qui je n'aurais jamais pu en arriver là.

J'exprime ma reconnaissance à tous ceux qui ont participé de près ou de loin, dans la réalisation de ce modeste travail, sans oublier ceux qui ont contribué à notre formation.

LISTE DES FIGURES

	Titre	Page
Figure 1	Processus de pollinisation par les abeilles (Anonyme 1, 2013)	9
Figure 2	Morphologie de la fleur de pois chiche (A) Fleur zygomorphe, (B) étamines, pistil et ovaire (Blumber., 1991).	14
Figure 3	schéma de la fleur de <i>Vicia faba</i> (Jacon, 2015)	16
Figure 4	Section longitudinale fleur mâle (A) et fleur femelle (B) de courge (Mc Gregor, 1976)	17
Figure 5	Photo de fleur mâle (A) et femelle (B) de <i>Citrullus lanatus</i> (Photographie originale, 2016)	19
Figure 6	Fleur d'oignon (<i>Allium cepa</i>) (A) section sagittale en phase de production de pollen, (B) fleur en phase de réceptivité stigmatique (Mc Gregor, 1976)	20
Figure 7	Photo de l'aspect morphologique d'un fleuron et d'un akène contenant la graine de laitue (Zorrig, 2011)	22
Figure 8	la fleur de l'oranger (Photographie originale, 2016)	23
Figure 9	Diagramme Ombro-thermique de Gaussen de la région de Tizi-Ouzou (2007-2017)	26
Figure 10	Climagramme d'Emberger pour la région de Tizi-Ouzou (2007 à 2017)	27
Figure 11	Photo de la Parcelle de l'I.T.M.A.S (Boukhalfa)	29
Figure 12	Méthodes d'étude de la faune apoïdienne dans le milieu cultivé (Benachour, 2008, Cherair, 2016)	31
Figure 13	montage des spécimens d'Apoïde (Selon le laboratoire de Zoologie, Mons)	32
Figure 14	Photo des quadrats encagés et des quadrats laissés libres d'accès aux abeilles	33
Figure 15	Cycle de floraison de <i>V. faba</i> et densité d'abeilles pendant les floraisons de 2016 (a) et 2017 (b)	36
Figure 16	Nombre total d'apoïdes enregistrés à différentes heures de journée pendant les floraisons de 2016 (a) et 2017 (b)	37
Figure 17	Le butinage positif d' <i>Eucera numida</i> (a et b) et le butinage négatif d' <i>Apis mellifera</i> (c) sur les fleurs de fève (photographie originale, 2016)	39
Figure 18	Pourcentages des produits floraux récoltés par <i>Eucera numida</i> (a) et <i>Apis mellifera</i> (b) sur <i>Vicia faba</i> aux différentes heures de la journée	40, 41
Figure 19	Cycle de floraison de <i>Cicer arietinum</i> et densité d'abeilles pendant la floraison de 2017	45
Figure 20	Activité journalière des abeilles sur <i>Cicer arietinum</i> pendant la floraison de 2017	47
Figure 21	Cycle de floraison d' <i>Allium cepa</i> et le nombre d'abeilles enregistré pendant la floraison de 2016 (a) et 2017 (b)	49
Figure 22	Nombre total d'apoïdes enregistrés à différentes heures de journée pendant les floraisons de 2016 (a) et 2017 (b)	51
Figure 23	Pourcentages des produits floraux récoltés par <i>Lasioglossum malachurum</i> (a), <i>Lasioglossum pauxillum</i> et <i>Apis mellifera</i> (c) sur <i>Allium cepa</i> aux différentes heures de la matinée (floraison 2017)	53
Figure 24	graines issues de plants libres (a) et de plants encagés (b)	54
Figure 25	Cycle de floraison de <i>Lactuca sativa</i> L. et densité d'abeilles pendant les floraisons de 2016 (a) et 2017 (b)	57

Figure 26	Nombre total d'apoïdes enregistrés pendant les floraisons de 2016 et 2017	59
Figure 27	Pourcentages des produits floraux récoltés par <i>L.pauxillum</i> (a) et <i>L.malachurum</i> (b) sur <i>Lactuca sativa</i> aux différentes heures de la journée (floraison 2017)	60, 61
Figure 28	Production des fleurs mâles et femelles par les plants de <i>Cucurbita pepo</i> pendant les floraisons de 2016 (a) et de 2017 (b) et sex ratio floral (SRF: ♂/♀)	62, 63
Figure 29	Evolution du nombre de visites d' <i>Apis mellifera</i> sur <i>Cucurbita pepo</i> en relation avec la densité des fleurs au cours des floraisons de 2016 (a) et de 2017 (b)	64, 65
Figure 30	Nombres de visites d' <i>Apis mellifera</i> enregistrées sur <i>Cucurbita pepo</i> aux heures d'observation durant les floraisons de 2016 et de 2017	65
Figure 31	Recherche alimentaire d' <i>Apis mellifera</i> sur <i>Cucurbita pepo</i> aux heures d'observation pendant les floraisons de 2016 et de 2017	67
Figure 32	Production des fleurs mâles et femelles par les plants de <i>Citrullus lanatus</i> pendant les floraisons de 2016 (a) et de 2017 (b) et sex ratio floral (♂/♀)	69
Figure 33	Evolution du nombre de visites des abeilles sur <i>Citrullus lanatus</i> en relation avec le nombre de fleurs au cours des floraisons de 2016 (a) et de 2017 (b)	72
Figure 34	Evolution du nombre des principaux pollinisateurs de <i>Citrullus lanatus</i> aux différentes heures de la journée pendant la floraison de 2016 (a) et 2017 (b)	73
Figure 35	Cycle de floraison de <i>Citrus sinensis</i> et densité d'abeille pendant 2016 (a), 2017 (b) et 2018 (c)	77
Figure 36	Evolution du nombre d'individus de l'abeille domestique sur les fleurs de <i>Citrus sinensis</i> pendant 2016, 2017 et 2018	78

LISTE DES TABLEAUX

	Titre	Page
Tableau 1	Températures moyennes mensuelles (°C) de la station météorologique de Tizi-Ouzou de 2016 à 2017	24
Tableau 2	Variations mensuelles de Précipitations (en mm) de la station de Tizi-Ouzou, période 2016 et 2017	25
Tableau 3	Variations mensuelles d'humidité relative de l'air (en%) de la station de Tizi-Ouzou, période 2016 et 2017	25
Tableau 4	Variétés, dates de semis et la densité des différentes plantes étudiées	29
Tableau 5	Nombre de spécimens (Nind) et fréquences relatives (%Nind) des apoïdes comptabilisés lors des transects.	37
Tableau 6	Nombre moyens des pollinisateurs par 100 fleurs de <i>Vicia faba</i> pendant les floraisons 2016 et 2017	37
Tableau 7	Nombre de visites observées et de visites pollinisantes pour les deux espèces les plus abondantes, <i>Eucera numida</i> et <i>Apis mellifera</i> , sur les fleurs de <i>Vicia faba</i> pendant les deux floraisons	38
Tableau 8	Nombre de visites observées et de visites pollinisantes des deux espèces les plus abondantes sur les fleurs de <i>V. faba</i>	39
Tableau 9	Nombre moyen de fleurs de <i>V. faba</i> visitées par minute par les principales espèces d'abeilles durant la floraison de 2017	40
Tableau 10	Longueurs et nombre moyens des gousses vertes durant la phase de fructification de <i>V. faba</i> pendant la floraison de 2016	41
Tableau 11	Rendement grainier moyen de <i>V. faba</i> dans les quadrats libres (QL) et encagés (QE) pendant la floraison de 2016	42
Tableau 12	Indices moyens de fertilité de <i>V. faba</i> pendant la floraison 2016	42
Tableau 13	Nombre de spécimens (Nind) et fréquences relatives (%Nind) des apoïdes comptabilisés lors des transects	46
Tableau 14	Nombre moyens des pollinisateurs par 100 fleurs de <i>Cicer arietinum</i> pendant la floraison 2017	46
Tableau 15	la vitesse de butinage d' <i>E.decolorata</i> et <i>E. eucnemidea</i> sur les fleurs de <i>Cicer arietinum</i> durant la floraison de 2017	47
Tableau 16	Nombre de spécimens (N) et la fréquence relative des Apoïdea identifiés sur <i>Allium cepa</i> durant les floraisons 2016 et 2017	50
Tableau 17	Nombre moyens des pollinisateurs par 100 fleurs d' <i>Allium cepa</i> pendant les floraisons 2016 et 2017	50
Tableau 18	Répartition des visites (en %) d' <i>Apis mellifera</i> , <i>Lasioglossum malachurum</i> et <i>Lasioglossum pauxillum</i> sur <i>Allium cepa</i> selon le produit floral récolté et l'efficacité pollinisatrice de ces visites pendant la floraison de 2017.	52
Tableau 19	Vitesse de butinage d' <i>Apis mellifera</i> , <i>Lasioglossum malachurum</i> et <i>Lasioglossum pauxillum</i> sur <i>Allium cepa</i> pendant les deux floraisons	52
Tableau 20	Rendement grainier moyen d' <i>Allium cepa</i> dans les quadrats libres (QL) et encagés (QE) pendant la floraison de 2016	54
Tableau 21	Nombre de spécimens (Nind) et fréquences relatives (%Nind) des apoïdes comptabilisés lors des transects durant les floraisons 2016 et 2017	58
Tableau 22	Nombre moyens des pollinisateurs par 100 fleurs de <i>Lactuca sativa</i> pendant les floraisons 2016 et 2017	58

Tableau 23	Répartition des visites (en %) pour les deux espèces les plus abondantes, <i>L.pauxillum</i> et <i>L. malachurum</i> sur <i>Lactuca sativa</i> selon le produit floral récolté et l'efficacité pollinisatrice de ces visites pendant la floraison de 2016 et 2017	59
Tableau 24	la vitesse de butinage de <i>L.malachurum</i> et <i>L.pauxillum</i> sur les fleurs de <i>Lactuca sativa</i> durant la floraison de 2016	60
Tableau 25	Densités moyennes par 100 fleurs des pollinisateurs de <i>Cucurbita pepo</i> pendant les floraisons de 2016 et de 2017	64
Tableau 26	Répartition (en %) des visites d' <i>Apis mellifera</i> et des abeilles sauvages sur <i>Cucurbita pepo</i> selon le produit floral récolté durant les floraisons de 2016 et de 2017	66
Tableau 27	la durée de visite d' <i>Apis mellifera</i> sur les fleurs de <i>Cucurbita pepo</i> durant la floraison de 2016 et 2017	67
Tableau 28	Nombre de spécimens (Nind) et fréquences relatives (%Nind) des apoïdes comptabilisés lors des transects durant les floraisons 2016 et 2017	70
Tableau 29	Densités moyennes par 100 fleurs des pollinisateurs de <i>Citrullus lanatus</i> pendant les floraisons de 2016 et de 2017	71
Tableau 30	Vitesse de butinage d' <i>A. mellifera</i> , de <i>C. saundersi</i> , <i>Nomada</i> sp. et de <i>L. pauxillum</i> sur <i>Citrullus lanatus</i> pendant la floraison de 2016	74
Tableau 31	Pourcentages des visites effectuées par l'abeille domestique et les abeilles sauvages sur les fleurs mâles (♂) et femelles (♀) de <i>Citrullus lanatus</i> pendant les floraisons de 2016 et de 2017	74
Tableau 32	Temps moyens (en secondes) dépensés par <i>A. mellifera</i> , <i>C. saundersi</i> , <i>Nomada</i> sp. et <i>L.pauxillum</i> sur les fleurs mâles (♂) et femelles (♀) de <i>C. lanatus</i> pendant la floraison de 2016	74
Tableau 33	Densité des pollinisateurs à l'hectare dans le verger d'oranger	78
Tableau 34	Vitesse de butinage d' <i>Apis mellifera</i> sur les fleurs de <i>Citrus sinensis</i> pendant la floraison de 2016	79
Tableau 35	Résultats de l'analyse de la variance pour <i>Apis mellifera</i> observées dans la région de Tizi-Ouzou	79
Tableau 36	Vitesse de butinage d' <i>Apis mellifera</i> sur les fleurs de <i>Citrus sinensis</i> , <i>Citrus reticulata</i> et <i>Citrus limon</i> pendant la floraison de 2016	79

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Données bibliographiques.....	5
1. Aperçu sur les Apoïdes	5
1.1. Relation plantes-abeilles.....	6
2. Pollinisation.....	6
2.1. Impact de la pollinisation croisée sur les fruits et les graines	7
2.2. Facteurs influençant la pollinisation entomophile.....	8
2.3. Abeilles et pollinisation.....	8
2.4. Emploi des abeilles sauvages dans la pollinisation des plantes cultivées	10
2.5. Impact et incidence économique de la pollinisation par les Apoïdes sur la production agricole	11
3. Agriculture en Algérie.....	12
3.1. Cultures maraîchères dans la région de Tizi-Ouzou	13
4. Généralité sur les plantes étudiées.....	13
4.1. Pois chiche (<i>Cicer arietinum</i>)	13
4.1.1. Position systématique.....	14
4.1.2. Fleur	14
4.2. Fève (<i>Vicia faba</i> L.).....	15
4.2.1. Position systématique	15
4.2.2. Fleur.....	15
4.3. Courgette (<i>Cucurbita pepo</i>).....	16
4.3.1. Position systématique	16
4.3.2. Fleur.....	17
4.4. Pastèque (<i>Citrullus lanatus</i>)..	18
4.4.1. Position systématique	18
4.4.2. Fleur.....	18
4.5. Oignon (<i>Allium cepa</i>)...	19
4.5.1. Position systématique	19
4.5.2. Fleur.....	20
4.6. Laitue (<i>Lactuca sativa</i>).....	20
4.6.1. Position systématique	21
4.6.2. Fleur.....	21
4.7. Oranger (<i>Citrus sinensis</i>).....	22
4.7.1. Position systématique	23
4.7.2. Fleur.....	23
Chapitre II : Matériel et méthodes	24
1. Présentation de la région d'étude	24
1.1. Données géographiques de la wilaya de Tizi-Ouzou	24
1.2. Données climatiques.....	24
1.2.1. Température.....	24
1.2.2. Pluviométrie	24
1.2.3. Humidité atmosphérique	25

1.2.4. Synthèse climatique.....	25
1.2.4.1. Diagramme Ombro-thermique de Gaussen.....	25
1.2.4.2. Climagramme d'EMBERGER appliqué à la région d'étude	25
1.3. Végétation	27
1.4. Réseau hydrographique	27
1.5. Nature du sol	28
2. Station d'étude	28
2.1. Plantes étudiées	29
3. Méthodes d'étude de la faune apoïdienne et son incidence sur le rendement grainier	30
3.1. Inventaire et densité de la faune pollinisatrice	30
a. Plantes maraichères	30
b. Oranger.....	30
3.1.1. Technique de capture des Apoïdes.....	31
3.1.1.1. Chasse à vue	31
3.1.1.2. Capture directe par des boîtes en plastique	31
3.1.2. Technique d'identification des Apoïdea.....	32
3.2. Comportement de butinage des insectes	32
3.3. Evaluation de l'incidence de la pollinisation entomophile sur le rendement grainier	33
3.4. Analyse statistique des données	33
Chapitre III : Résultats et discussions	35
1. La fève (<i>Vicia faba</i> L.).....	35
1.1. Floraison de la plante	35
1.2. Diversité et densité des pollinisateurs.....	36
1.3. Activité de butinage des apoïdes	37
1.4. Comportement de butinage et efficacité pollinisatrice	38
1.5. Efficacité pollinisatrice	39
1.6. Recherche alimentaire des abeilles	40
1.7. Evaluation de l'effet de la pollinisation entomophile sur le rendement de la fève.....	41
1.7.1. Effet de la pollinisation entomophile sur le rendement en gousses	41
1.7.2. Effet de la pollinisation entomophile sur le rendement en graines	41
1.8. Discussion	42
2. Le pois chiche (<i>Cicer arietinum</i>).....	45
2.1. Floraison de la plante	45
2.2. Diversité et densité des pollinisateurs.....	45
2.3. Activité de butinage des apoïdes	46
2.4. Comportement de butinage et efficacité pollinisatrice	47
2.5. Discussion	47
3. Oignon (<i>Allium cepa</i> L.).....	49
3.1. Floraison de la plante	49

3.2. Diversité et densité des pollinisateurs.....	49
3.3. Activité de butinage des apoïdes	50
3.4. Comportement de butinage et efficacité pollinisatrice	51
3.5. Recherche alimentaire des abeilles	52
3.6. Effet de la pollinisation entomophile sur le rendement grainier.....	54
3.7. Discussion	54
4. La laitue (<i>Lactuca sativa</i> L.)	57
4.1. Floraison de la plante	57
4.2. Diversité et densité des pollinisateurs.....	58
4.3. Activité de butinage des apoïdes	58
4.4. Comportement de butinage et efficacité pollinisatrice	59
4.5. Recherche alimentaire des abeilles	60
4.6. Discussion	61
5. La courgette (<i>Cucurbita pepo</i> L.)	62
5.1. Production des fleurs et sex- ratio.....	62
5.2. Diversité et densité des pollinisateurs.....	63
5.3. Evolution du nombre de visites de l'abeille domestique durant les deux floraisons.....	64
5.4. Comportement de butinage et efficacité pollinisatrice	65
5.4.1. Activité de butinage	65
5.4.2. Comportement de butinage	66
5.4.3. Efficacité pollinisatrice	66
5.5. Recherche alimentaire de l'abeille domestique	67
5.6. Discussion	67
6. La pastèque (<i>Citrullus lanatus</i>).....	69
6.1. Production des fleurs et sex- ratio.....	69
6.2. Diversité et densité des pollinisateurs.....	70
6.3. Evolution du nombre de visites des abeilles durant les deux floraisons.....	71
6.4. Activité et le comportement de butinage des apoïdes.....	72
6.5. Efficacité pollinisatrice des abeilles	73
6.6. Discussion	75
7. Oranger (<i>Citrus sinensis</i>)	76
7.1. Floraison	76
7.2. Diversité et densité des pollinisateurs.....	77
7.3. Activité et comportement de butinage des apoïdes.....	78
7.4. Efficacité pollinisatrice	79
Discussion.....	79
Conclusion et perspectives.....	82
Références bibliographiques	87
Annexes	
Résumés (Français-Anglais)	

INTRODUCTION

Introduction

La pollinisation est l'acte préliminaire de la fécondation dont le transfert de pollen entre les plantes permet la fertilisation et la reproduction sexuée. La pollinisation des plantes à fleurs est réalisée principalement par auto-pollinisation ainsi que par le vent (anémophilie) et les insectes (entomophilie). Ce dernier processus est le type le plus important de mutualisme entre les plantes et les insectes. La pollinisation entomophile est un facteur de production intervenant sur des secteurs agricoles aussi variés que l'arboriculture fruitière, les productions de semences et les cultures sous abris.

Beaucoup d'insectes floricoles se nourrissent de pollen et/ou nectar sans intervenir dans la pollinisation. Les insectes pollinisateurs comprennent certains Coléoptères, Lépidoptères, Diptères comme les Syrphes, mais ce sont surtout les abeilles (Hyménoptères) qui ont une relation indissociable avec les fleurs. En effet, la morphologie des abeilles (présence de poils branchus sur le corps), leur régime alimentaire (nectar et pollen exclusivement) et leur comportement de butinage (fidélité à une espèce de plante lors d'un voyage) en font des vecteurs de pollen particulièrement efficaces et précis (Michener, 2000). Le mutualisme qui lie abeilles et fleurs a conduit à la co-évolution et à la diversité des espèces que l'on connaît aujourd'hui. Plus de 20 000 espèces d'abeilles dans le monde contribuent à la survie et à l'évolution de plus de 80 % des espèces végétales (Vaissière, 2005).

L'importance des abeilles domestiques et sauvages dans les productions agricoles, n'est plus à prouver mais reste généralement méconnue. Ainsi 70% des espèces végétales cultivées pour la consommation humaine dans le monde dépendent de la pollinisation entomophile (Vaissière, 2005). Cette dépendance est plus ou moins importante suivant les cultures. Chez les plantes fruitières (l'amandier, le cerisier, le pommier et le poirier) ainsi que chez certaines plantes à huile (le colza et le tournesol), des rendements élevés ne peuvent être atteints que par l'intervention des insectes pollinisateurs. Pour les légumineuses fourragères et pour beaucoup de plantes maraîchères ne s'obtiennent en quantité abondante que suite à une pollinisation effectuée par les abeilles. Cela signifie qu'une disparition des insectes pollinisateurs causerait une baisse significative des rendements. De plus, des aspects qualitatifs sont à prendre en compte : une bonne pollinisation influence le poids, le calibre et la teneur en sucre des fruits. En effet, les abeilles transportent couramment des dizaines de milliers de grains de pollen sur leurs corps et elles en déposent de grandes quantités sur les stigmates, avec pour conséquence une sélection gamétique efficace des tubes polliniques. Et

sur le plant qualitatif, en allant de fleur en fleur, les abeilles transportent du pollen issu d'individus génétiquement différents et le dépôt d'allopollen permet la fécondation croisée et la reproduction de toutes les espèces auto-incompatibles (Vaissière, 2005).

L'intérêt majeur de l'étude des abeilles est le rôle qu'elles tiennent dans les écosystèmes naturels et agricoles. En effet, elles participent de manière prépondérante à la pollinisation d'une très large gamme de plantes à fleurs sauvages et cultivées (Corbet et *al.* 1991 ; Garibaldi et *al.* 2016). Malheureusement, on constate un déclin mondial de nombreuses abeilles sauvages (Rasmont et *al.* 1993, Rasmont & Iserbyt 2012 ; Burkle et *al.* 2013 ; Nieto et *al.* 2014). Plusieurs travaux ont été réalisés sur la pollinisation entomophile afin de déterminer l'importance économique et l'impact des insectes sur le rendement des plantes cultivées. En Cameroun, Tchuengue Fohouo et *al.* (2002) ont montré que l'activité des abeilles a un impact positif sur le rendement en grains du maïs. Cette étude a révélé que le rôle des Apoïdes dans les régions tropicales ne se limite pas seulement aux espèces entomophiles mais aussi aux espèces anémophiles (Poaceae, Fagaceae). Borneck et Bricout (1984) et Borneck et Merle (1989), travaillant avec les 30 principales cultures visitées par des insectes dans l'Union Européenne (UE), ont déterminé que la pollinisation entomophile avait une valeur annuelle estimée à 5 milliards d'Euro, avec 4,3 milliards d'Euro de celle attribuable aux abeilles mellifères. Aux États-Unis, les abeilles contribuent à la pollinisation de 130 plantes cultivées (McGregor, 1976) dont la valeur annuelle de cette pollinisation a été estimée à plus de 9 milliards de dollars américains (Robinson et *al.*, 1989).

Les apoïdes (abeilles sauvages et abeilles domestiques) sont étudiées par de nombreux auteurs à travers le monde sur le plan faunistique et comportemental. Le Maghreb ou Afrique du Nord n'a pas fait l'objet d'études approfondies sur la faune des apoïdes. En Algérie, l'étude concernant cette faune est très insuffisante et fragmentaire. Jusqu'à une période récente, cette faune demeurait fort mal connue. Les principales données récentes qui ont contribué à une meilleure connaissance de ce groupe d'insectes en Algérie sont celles de Benachour et Louadi (2013), Benarfa et *al.* (2013), Aguib et *al.* 2014, Bakiri (2016), Bakiri et *al.* (2016), Maghni (2017) et Chichoune (2018). Ces travaux concernent surtout les régions nord-est de l'Algérie, à savoir Constantine. Quelques autres régions du pays ont également fait l'objet d'études taxonomiques des abeilles, c'est le cas des travaux de Bendifallah et *al.* (2010, 2012, 2013) menés dans la région de la Mitidja, ceux de Bendifallah (2015) dans les régions nord-ouest de l'Algérie. Des inventaires préliminaires ont été faits dans quelques localités sahariennes par Djouama (2016) et par Cherair (2016) dans la région de Djelfa.

Quant à la région de Tizi-Ouzou, les seules études menées sur les abeilles sauvages sont celles d'Aouar-Sadli et al. (2008, 2012), Aouar-Sadli (2009), Korichi (2015) et Ikhlef (2015). Ces travaux entrepris sur les peuplements d'apoïdes d'Algérie ont porté surtout sur les plantes spontanées, ils se résument, pour la plupart, en l'inventaire des espèces rencontrées. L'écologie et l'activité de butinage des apoïdes ainsi que l'impact de leur pollinisation sur le rendement des cultures étant très insuffisamment pris en considération. Les seuls travaux réalisés sur cet aspect sont ceux de Benachour (2008) qui a étudié l'activité pollinisatrice des abeilles sur 9 plantes maraîchères à Constantine. En 2011, ce même auteur a mené des observations sur le comportement de butinage des abeilles sur les fleurs du concombre. D'autres études ont été réalisées sur certaines plantes comme le pois chiche (Louadi, 1999), la fève (Aguib, 2006 ; Maghni, 2006 ; Aouar, 2008 ; Cherair, 2016), la pomme de terre (Maghni 2006) et la tomate (Bendifallah, 2002 ; Cherair, 2016). De rares observations ont été menées sur des arbres fruitiers tels que le pommier (Louadi, 1999), l'abricotier et le prunier (Cherair, 2016). C'est dans ce contexte que s'inscrit donc le présent travail pour contribuer à l'évaluation de l'importance écologique et économique de ce groupe d'insectes très utile.

L'objectif du présent travail consiste à mener des observations sur six (06) plantes maraîchères (la fève, le pois chiche, la courgette, la pastèque, l'oignon et la laitue) et les agrumes (oranger, mandarinier et le citronnier) à Boukhalfa dans la région de Tizi-Ouzou. Durant la floraison de chaque plante, nous mettrons d'abord en évidence les insectes pollinisateurs des différentes cultures étudiées en estimant leurs densités et en observant le comportement de butinage et l'efficacité pollinisatrice des principales espèces. De plus, nous essayerons de comprendre la recherche alimentaire des abeilles butineuses de la courgette, de la fève, de l'oignon et de la laitue. Par ailleurs, nous mesurerons l'action de la pollinisation entomophile de la fève et de l'oignon en comparant le rendement des plants laissés libres d'accès à ces pollinisateurs avec les plants encagés privés d'abeilles.

Cette thèse est structurée en trois chapitres. Le premier chapitre présente les Apoïdea et la relation mutuelle qui les lie avec les plantes à fleurs. Dans ce même chapitre, sont présentées les différentes plantes cultivées étudiées. Le second chapitre décrit la région d'étude; afin de faciliter la lecture des résultats abordés par la suite, nous présentons aussi le matériel et les méthodes utilisés lors des expérimentations réalisées dans la station d'étude. Le troisième chapitre est réservé aux résultats et discussions dont nous abordons l'étude de la faune des Apoïdea et leurs relations avec les plantes cultivées. Dans ce chapitre, durant la

floraison de chaque plante, nous mettrons d'abord en évidence les abeilles pollinisatrices, nous évaluerons les densités et l'efficacité pollinisatrice des principales espèces d'abeilles. Ensuite, nous mesurerons leur action en comparant le rendement des plants laissés libres avec les plants encagés. La présentation de ces résultats sera accompagnée par une discussion qui va nous permettre de mettre l'accent sur les nouveautés enregistrées dans notre région d'étude et une comparaison avec d'autres travaux effectués en Algérie et dans le monde. Nous clôturons enfin notre travail par une conclusion générale et des perspectives.

DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LA POLLINISATION PAR LES APOÏDES

1. Aperçu sur les Apoïdes

Les insectes faisant partie de l'ordre des Hyménoptères englobent plus de 100 000 espèces connues mondialement. Ils se caractérisent, en général, par la présence de deux paires d'ailes membraneuses: la première antérieure est la plus développée. Ces caractéristiques sont décrites dans la racine du mot Hymenoptera : *Hymenos* (membrane), *Hymen* (dieu des mariages) et *pteron* (aile), qui a trait à l'union des ailes antérieures et postérieures lors du vol. Les Hyménoptères se divisent en deux sous-ordres: les Symphyta (ne possèdent pas de « taille », l'abdomen est largement uni au thorax comme les mouches à scie) et les Apocrita (caractérisés par une « taille » très étroite comme les ichneumons, les guêpes, les fourmis et les abeilles) (Payette, 1996).

La super-famille des Apoïdea fait partie des Hyménoptères, Apocrites et Aculéates (porte aiguillon), elle regroupe toutes les abeilles, qu'elles soient sociales, solitaires ou parasites. La majorité des abeilles sont indigènes alors que peu d'espèces ont été introduites ou domestiquées. Les apoïdes récoltent le nectar et le pollen pour nourrir leurs larves et sont pour cette raison globalement désignés sous le nom de Mellifères, et ça grâce à la présence de structures morphologiques particulières leur permettant d'être des insectes pollinisateurs exceptionnellement efficaces (Payette, 1996).

Il existe dans le monde plus de 20 000 espèces d'abeille réparties en 9 familles (Michener, 2000) dont 6 ont été inventoriées en Algérie : les Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Mellitidae, Megachilidae et Apidae (Louadi, 1999 ; Benarfa, 2005 ; Maghni, 2006 ; Bendifallah, 2010 ; Aouar, 2009 ; Ikhlef, 2015 et Korichi, 2015). Entre chacune des six familles d'apoïdes, il y a beaucoup de variations dans la longueur des pièces buccales, en particulier les glosses. Les quatre premières familles (Colletidae, Andrenidae, Halictidae et Melittidae) sont souvent appelées les abeilles à « langue courte », car la majorité possède une glosse courte et large, tandis que les abeilles appartenant aux familles des Megachilidae et Apidae, elles sont pourvues d'une glosse bien développée, pointue et souvent très longue (Payette, 1996).

La majorité des abeilles butineuses de pollen possèdent différents dispositifs adaptés à la récolte et au transport de ce produit. Il s'agit essentiellement de poils de récolte sur les pattes postérieures, de brosse abdominale ou de corbeille à pollen. Les espèces d'abeilles cleptoparasites ne récoltant pas le pollen sont dépourvues d'appareils de récolte. Elles ne fabriquent pas de nid et pondent leurs œufs dans les nids des autres abeilles, d'où leur nom d'abeille-coucou. Les larves des abeilles cleptoparasites ne se nourrissent pas des autres larves

d'abeilles mais consomment la réserve alimentaire qui leur est essentiellement destinée (Payette, 1996).

1.1.Relation plantes-abeilles

Depuis le Crétacé, les abeilles ont évolué en parallèle avec les plantes qu'elles pollinisent. Les pièces buccales des adultes se sont modifiées en relation avec la forme de la corolle des fleurs qu'elles butinent. Les abeilles dépendent exclusivement des fleurs pour leur alimentation. Elles exploitent le nectar riche en sucre et en eau et le pollen qui apporte d'autres nutriments indispensables (Louveau, 1980). A travers leurs relations spéciales et importantes avec la flore, les abeilles jouent un rôle primordial dans le maintien de la végétation des régions tempérées ou tropicales.

Les études entreprises par Chansigaud (1975), Batra (1984), Abrol (1988) ; Jacob-Remacle (1989 a et b, 1990) font état d'une participation remarquable des abeilles sauvages dans la pollinisation des cultures et des plantes spontanées. Durant cette dernière décennie le développement des techniques de la pollinisation dirigée, a attiré l'attention sur les apoïdes auxiliaires sur le plan agriculture et arboriculture.

Après la domestication du genre *Apis* qui remonte à l'antiquité, l'homme à l'heure actuelle, a réussi à domestiquer plusieurs espèces d'abeilles sauvages. Une première espèce a été découverte pour la pollinisation en 1930 au Japon par Matsuyama. Il s'agit d'une petite abeille brune *Osmia cornifrons* Radoskowski. Cette abeille est 80 fois plus efficace qu'une ouvrière d'*Apis mellifera*. Elle pollinise le tiers des pommiers japonais selon Maeta et Kitamura (1981) cités par Pesson et Louveau (1984). La société Biobest de Belgique a fait l'élevage du bourdon *Bombus terrestris* afin de l'utiliser dans la pollinisation des cultures sous serre et au champ. Au Canada et aux Etats-Unis les agriculteurs ont apprivoisé *Megachile rotundata* Fabricius, 1787 (Megachilidae) et *Nomia melanderi* Cockerell (Halictidae) en leur créant des nichoirs aux alentours des terres agricoles (Batra, 1984).

2. Pollinisation

La pollinisation est une étape de reproduction privilégiée des plantes angiospermes (70 % à 90 % des angiospermes sont pollinisés par une espèce animale). Il s'agit du processus de transfert du pollen produit par les anthères des étamines jusqu'au stigmate de la fleur ; elle sera en principe suivie par la fécondation de l'ovule grâce au grain de pollen qui germera sur le stigmate. La pollinisation d'une plante par des insectes dépend de la morphologie florale, du degré d'autofertilité et la disposition des fleurs sur la plante ou sur les plantes voisines. Dans ce sens, les plantes peuvent-être en deux catégories :

- Les plantes autogames, dont les fleurs sont fécondées par leur propre pollen ou, par extension, par le pollen d'une autre fleur de la même plante, c'est l'autopollinisation. Cependant, les abeilles optimisent souvent la pollinisation même dans des fleurs autogames. La pollinisation dans d'autres plantes, en particulier les céréales, est réalisée par le vent et la gravité, les abeilles ne jouant qu'un rôle mineur.
- Les plantes allogames, dont les fleurs ne peuvent être fécondées par le pollen produit par les différentes fleurs de la plante. elles nécessitent une pollinisation croisée qui assure un meilleur brassage génétique que l'autopollinisation.

La pollinisation croisée est obligatoire chez :

- les plantes unisexuées ;
- les plantes bisexuées qui présentent une autostérilité (le pollen d'une plante ne peut germer sur les stigmates de la même plante).
- Les plantes hétérostylées, dans le cas de la primevère, s'observent deux sortes de fleurs en proportions sensiblement égales : les longistyles (style long) et les brévistyles (style court). Le pollen des longistyles ne peut germer que sur le stigmate des brévistyles et inversement.
- les plantes hermaphrodites, appelé dichogamie, qui présentent un décalage dans la maturité des organes sexuels.

La présence d'un vecteur de pollen est donc indispensable aux plantes allogames, mais elle peut être aussi très profitable chez certaines plantes autogames, en permettant une fécondation la plus complète possible (Jacobe-remale, 1990).

2.1. Impact de la pollinisation croisée sur les fruits et les graines

La pollinisation croisée et l'autopollinisation sont deux modes de reproduction qui n'ont pas la même valeur génétique et la supériorité de l'état hétérozygote sur l'état homozygote a été démontrée par plusieurs travaux. Les essais réalisés en cage avec et sans abeilles par Barbier (1986) sur le colza et le pommier ont permis de constater que la chute des jeunes fruits est d'autant plus importante en autopollinisation alors que la pollinisation croisée n'a enregistré aucune chute. Quant au développement des fruits, le même auteur a signalé que chez le pommier, le poids moyen des ovaires qui était de 40 mg le jour de la pollinisation avait atteint 292.4 mg 14 jours après la pollinisation croisée contre 212,8 mg le même nombre de jours après l'autopollinisation.

Dans le cas d'une autopollinisation, le petit nombre de graines peut occasionner des fruits déformés de moindre valeur commerciale. C'est le cas de certaines variétés de poires qui, par manque de semences, donnent des fruits plus petites et asymétriques. Pour ce qui

concerne la qualité germinative des graines, plusieurs auteurs ont montré que l'énergie et le pouvoir germinatif de graines obtenues par pollinisation croisée sont nettement supérieurs à ceux des graines formées par autopolinisation, ce qui leurs donnent une grande valeur commerciale et agricole (Barbier, 1986).

Come (1968) cité par Barbier (1986) a pu mettre en évidence la relation directe qui existe entre le nombre de pépins par pomme et la durée de conservation : plus le nombre de pépins est élevé, moins vite la pomme se flétrit et plus longtemps elle se conserve, et il constate que ce sont les pépins doués d'une forte énergie germinative qui accentuent les qualités de conservation des pommes.

2.2. Facteurs influençant la pollinisation entomophile

Certains facteurs physiques environnementaux ont une influence sur l'activité des pollinisateurs et donc sur la pollinisation, comme la lumière, la température, l'humidité ou le vent.

La lumière intervient dans la perception de la différence jour nuit. Certains insectes sont diurnes alors que d'autres sont nocturnes ou crépusculaires. L'activité de certains insectes pollinisateurs est fonction de la lumière perçue. La lumière peut être modifiée par la présence de nuages ou d'orages qui favoriseront l'activité d'insectes crépusculaires.

L'effet de la température est assez lié à celui de la lumière, et marque plus un effet saisonnier. Ainsi la température la plus basse pour que l'abeille domestique vole activement est 10°C (Kevan and Baker, 1983 cité par Dibos, 2011).

L'humidité a une incidence indirecte sur la pollinisation, puisque ce facteur n'intervient pas sur l'activité des pollinisateurs mais sur la concentration en sucre du nectar. Enfin, le vent perturbe le vol alors que la pluie empêche toute activité des abeilles (Kevan and Baker, 1983 cité par Dibos, 2011).

2.3. Abeilles et pollinisation

Abeilles et fleurs sont indissociables et le mutualisme qui les lie a conduit à la coévolution et à la diversité des espèces que l'on connaît aujourd'hui (Vaissière, 2002). Abeille et fleur ayant toutes les deux un besoin vital de l'autre pour vivre. En effet, la pollinisation des plantes à fleurs est réalisée en grande partie par les abeilles qui dépendent entièrement des fleurs pour leur alimentation : les adultes consomment du nectar, tandis que les larves, se nourrissent de pollen additionné de nectar (Jacob-Remacle, 1990).

Ces insectes, en visitant les fleurs, transportent couramment des dizaines de milliers de grains de pollen sur leurs corps et elles en déposent de grandes quantités sur les stigmates, avec pour conséquence une sélection gamétique efficace des tubes polliniques (Fig. 1). Sur le plan qualitatif, en allant de fleur en fleur, les abeilles transportent du pollen issu d'individus génétiquement différents et le dépôt d'allopollen permet la fécondation croisée et la reproduction de toutes les espèces auto-incompatibles (Vaissière, 2005).

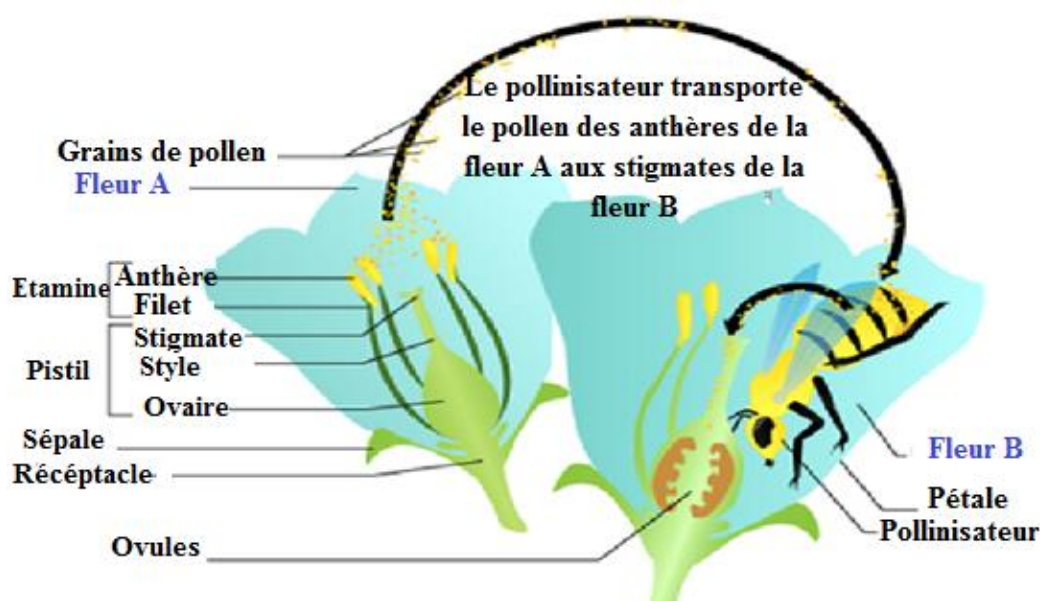


Figure 1 : Processus de pollinisation par les abeilles (Anonyme 1, 2013)

Pour attirer les abeilles, les plantes ont développé des organes floraux parfois très complexes. En plus des offrandes de nectar, elles sont souvent parées de couleurs vives destinées à attirer les insectes et dotées de parfum dont les molécules peuvent être perçues jusqu'à 1200 mètres par les abeilles. Les initiatives les plus remarquables reviennent sans aucun doute à certaines orchidées dont les fleurs imitent la morphologie de la femelle d'une espèce particulière d'abeille et produisent des substances odorantes qui contrefont les phéromones de celles de la femelle de cet insecte. Le mâle leurré, s'accouplera avec la fleur (pseudo-copulation) dont il transportera le pollen, à nouveau berné, jusqu'à la prochaine orchidée de la même espèce (Lachaud et Mahe, 2008).

Les Apoïdes ont aussi développé des adaptations d'ordre morphologiques et éthologiques à la récolte de nectar ou du pollen (Tasei, 1984). Ces insectes possèdent des pièces buccales modifiées et en particulier une langue allongée dont l'extrémité creusée en gouttière est apte à lécher et à aspirer le nectar. Comme, ils possèdent des dispositifs (pilosité tégumentaire ou les appendices), une morphologie particulière des pattes, qui facilitent la récolte et le transport du pollen (Jean-Marie, 1991).

L'activité des Apoïdes indigènes se caractérise par de courtes périodes de butinage synchronisées avec la période de floraison de leurs plantes-hôtes et la majorité sont des espèces printanières (Payette, 2003). Selon Jacob-Remacle (1990), les abeilles peuvent être classées en trois catégories en fonction de leur spécificité alimentaires à l'égard du pollen :

- les espèces **polylectiques**, les plus nombreuses, s'approvisionnent en pollen sur un grand nombre de plantes appartenant à diverses familles ;
- les espèces **oligolectiques** récoltent du pollen sur un groupe de plantes appartenant à une famille ;
- les espèces **monolectique** n'exploitent qu'un seul genre ou même une seule espèce florale.

Dans l'ensemble, les abeilles, mâles et femelles, se montrent cependant plus éclectiques dans le choix des fleurs butinées pour le nectar que dans celui des fleurs visitées pour le pollen.

2.4. Emploi des abeilles sauvages dans la pollinisation des plantes cultivées

Des études montrent que les abeilles sauvages et d'autres pollinisateurs sauvages jouent un rôle déterminant dans la pollinisation des plantes sauvages et cultivées.

- Certaines abeilles sauvages présentent un seuil thermique d'activité inférieur à celui de l'abeille domestique. Les Bourdons sont à ce point de vue remarquable : on peut les observer dans les plantations par temps très frais et même sous la pluie. Leur activité et leur comportement de butinage sont constant d'une année à l'autre ; lors des visites florales, la fréquence des contacts avec les stigmates est très élevée.
- La vitesse de butinage de certains genres (Osmies, Anthophores, Bourdons) est supérieure à celle de l'abeille domestique.
- Les femelles d'Apoïdes solitaires transportent sur leur corps une quantité importante de grains de pollen par rapport à l'abeille domestique ; de plus , contrairement aux Apoïdes sociaux, elles n'humidifient pas le pollen qu'elles accumulent au niveau de leur appareil de récolte ; ce pollen peut ainsi se détacher plus facilement lorsque la femelle est posée sur les organes reproducteurs de la fleur (Jacobe-Remacle, 1990).

Actuellement, ces abeilles sauvages font l'objet d'élevage dans certains pays afin d'assurer la pollinisation de cultures qui sont peu ou mal pollinisées par l'abeille domestique. Une pollinisation insuffisante ou inadéquate par l'abeille domestique peut être due à une mauvaise adaptation à la morphologie de la fleur (exemple : la luzerne) ou à une activité réduite lors de

floraisons très hâtives survenant lorsque la température est basse (exemple : l'amandier) (Benachour, 2008). Parmi les abeilles sauvages élevées, on trouve :

- L'abeille coupeuse de feuilles *Megachile rotundata* fait l'objet en Amérique du nord d'une véritable industrie et d'un commerce intense portant sur plusieurs dizaines de millions de cocons. Le Canada est le plus gros producteur et le plus grand exportateur de cocons. En Europe, plusieurs pays se sont aussi lancés dans cet élevage, principalement la France, l'Espagne et certains pays de l'Europe de l'est. Cette abeille est utilisée surtout dans la pollinisation de luzerne
- L'élevage des bourdons est réalisé afin d'assurer la pollinisation sous serre de certaines cultures telles que la tomate, l'aubergine et le poivrier. Les caractères morphologiques et comportementaux des bourdons font que ces derniers se montrent supérieurs à l'abeille domestique pour la pollinisation de ces cultures (Pouvreau, 2004).
- Les Osmies (Megachilidae) élevées principalement pour la pollinisation des cultures fruitières aux Etats-Unis, au Japon et en Espagne. Au Canada et aux États-Unis, on trouve *Osmia lignaria* qui est une abeille autochtone de cette région dont elle présente un grand intérêt dans la pollinisation des arbres fruitiers et elle est facile à gérer en raison de ses caractéristiques biologiques favorables. L'abeille maçonne *Osmia cornuta*, dont quelques centaines d'individus suffisent pour polliniser un hectare de pommier ou d'amandier, là où plusieurs milliers d'abeilles domestiques s'avèreraient nécessaires. Au Japon, c'est *Osmia cornifrons* qui est élevée et commercialisée pour la pollinisation des plantations de pommiers (Bosch & Kemp, 2002 cité par Benachour, 2008). Cette abeille a la capacité de fonctionner dans une large gamme de température ambiante et présente une efficacité pollinisatrice individuelle 80 fois plus élevée que celle de l'abeille domestique (Jacob-Remacle 1990).

2.5. Impact et incidence économique de la pollinisation par les Apoïdes sur la production agricole

Les abeilles contribuent à la pollinisation des végétaux, ce qui impacte positivement l'environnement. Elles participent à près de 80% de la pollinisation des espèces végétales et sont donc le maillon indispensable à la survie, à l'évolution et à la reproduction des plantes. Les abeilles jouent un rôle crucial dans la sécurité alimentaire et la nutrition, un tiers de notre alimentation est directement ou indirectement tributaire de l'activité de ces insectes. Selon la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques, la valeur des services écologiques et économiques fournie par les abeilles

correspond à 577 milliards de dollars. À travers la pollinisation des plantes, les abeilles favorisent la production agricole qui assure la sécurité alimentaire, et à travers leurs produits à haute valeur nutritive (miel, gelée royale, pollen, etc.), assure la sécurité nutritionnelle de la population (Fao, 2019). Ces insectes interviennent dans la pollinisation des $\frac{3}{4}$ des espèces végétales cultivées dans quatre secteurs principaux (Vaissière, 2005) :

- l'arboriculture fruitière, en particulier les rosacées fruitières (abricotier, amandier, cerisier, pêcher, poirier, pommier et prunier) et le kiwi ;
- les grandes cultures : céréales (sarrasin), cultures oléagineuses (colza et tournesol), et protéagineuses (féverole) ;
- les cultures maraîchères : cucurbitacées (courgette, melon et pastèque), solanées (tomate, poivron et aubergine), rosacées (fraises et petits fruits rouges) ;
- les espèces fourragères comme la luzerne ou les trèfles et d'autres espèces comme les fruits à coques, les épices stimulantes (cacao, café...) sont également dépendantes de la pollinisation.

3. Agriculture en Algérie

L'Algérie enferme un milieu naturel très diversifié mais en matière agricole, elle n'est pas autosuffisante et accuse chaque année un déficit important et près de 75% de ses besoins sont importés. Depuis les années 2000, le pays a mis en place une politique visant l'amélioration de la sécurité alimentaire nationale, le développement de certaines filières agricoles prioritaires et la mise en valeur des terres. Cette politique a été mise en œuvre au travers de différents plans nationaux façonnés au rythme des fluctuations des recettes pétrolières, dont notamment le Programme National de Développement Agricole (PNDA 2000-2010), la Politique de Renouveau Agricole et Rural (PRAR 2010-2014) et aujourd'hui, le Plan FELAHA 2014-2020 (Bessaoud, 2019).

L'Algérie est le pays le plus grand d'Afrique avec une superficie de 2 381 741 km². Les terres cultivables présentent 8.5 millions d'ha, soit 3.5% de la superficie totale. En 2017, plus de la moitié de la SAU (superficie agricole utile) est consacrée aux grandes cultures, plus particulièrement aux céréales. Celles-ci dominent dans les zones semi-arides des hautes plaines telliennes, sub-arides des Hauts-Plateaux, humides et sub-humides des régions littorales et sub-littorales.

L'arboriculture (un peu plus de 10 % de la SAU) s'organise autour des plantations d'oliviers, de palmiers dattier et d'arbres fruitiers. Quant aux cultures maraîchères, elles couvrent approximativement 5 % de la SAU, elle est pratiquée dans les zones du littoral, du sublittoral

et dans les plaines intérieures. Les principales wilayas productrices de maraîchage sont Boumerdes, Ain Defla, Biskra, Alger, Mascara, Mostaganem, Skikda, Tipaza, El Taref, Tlemcen, M'sila, et Chlef. Les légumes de base sont la pomme de terre, la tomate, l'ail, l'oignon, la fève verte, la carotte, le navet et le poivron/piment. Les agriculteurs des oasis du Sud entretiennent des jardins co-plantés en palmiers-dattiers, en produits maraîchers et en arbres fruitiers, irrigués dans certaines régions au moyen de techniques mises au point dès le XI^{ème} siècle (foggaras) (Bessaoud, 2019).

3.1. Les cultures maraîchères dans la région de Tizi-Ouzou

Les productions végétales dans la wilaya de Tizi-Ouzou intègrent les céréales, les cultures fourragères, les légumes secs, les cultures maraîchères, l'arboriculture fruitière et la viticulture. La surface agricole utile (SAU) est passée de 94.152 ha durant la période 1996/1999 à 96.414 ha durant la période 2000/2006. Les surfaces agricoles utiles irriguées ont connu aussi une évolution positive passant de 4.589 ha durant la période 1996/1999 à 5.128 ha durant la période 2000/2006. La production de céréales concerne le blé dur, le blé tendre, l'orge et l'avoine mais la culture céréalière dominante dans la wilaya de Tizi-Ouzou est la culture de blé dur. La superficie moyenne de céréales est passée de 12.838 ha durant la période 1996/1999 à 9.714 ha durant la période 2000/2006. Quant à la culture maraîchère, sa production concerne la pomme de terre, la pastèque, le melon, l'oignon, la tomate, la carotte, les fèves et autres avec une superficie moyenne annuelle de 8.089 ha durant la période 1996/1999 et de 7.200 ha durant la période 2000/2006, mais la culture maraîchère dominante dans la wilaya est la pomme de terre (Chedded, 2015).

4. Généralité sur les plantes étudiées

Cette partie est consacrée à donner quelques généralités sur les plantes étudiées, leur importance économique en Algérie ainsi qu'une description de leur inflorescence.

4.1. Le pois chiche (*Cicer arietinum*)

Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est une plante de la famille des Fabacées, probablement originaire du Proche-Orient où trois espèces annuelles sauvages de cette plante existent encore dans cette région. Le pois chiche est surtout cultivé dans les régions méditerranéennes, le Sud de l'Asie et l'Amérique de Sud et possède un rôle important dans l'alimentation humaine. Cette légumineuse est classée en 14^{ème} ordre en ce qui concerne la superficie qu'elle occupe et vient en 16^{ème} ordre dans la production mondiale estimée à environ 7 millions de tonnes pour une superficie de 1 millions d'hectares (Knights et al., 2007 cité par Bouri et Gaouar, 2018). En Algérie, le pois chiche occupe une grande place dans nos

habitudes alimentaires, la production actuelle est très faible et les surfaces occupées par cette espèce sont en diminution progressives (Abdelguerfi et *al.*, 2001a cité par Bouri et Gaouar, 2018) dont la superficie est passée de 19290 en 1994 à 4600 en 2008 (Anonyme 2, 2009).

4.1.1. Position systématique

Selon Crété (1965) la position systématique du pois chiche se présente comme suit :

Règne:	Végétal
Embranchement:	Phanérogames (Spermaphytes)
Sous embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Sous classe :	Dialypétales
Ordre :	Légumineux (Fabales)
Famille :	Légumineuses (Fabacées)
Sous famille :	Papilionacées
Tribu :	Viciées
Genre :	<i>Cicer</i>
Espèce :	<i>Cicer arietinum</i>

4.1.2. La fleur

La fleur du pois chiche comprend un calice en forme de tube qui entoure le bourgeon avec cinq lobes pointus (sépalés) ouvert à l'extrémité. La corolle a cinq pétales (l'étendard, les ailes, la carène). Le pois chiche a dix étamines dont neuf forment un tube autour de l'ovaire. La partie supérieure des filets est libre et tournée vers le haut et chacun supporte une anthère. L'étamine la plus haute est libre et séparée des autres. Le stigmate est un gonflement au bout de style tourné vers le haut comme les filets. L'ovaire contient des ovules qui se développent en graines après fertilisation (Fig. 2).

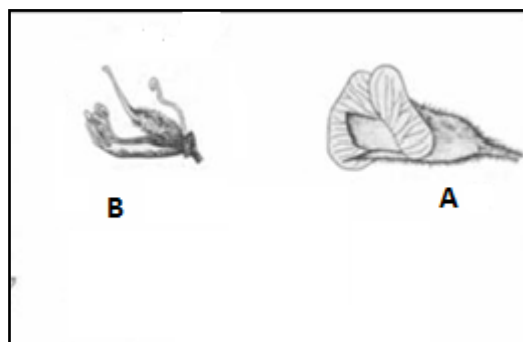


Figure 2. Morphologie de la fleur de pois chiche
(A) Fleur zygomorphe, (B) étamines, pistil et ovaire (Blumber., 1991).

4.2. La fève (*Vicia faba* L.)

La fève (*V. faba* L.) est une importante légumineuse cultivée sur environ trois millions d'hectares dans le monde (Link et *al.*, 1999) dont plus de 50% de surface cultivée se situe en Chine, 20% en Afrique du Nord et 10% en Europe (Abu-Amer et *al.*, 2011). 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 Algérie, sa culture est surtout concentrée sur les plaines côtières et les zones sublittorales, avec une surface cultivée d'environ 65 000 ha et une production comprise entre 20 000 et 38 000 tonnes par an (Zaghouane, 1991 cité par Benachour, 2008). Dans la wilaya de Tizi-Ouzou, la superficie moyenne réservée à la culture de la fève est de 821,1 ha, elle présente des variations d'une année à l'autre, ce qui influe sur la production qui varie aussi et dont la moyenne de dix années (2001-2012) est de 9040,6 qx (Khelloul, 2014).

4.2.1. Position systématique

Selon Reta Sanchez et *al.* (2008), la fève est classée botaniquement comme suit :

Règne:	Végétal
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Magnoliopsida
Ordre :	Fabales
Famille :	Fabacées
Sous famille :	Faboideae
Tribu :	Vicieae
Genre :	<i>Vicia</i>
Espèce :	<i>Vicia faba</i> L.

4.2.2. Inflorescence

Un pied de fève porte de 50 à 80 fleurs groupées en grappe de 2 à 9 fleurs. Chacune de ces inflorescences prend naissance à l'aisselle d'une feuille. La floraison commence au bas de la tige et progresse vers le sommet, étage par étage. La fleur présente une structure typique de celle des Papilionaceae, c'est une corolle de grande dimension, elle mesure 25 mm de long, sa coloration est blanc rosé taché de noir. Elle est formée d'un grand pétale (l'étendard), de deux pétales latéraux ou ailes recouvrant deux autres pétales inférieurs unis le long de leurs bords extérieurs pour former la carène. Les étamines sont au nombre de 10 dont 9 sont soudées entre elles par leur filet dans une gaine (Fig.3)

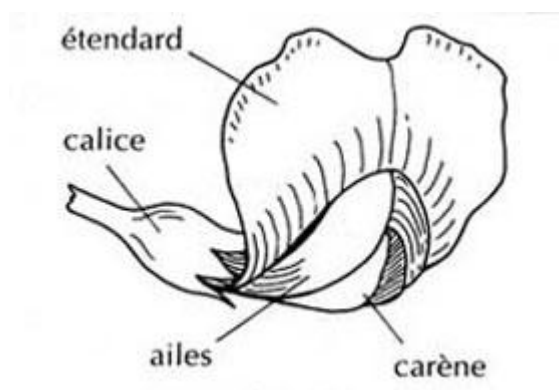


Figure 3 : schéma de la fleur de *V. faba* (Jaccon, 2015)

4.3. Courgette (*Cucurbita pepo* L.)

La courgette (*Cucurbita pepo* L.) est une plante annuelle qui appartient à la famille des Cucurbitaceae, elle est originaire de l'Amérique, sa culture était largement répandue en Amérique centrale et du sud. Cette espèce a pu être domestiquée au moins à deux reprises et dans deux régions différentes: au Mexique et dans l'est des États-Unis, *C. fraterna* et *C. texana* sont des géniteurs possibles (Dhaliwal, 2017). Actuellement, leur culture est répandue dans tous les pays du monde où elles trouvent des conditions favorables pour leur développement. Cette vaste étendue des courges est due aux qualités nutritives et gustatives des fruits. Sa culture est surtout répandue de la région méditerranéenne jusqu'en Asie et aux États-Unis. La Chine est le plus gros producteur de courges d'été, suivie de l'Ukraine, de l'Afghanistan et de la Turquie. Ensemble, ils produisent 45% de la production mondiale totale (Dhaliwal, 2017). En Algérie, elle fait partie des cultures les plus répandues grâce aux conditions climatiques et le type du sol qui lui sont très favorables. Sa production dépasse 227 000 tonnes et a doublé depuis 2000. Les zones de production sont Mostaganem, Alger, Boumerdes, M'Sila, Tipaza. Les cultures sous tunnel à Tipaza, Biskra, Alger et Mostaganem représentent une production de 33 000 tonnes (Anonyme 3, 2014).

4.3.1. Position systématique

Selon Feller et *al.* (1995) la courgette est scientifiquement classée comme suit :

Règne : Plantae
 Division : Magnoliophyta
 Classe : Magnoliopsida
 Ordre : Violales
 Famille : Cucurbitaceae
 Genre : *Cucurbita*
 Espèce : *Cucurbita pepo* L.

4.3.2. Fleur

La courgette est une plante monoïque, chaque pied porte deux types de fleurs : mâles et femelles. Les fleurs mâles sont toujours plus nombreuses que les fleurs femelles, ce qui est nécessaire pour assurer la fécondation de ces dernières.

Les fleurs de courge sont très grandes, de couleur jaune orangée et unisexuées mâles ou femelles. Les fleurs mâles possèdent 5 étamines à anthères sinueuses. Les fleurs femelles se reconnaissent à la petite courge, présente sous la fleur qui correspond au pistil. Les fleurs de courge, ont une durée de vie brève. Elles s'ouvrent le matin et se referment vers midi pour ne plus se rouvrir. Chaque fleur femelle dispose donc de quelques heures pour être fécondée. Les fleurs mâles sont reconnaissables à leur long et fin pédoncule et au fait qu'elles ne disposent pas d'ovaire infère sous la fleur et qu'elles ont un androcée à l'intérieur alors que les femelles ont un ovaire infère apparaissant avant la fleur et un pistil à l'intérieur (Fig. 4).

Les fleurs mâles produisent le nectar et le pollen dont les grains sont gros et bien adaptés au transport des insectes, tandis que les fleurs femelles ne produisent que le nectar et en quantité plus importante, ce qu'il fait qu'elles attirent un nombre plus important d'abeilles (Nepi et Pacini, 1993).

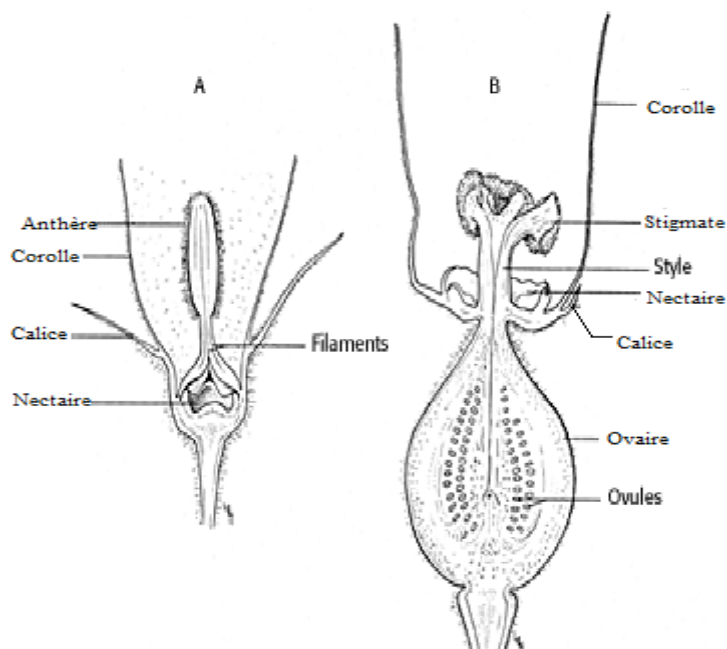


Figure 4 : Section longitudinale fleur mâle (A) et fleur femelle (B) de courge (Mc Gregor, 1976)

4.5. Pastèque (*Citrullus lanatus*)

La pastèque (*Citrullus lanatus*) est une plante herbacée annuelle de la famille des Cucurbitacées, elle est monoïque portant à la fois des fleurs mâles et des fleurs femelles. Elle représente l'une des plus importantes cultures maraichères de la famille des cucurbitacées, elle est très largement répandue de par le monde. Elle est originaire des régions sèches d'Afrique australe (Wein 1997 cité par Mc Gregor, 1976). Elle a d'abord été cultivée dans les pays chauds et secs, tropicaux et méditerranéens, pour ensuite être introduite dans les régions chaudes et humides (Pitrat et al, 1999 cité par Hamza, 2014). La production mondiale en pastèque pour l'année 2011 était de 104 472 354 tonnes, en Algérie, elle était de 1 285 134 tonnes. Selon la FAO (2011), les cinq plus gros producteurs au monde de la pastèque sont la Chine, la Turquie, l'Iran, le Brésil et les Etats-Unis (Hamza, 2014).

4.5.1. Position systématique

Selon Wehner (2008), la classification botanique se présente comme suit :

Règne :	Plantae
Sous règne :	Tracheobionta
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Magnoliopsida
Sous classe :	Dileniidae
Ordre :	Violales
Famille :	Cucurbitaceae
Genre :	<i>Citrillus</i>
Espèce :	<i>Citrillus lanatus</i> Thunb.

4.5.2. La fleur

Les fleurs de pastèque sont petites à corole jaune pâle, elles apparaissent à l'aisselle des feuilles, elles sont comme chez la plupart des Cucurbitacées soit mâles, soit femelles, mais toutes sont présentes sur le même pied (plante monoïque) (Fig.5). Les fleurs s'ouvrent 2 heures après le lever du soleil. Le pollen est généralement libéré avant l'ouverture de la fleur, mais il reste sur les anthères en masses collantes à moins d'être enlevé par les insectes. Les stigmates sont réceptifs tant que la fleur est ouverte, mais la réceptivité est maximale entre 9 et 10 heures (Adlerz, 1966 cité par Delaplane et Mayer, 2000). Les fleurs se ferment l'après-midi et ne se rouvrent jamais, même si elles ne sont pas pollinisées. Les fleurs de pastèque attirent les abeilles pour le nectar et le pollen, mais leur densité est faible et les abeilles sont facilement distraites au profit de ressources plus riches (Delaplane et Mayer, 2000).



Figure 5. Photo de fleur mâle (A) et femelle (B) de *Citrullus lanatus* (Photographie originale, 2016).

4.5. Oignon (*Allium cepa* L.)

Originnaire de l'Asie centrale, l'oignon est cultivé depuis la plus haute Antiquité. C'est l'une des espèces la plus cultivée (Schweisguth, 1976), sa production arrive en quatrième position dans la production des légumes au niveau mondial. En Algérie, la production d'oignon a plus que triplé en 10 ans et atteint 1 183 268 tonnes en 2012. Elle est particulièrement importante à Mascara (200 000 tonnes), à Tiaret (174 000 tonnes), à Boumerdes (140 000 tonnes), à Skikda (109 000 tonnes) (Anonyme 3, 2014). *Allium cepa* L. est une Liliacée bisannuelle, il donne la première année un bulbe comestible et la deuxième année, il donne naissance à une tige florale portant à son extrémité une inflorescence sphérique. Aux petites fleurs blanches succèdent des capsules contenant plusieurs graines.

4.5.1. Position systématique

Selon Nyakabwa (2009), la position systématique de l'oignon se présente comme suit :

Règne :	Plantae
Sous règne :	Tracheobionta
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Magnoliopsida
Sous classe :	Liliadae
Ordre :	Liliale
Famille :	Liliaceae
Genre :	<i>Allium</i>
Espèce :	<i>Allium cepa</i> L.

4.5.3. Inflorescence

Chaque inflorescence (ombelle) est constituée de 50 à 2000 fleurs d'un blanc verdâtre. Chaque fleur, de 3 à 4 mm de long possède 6 étamines disposées en 2 verticilles, et un style pourvu d'un ovaire triloculaire, avec 2 ovules par cellule. Les anthères des étamines internes s'ouvrent d'abord, et libèrent leur pollen l'une après l'autre ; puis les anthères des étamines externes s'ouvrent à leur tour, à intervalles également irréguliers. L'oignon est une espèce allogame, les organes reproducteurs mâles libèrent le pollen avant que les organes reproducteurs femelles soient réceptifs (Fig.6). En effet, les anthères d'une fleur s'ouvrent en premier et libèrent le pollen pendant 3 jours avant que le stigmate de cette même fleur soit réceptif pour une durée de 6 jours. Les fleurs s'épanouissent pendant 4 semaines avec un maximum pendant la deuxième semaine. La plus grande partie de pollen est libérée entre 9 et 17h du premier jour de l'ouverture de la fleur, et avant que le stigmate ne soit réceptif. Les nectaires sont localisés à la base des étamines et le nectar s'accumule entre l'ovaire et les étamines internes (Pesson et Louveaux, 1984).

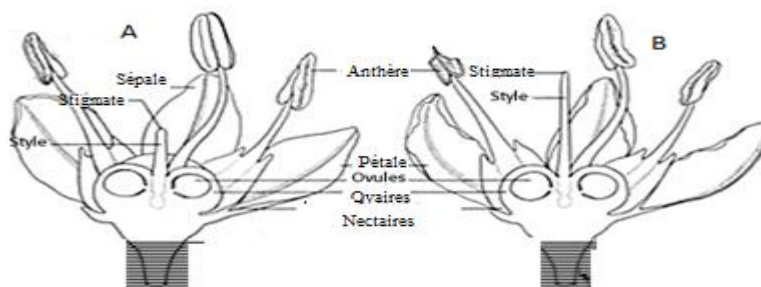


Figure 6 : Fleur d'oignon (*Allium cepa*) (A) section sagittale en phase de production de pollen, (B) fleur en phase de réceptivité stigmatique (Mc Gregoor, 1976).

4.6. Laitue (*Lactuca sativa*)

Lactuca sativa est une plante herbacée annuelle, de la famille des Astéracées. La laitue présente deux phases bien distinctes: la phase végétative, formant une pomme plus ou moins fermée, correspond au stade de développement utilisé pour la commercialisation, et la phase reproductrice au cours de laquelle la tige principale s'allonge (montaison) aboutit à la floraison et à la production de graines. Selon Boissier, l'espèce laitue pourrait provenir de formes sauvages originaires des montagnes du Kurdistan. La production mondiale de laitue est d'environ 22 millions de tonnes. Les principaux pays producteurs sont la Chine (10 millions de tonnes), les États-Unis (5 millions de tonnes), l'Espagne (1 million de tonnes) et l'Italie (0,83 million de tonnes), la France 0,46 million de tonnes (Anonyme 3, 2017). En

Algérie, elle est cultivée dans toutes les zones dont les variétés les plus cultivées sont classées dans les groupes suivants :

- Laitue à couper : laitue blonde, laitue frisée d'Amérique
- Laitue pommées : reine de mai, gotte jaune d'or, batavia, merveille des 4 saisons, tête de Nîmes, divina.
- Laitue romaines : Balen, blonde maraîchère (Anonyme 4, 2010).

4.6.1. Position systématique

Selon Chase et Revel (2009), la laitue est classée comme suit :

Règne :	Plantae
Sous règne :	Tracheobionta
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Equisetopsida
Sous classe :	Magnoliidae
Ordre :	Asterales
Famille :	Asteraceae
Sous famille :	Cichorioideae
Tribu :	Lactuceae
Sous tribu :	Lactucinae
Genre :	<i>Lactuca</i>
Espèce :	<i>Lactuca sativa</i> L.

4.6.2. Inflorescence

L'inflorescence est une panicule constituée de plusieurs grappes. Chaque grappe porte 15 à 25 fleurs ou plus. Le mécanisme de pollinisation est favorisé par l'auto-pollinisation, les bractées commencent à s'ouvrir lorsque les fleurs se développent. Les fleurs s'allongent rapidement 24 heures avant l'anthèse. Le style et le stigmate sont couverts de soies blanches. La déhiscence des anthères a lieu avant l'élongation du pistil. Au fur et à mesure que le pistil s'allonge, les soies qui sont situées à côté de celui-ci poussent le pollen hors du sac à pollen. Les lobes du stigmate se séparent, permettant au pollen de tomber sur la papille stigmatique, localisée à la surface intérieure. Ainsi se réalise la fécondation (Salunkhe et al 1987 cité par Hebie, 2001).

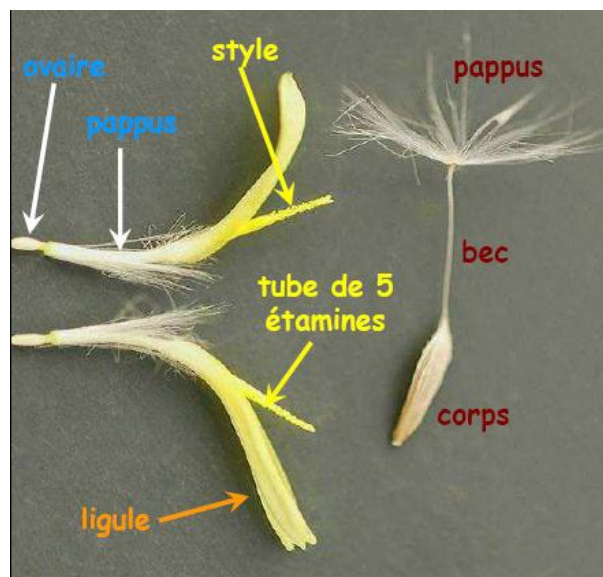


Figure 7 : Photo de l'aspect morphologique d'un fleuron et d'un akène contenant la graine de laitue (Zorrig, 2011)

4.7. L'orange

L'oranger (*Citrus sinensis* L.) est une espèce d'arbustes fruitiers de la famille des Rutacées, il est cultivé dans les régions chaudes, comme les pays méditerranéens. Cet hybride ancien est probablement un croisement entre le pamplemousse et la mandarine. La culture de l'oranger est très ancienne, elle se confond avec l'histoire de la Chine d'où il est originaire. Au cours du premier millénaire avant notre ère, l'oranger se propage très vite à l'ensemble des pays du Sud-est asiatique, puis arrive en Méditerranée au VIIe siècle. La production mondiale des agrumes a atteint 60 millions de tonnes en 2000, dont 18 millions de tonnes produites par le Brésil qui est le plus grand producteur, suivi par la Floride avec 11 millions et le bassin méditerranéen avec 10 millions. (Anonyme 5, 2012). Le verger algérien d'agrumes (surtout constitué d'oranges, d'un peu de clémentines et de citrons et de très peu de mandarines et de pomelos) est estimé à 65 000 ha, dont plus de 50% sont localisés dans la Mitidja. Les wilayas d'Annaba, Skikda, Oran, Mascara, Mostaganem, Chlef, Blida, Alger et Tipasa sont les principales zones productrices (au total, 43% des agrumes sont cultivés dans la plaine de la Mitidja, 27% dans la région du Chélif et 7% à Mascara). Le verger est localisé sur des terres riches et irriguées (Anonyme 3, 2014).

4.7.1. Position systématique

D'après Praloran (1971) la position taxonomique des agrumes, selon Swingle est celle indiquée comme suite :

Règne :	Végétale
Embranchement :	Angiospermes
Classe :	Eudicotes
Sous classe :	Archichlomydeae
Ordre :	Germinale (Rutales)
Famille :	Rutaceae
Sous-famille :	Aurantioideae
Tribus :	Citreae
Sous-tribu :	Citrinae
Genre :	<i>Citrus</i>
Espèce :	<i>Citrus sinensis</i> L.

4.7.2. La fleur

Les fleurs ont entre 2 à 4 cm de diamètre, axillaires, parfumées, simples, souvent parfaites (ayant les étamines et les pistils fonctionnels) et parfois staminées (comportant des étamines tout en étant dépourvues de pistils). Le calice est lobé, composé généralement de cinq pétales avec des glandes d'essences aromatiques. Les étamines sont au nombre de 20 et 40 et les pétales sont de couleur blanc-rosâtre, rose-violette vers l'extérieur chez le citron et rougeâtre chez les autres variétés d'agrumes (Fig.8). L'ovaire est surmonté d'un stigmate en masse, composé de 8 à 18 locules (cavités), avec 4 à 8 ovules par locale, dans deux rangées (Selka, 2007).

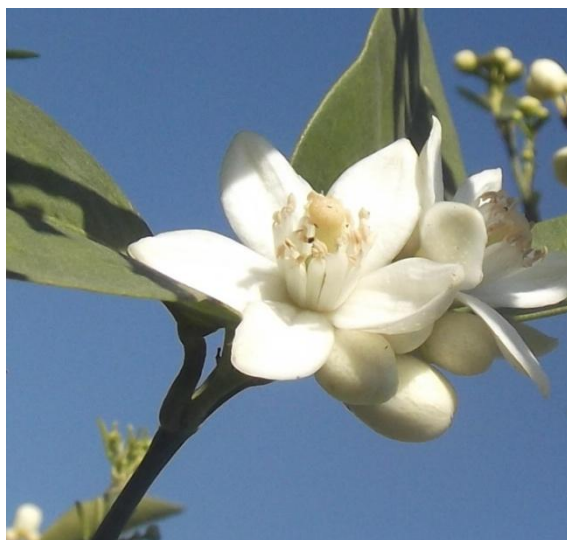


Figure 8 : la fleur de l'oranger (Photographie originale, 2016)

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Présentation de la région d'étude

1.1. Données géographiques de la wilaya de Tizi-Ouzou

La région de Tizi-Ouzou (la grande Kabylie) est située sur le littoral Centre-Est de l'Algérie et s'étend sur une superficie de 2958 Km². Comprise entre 3°35'et 5°05'de longitude Est, et entre 36°22'et 36°55'de latitude Nord. Elle est bordée au Nord par la mer méditerranée, au Sud par la Wilaya de Bouira, à l'Est par la wilaya de Bejaia et à l'Ouest par la wilaya de Boumerdès. Son relief géographique est caractérisé par de vastes régions montagneuses de Djurdjura qui plafonne à 2308 m d'altitude, d'une chaîne côtière représentée par de hautes collines de 500 à 1000 m d'altitude et enfin de la vallée de Sébaou dont l'altitude ne dépasse guère les 500 m. Cette vallée est serpentée par l'oued Sébaou représentant la principale source d'eau (Belhadi, 2010).

1.2. Données climatiques

La région de Tizi-Ouzou, se situant au Nord de l'Algérie, est sous l'influence du climat méditerranéen. Les données climatiques utilisées pour l'analyse sont celles de la station météorologique "Office National Météorologique" de Tizi-Ouzou.

1.2.1. Température

La température est un élément très important du climat. Elle est liée à la radiation solaire et à l'altitude et aussi aux conditions locales du milieu.

Les températures enregistrées en 2016, 2017 et 2018 (Tab. 1) montrent que le mois le plus froid de cette période est respectivement le mois de mars, mois de janvier et le mois de février avec une température moyenne mensuelle de 12.5°C, 8.9°C et 9.9°C. Les mois les plus chauds sont le mois de juillet en 2016 et 2018, le mois d'août en 2017 avec respectivement des températures moyennes mensuelles de 27,9°C et 29,7°C.

Tableau 01 : Températures moyennes mensuelles (°C) de la station météorologique de Tizi-Ouzou de 2016 à 2018.

	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
2016	12.8	12.6	12.5	16.1	19	24.3	27.9	27.1	24.3	22.5	15.7	12.6
2017	8.9	12.7	14.5	16.4	21.8	26.4	29.4	29.7	23.9	19.5	13.7	10.4
2018	11.2	9.9	13.6	16.5	17.8	22.8	27.8	27.4	25.3	19.1	14.9	11.9

1.2.2. Pluviométrie

La pluviométrie est un facteur écologique fondamental. Elle est l'un des principaux éléments du climat qui agit sur les végétaux dont se nourrit la faune, mais en plus elle est responsable de la présence et la densité de certains animaux dans un milieu donné. A partir du

tableau 2 représentant les précipitations enregistrées, on constate que les mois les plus pluvieux durant les trois années d'étude sont respectivement le mois de mars avec une précipitation moyenne de 185.3 mm, le mois de janvier avec 250 mm et le mois de mars avec 187 mm. Par contre les mois de juillet et août sont les plus secs avec une moyenne de précipitation de 0 à 0.5 mm.

Tableau 02 : Variations mensuelles de Précipitations (en mm) de la station de Tizi-Ouzou, période 2016, 2017 et 2018.

	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
2016	9.9	96.2	185.3	61.8	68.4	5.9	0	0	4.2	16.6	68.4	150.1
2017	250	36	29	37	2	8.8	0.4	0	37.8	35.3	126	138
2018	31	108	187	102.0	33	34	0.5	0	42	182	175	44.0

1.2.3. Humidité atmosphérique

C'est un état de climat qui correspond à la quantité d'eau contenue dans l'air. L'humidité atmosphérique enregistrée durant la période d'étude 2016-2018 montre que le mois le plus humide est le mois de décembre avec respectivement 85% et 83%, le mois le moins humide est le mois de juillet avec respectivement un taux d'humidité de 55% , 49 % et 59% (Tab. 3).

Tableau 03 : Variations mensuelles d'humidité relative de l'air (en%) de la station de Tizi-Ouzou, période 2016, 2017 et 2018.

	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
2016	76	73	76	75	71	59	55	59	62	65	72	85
2017	82	75	72	68	62	58	49	56	61	66	76	83
2018	79	80	75	75	80	68	59	60	67	76	77	83

1.2.4. Synthèse climatique

1.2.4.1. Diagramme Ombro–thermique de Bagnouls et Gaussen

Bagnouls et Gaussen (1953) considèrent qu'un mois sec est celui où le total des précipitations exprimées en millimètre est inférieur ou égal au double de la température exprimée en degré Celsius.

Le diagramme est conçu de telle manière que l'échelle de la pluviométrie P exprimé en millimètres est égale au double de la température moyenne mensuelle (T) exprimée en degrés Celsius, soit $P = 2T$.

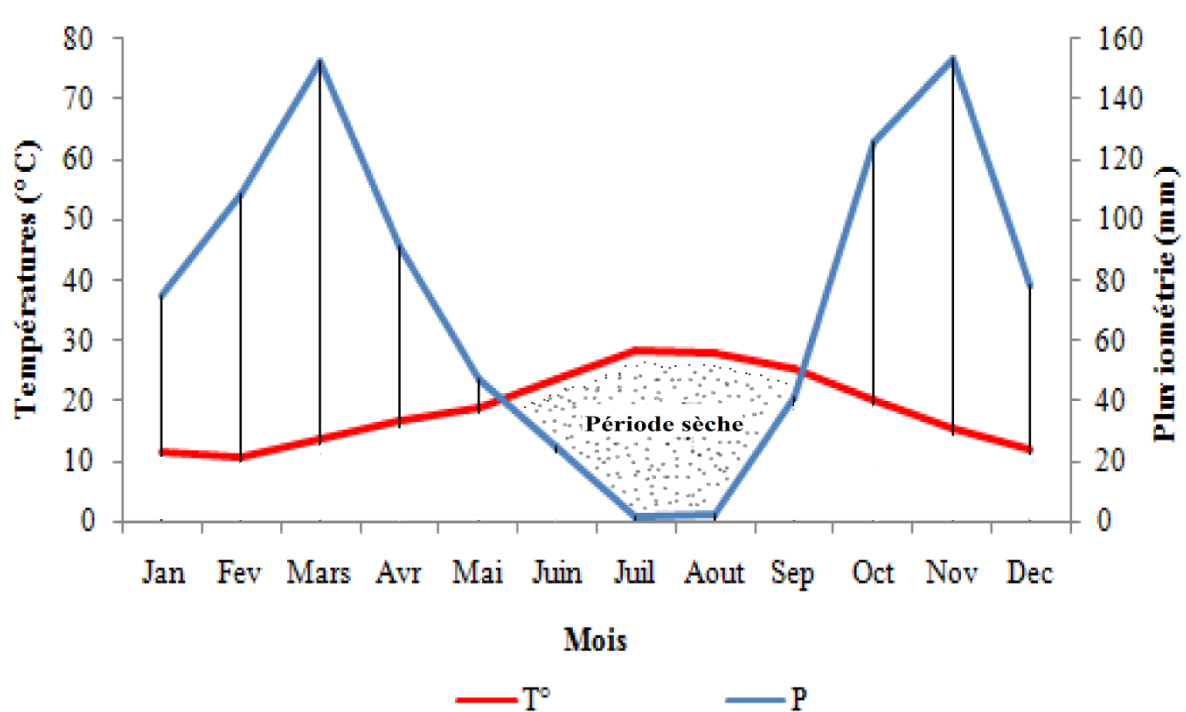


Figure 9 : Diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Tizi-Ouzou (2007-2018).

Dans la région de Tizi-Ouzou, le diagramme Ombro-thermique (Fig.9) dévoile que la sécheresse est particulièrement intense en été, elle se fait sentir dès le mois de mai et se prolonge jusqu'à la fin du mois de septembre, elle dure 5 mois. Quant à la période humide, elle s'étale du début du mois de janvier jusqu'à la fin du mois de Mai où elle est interrompue par la période sèche, et elle reprend de nouveau vers la fin septembre jusqu'à la fin décembre.

1.2.4.2. Climagramme d'EMBERGER appliqué à la région d'étude

Afin de situer notre région d'étude dans le climagramme d'Emberger pour l'Algérie, les moyennes annuelles (minimales et maximales) de température et de pluviométrie sont indispensables pour calculer le quotient d'Emberger simplifié par Stewart qui s'écrit comme suit :

$$Q_2 = 3,43 \times P/M-m$$

P : précipitations moyennes annuelles (mm).

M : Température moyenne de tous les maxima du mois le plus chaud.

m : Températures moyenne de tous les minima du mois le plus froid.

Le Quotient pluviométrique (Q_2) d'Emberger calculé pour Tizi-Ouzou pour une période de 10 ans sera donc : $Q_2 = 3,43 \times 868,26 / 36,2 - 7 = 102$

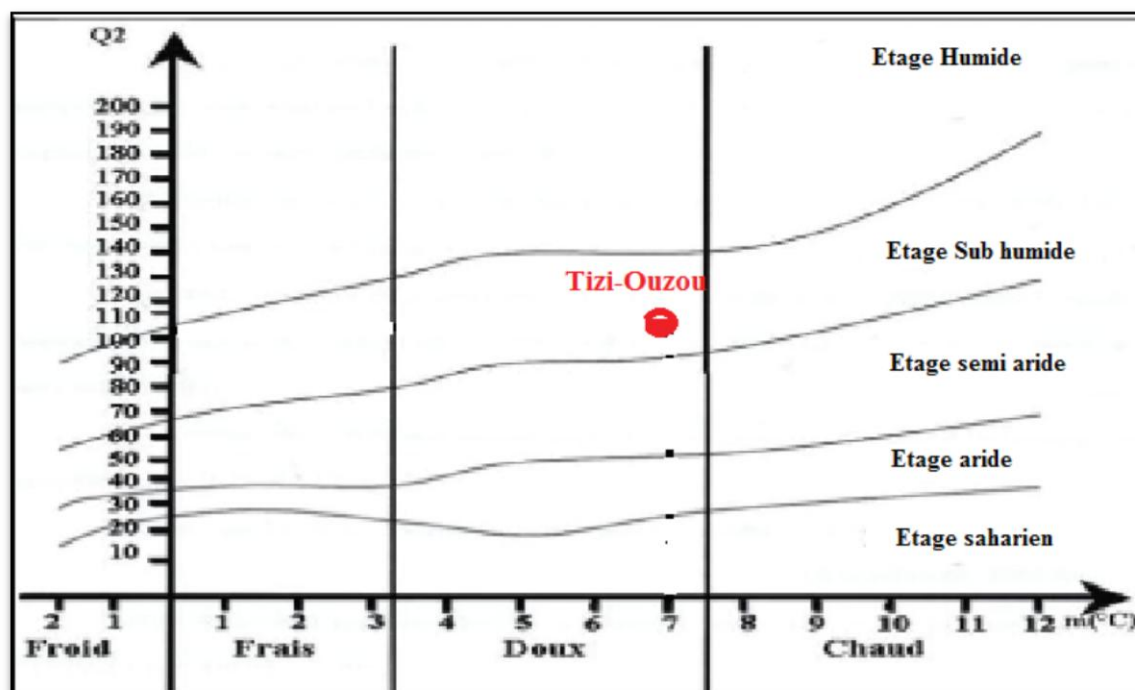


Figure 10 : Climagramme d'Emberger pour la région de Tizi-Ouzou (2008 à 2018).

Les deux valeurs Q2 et m situent notre région d'étude dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver doux (Fig.10). La répartition des régions sur le climagramme d'Emberger est influencée par la topographie et les facteurs climatiques.

1.3. Végétation

Les plantes représentent la source alimentaire exclusive des Apoïdes, la végétation offre également un habitat aux abeilles nidifiant dans le bois ou les tiges des plantes.

La carte d'occupation des sols, met en évidence l'importance de l'arboriculture rustique dont les oliveraies occupant en grande partie les versants du massif central (massif kabyle) sur des pentes dépassant souvent 25%. Les plaines du Sébaou et de Draâ El Mizan sont labourées et mises en culture pendant presque toute l'année. Les vignes et l'arboriculture compte 52% de la surface totale occupée par les plaines.

Les forêts dominées par le chêne et le cèdre ainsi que les maquis viennent en second lieu avec 34%. Cette répartition fait ressortir le caractère agro-sylvo-pastoral de la région. La végétation est généralement très dense en Kabylie (Asla, 2002).

1.4. Réseau hydrographique

Les ressources en eau présentent un intérêt particulier pour la faune et la flore. Le réseau hydrographique de Tizi-Ouzou renferme deux grands bassins versants à savoir le bassin de l'Oued Sébaou et le bassin côtier. Sa partie basse contient une nappe importante qui s'explique par un sous sol essentiellement imperméable. En montagne, le nombre infini de

sources dont ces potentialités hydriques sont fournies par la forte pluviométrie et la fonte des neiges du massif de Djurdjura. Ce qui alimente fortement l'oued Sébaou qui agit comme le collecteur principal du réseau hydrographique. Le barrage de Taksebt de 175 millions de m³ d'eau a été réalisé en 2001 à Oued-Aissi, dans le but d'améliorer l'approvisionnement en eau potable des populations de Tizi-Ouzou, de Boumerdès et d'Alger.

1.5. Nature du sol

La nature de sol a une grande influence sur le type de végétation. Le sol, non seulement, fournit les éléments minéraux nécessaires à la croissance des végétaux qui deviennent une source d'alimentation pour les insectes floricoles, des abeilles en particulier, car il intervient considérablement sur l'intensité nectarifère des fleurs, il est aussi un gîte pour les abeilles sauvages terricoles. Du point de vue lithologie, la dominance des flyschs et des schistes, formations moyennement résistantes à l'érosion est très marquée au niveau de la chaîne côtière et du massif kabyle. Les marnes et argiles, formations peu résistantes à l'érosion, occupant, quant à elles, une portion beaucoup moins importante comparées aux premières ; elles sont localisées au niveau des deux dépressions : Sébaou (dont fait partie Tizi-Ouzou) et Draâ El Mizan (Asla, 2002).

2. Station d'étude

Les investigations ont été réalisées durant les années 2016, 2017 et 2018 à l'Institut Technique Moyen Agricole Spécialisé (I.T.M.A.S) de Boukhalfa situé à 8 km de la ville de Tizi-Ouzou et limité au nord par l'oued Sébaou. Les coordonnées géographiques de cet institut correspondent à 36°44'46'' de latitude Nord, 04°01'18'' de longitude Est et à 89 m d'altitude. Il s'agit d'une parcelle de 160 m² (40 m de long sur 4 m de large) qui se trouve au sein d'un verger d'agrumes (oranger, mandarinier et citronnier) et des parcelles expérimentales de l'institut. Parmi les espèces végétales recensées on trouve : *Oxalis pes-caprae* L. (Oxalidaceae), *Sinapis arvensis* L. (Brassicaceae), *Urospermum dalechampii* L. et *Centaurea pullata* L. (Asteraceae), *Convolvulus tricolor* L. et *Convolvulus arvensis* L. (Convolvulaceae) (Fig.11).



Figure 11. Photo de la Parcelle de l'I.T.M.A.S (Boukhalfa)
(Photographie originale, 2016).

2.1. Plantes étudiées

Les observations ont été menées sur la fève (*Vicia faba* L.), l'oignon (*Allium cepa* L.), la laitue (*Lactuca sativa* L.), la courgette (*Cucurbita pepo* L.), la pastèque (*Citrullus lanatus* .) en 2016 et 2017 et sur le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) en 2017. Enfin, l'étude sur l'oranger (*Citrus sinensis* L.) a été effectuée durant les années 2016, 2017 et 2018.

Le tableau 4 fournit la variété, la date de semis et de floraison et le système de plantation pour chacune des plantes étudiées.

Tableau 4. Variétés, dates de semis et la densité des différentes plantes étudiées.

Plantes	Variétés	Date de semis	Date de début de floraison	densité
Fève <i>Vicia faba</i> L.	major	15 décembre 2015 06 décembre 2016	22 février 2016 15 février 2017	25 plants/m ²
Pois chiche <i>Cicer arietinum</i> L.	Kabuli	02 janvier 2017	23 avril 2017	25 plants/m ²
Laitue <i>Lactuca sativa</i> L.	Wafia	17 mars 2016 24 mars 2017	14 juin 2016 23 juin 2017	20 plants/m ²
Oignon <i>Allium cepa</i> L.	Rouge foncé D'Amposta	21 décembre 2015 27 décembre 2016	12 mai 2016 25 mai 2017	20 plants/m ²
Courgette <i>Cucurbita pepo</i> L.	Verte d'Alger	08 mars 2016 17 mars 2017	12 mai 2016 18 mai 2017	2 plants/m ²
Pastèque <i>Citrullus lanatus</i> Thunb.	Charleston gray	02 juin 2016 25 mai 2017	04 mai 2016 02 mai 2017	2 plants/m ²
Oranger <i>Citrus sinensis</i> L.	Mélange variétal	/	02 mars 2016 05 avril 2017 27 mars 2018	

3. Méthodes d'étude de la faune apoïdienne et son incidence sur le rendement grainier

3.1. Inventaire et densité de la faune pollinisatrice

Pour réaliser l'inventaire des insectes butineurs des différentes plantes étudiées, nous avons opté pour deux méthodes différentes selon qu'il s'agit des plantes maraichères ou des arbres fruitiers (agrumes).

a. Plantes maraichères

La méthode des quadrats est utilisée pour l'observation, le comptage des pollinisateurs et de la densité florale (Sonnet et Jacob-Remacle 1987 ; Abrol 1988). Neuf quadrats de 1 m² 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 50 cm (Fig. 12 a). 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 7 h jusqu'à 16 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.

Parallèlement au comptage, une mesure de la densité des fleurs épanouies, 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).

b. Oranger

Le verger d'agrumes est d'une superficie de 0.8 ha. Le nombre d'arbres portés par le verger est de 149 (101 orangers, 42 mandariniers et 6 citronniers). La phénologie des fleurs est déterminée en comptant le nombre de bouquets de fleurs formés sur cinq rameaux de chaque point cardinal (Nord, Sud, Est, Ouest) de 5 arbres choisis de façon aléatoire (De Grandi-Hofman, 1988 ; 1990 cité par Louadi, 1999a). Le nombre de bouquets est multiplié par le nombre moyen de fleurs par bouquet. La densité florale est établie tous les deux jours durant la floraison.

Le comptage d'abeilles est effectué par la méthode de transect adapté aux arbres fruitiers (Jacob-Remacle, 1989). Elle concerne cinq rangées de 50 m, comprenant chacune 10 arbres (fig. 12b). L'échantillonnage du peuplement des Apoïdes dans le verger se fait trois fois par semaine. La densité des abeilles est estimée à l'hectare.

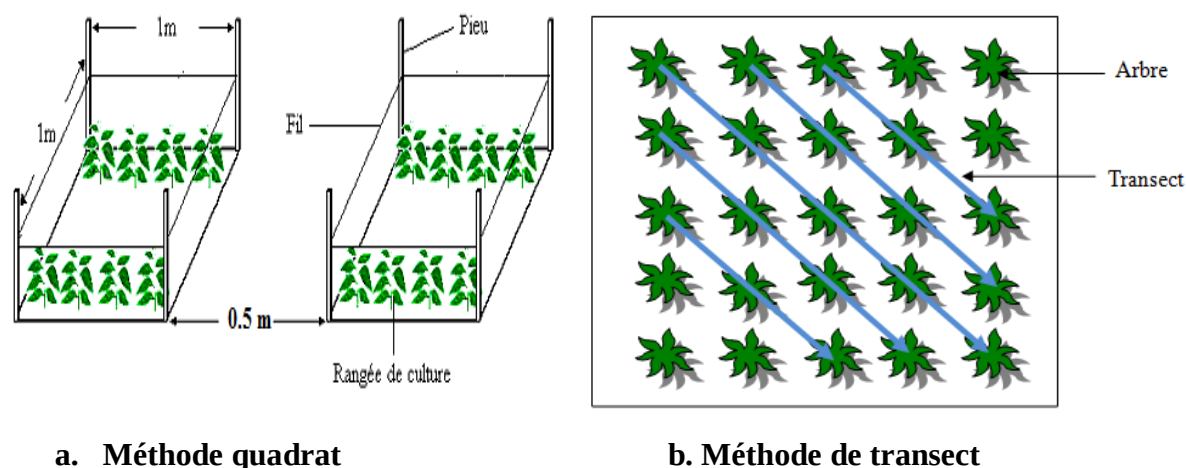


Figure 12 : Méthodes d'étude de la faune apoïdienne dans le milieu cultivé (Benachour, 2008, Cherair, 2016).

3.1.1. Technique de capture des Apoïdes

Selon Pierre et *al.* (1997), la détermination des espèces doit être à vue au cours des observations propres à l'expérimentation de manière à ne pas modifier la structure de la population d'insectes par des prélèvements. Pour les espèces peu connues, il consiste à capturer quelques individus de l'espèce que l'on souhaite déterminer de manière à être en mesure de les identifier ensuite aisément au champ. Le piégeage n'est pas conseillé pour une telle étude, pour deux raisons : d'une part, le piégeage risque d'être sélectif (certaines espèces se font moins piéger que d'autres), d'autre part, seuls les individus fréquentant effectivement la plante pour la pollinisation doivent être considérés (Pierre et *al.*, 1997).

3.1.1.1. Chasse à vue

Selon Meriguet et *al.* (2004), cette méthode se pratique en temps ensoleillé à l'aide d'un filet à papillon qui permet de capturer les grosses abeilles à vol rapide telles que les Xylocopinae, les Anthophorinae et les Bombinae.

Les insectes capturés sont placés dans un sachet en plastique contenant un coton imbibé d'éthanol pour que les abeilles meurent rapidement sans qu'elles soient abimées.

3.1.1.2. Capture directe par des boîtes en plastique

Cette technique s'effectue par approche directe en se servant des boîtes en plastique de 11cm de hauteur et 8 cm de diamètre, contenant un coton imbibé de quelques gouttes d'éthanol. Plusieurs espèces d'abeilles peuvent être facilement capturées avec cette méthode qui permet une chasse efficace en diminuant les risques de bris et les blessures et qui sert à récolter surtout les espèces de petite taille.

3.1.2. Technique d'identification des Apoïdea

L'identification d'une abeille jusqu'au rang spécifique n'est pas facile. Elle se fait à l'aide d'une loupe binoculaire en utilisant différentes clés de détermination qui permettent de séparer les différents genres et espèces d'abeilles. La détermination des spécimens capturés lors de cette étude a été réalisée principalement au moyen des clés suivantes : Patiny et Terzo (2010), Terzo et Rasmont (2010), Pauly (2014), Rasmont et Terzo (2010).

La détermination a été également effectuée grâce au matériel de référence du laboratoire de Zoologie de l'Université de Mons Hainaut (Belgique) et de celui du laboratoire d'Entomologie de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Les spécimens récoltés sont piqués avec des épingles entomologiques de taille appropriée et étiquetés. Un étiquetage rigoureux est indispensable pour éviter toute perte de données et informations relatives à chaque spécimen (le lieu et la date, la plante hôte...). Chaque spécimen porte 3 étiquettes (Fig. 13).

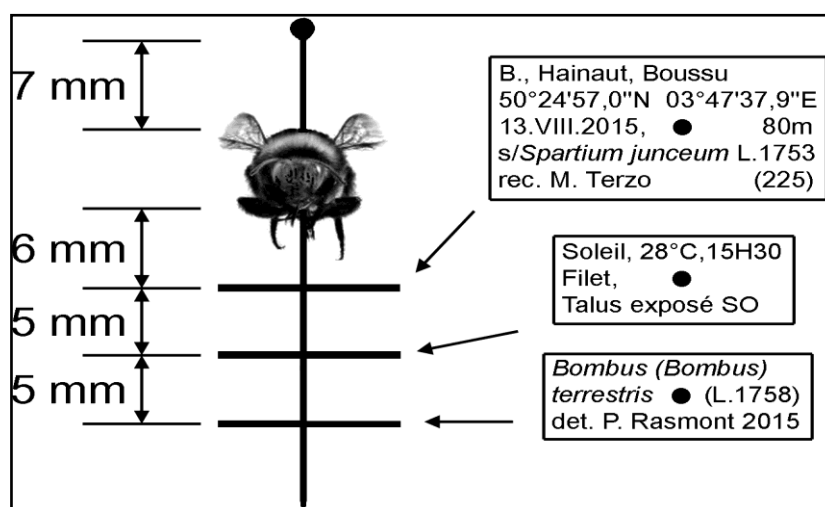


Figure 13 : montage des spécimens d'Apoïdea (Selon le laboratoire de Zoologie, Mons).

3.2. Comportement de butinage des insectes

Le comportement de butinage des espèces les plus fréquentes est observé sur la plante depuis l'ouverture jusqu'à la fermeture des fleurs épanouies. Nous avons procédé à des observations du comportement de butinage pour comprendre la nature des visites (but de visite). Nous notons le but alimentaire des visites effectuées par les divers pollinisateurs ; simultanément, nous observons si l'insecte butineur touche ou non le stigmate de la fleur. Comme dans d'autres travaux sur la pollinisation, les visites avec contact stigmate-insecte seront qualifiées de visites pollinisantes ou positives (Jacobe-Remacle, 1989).

Afin d'évaluer l'efficacité pollinisatrice, nous avons mesuré le nombre de fleurs butinées par minute. Ensuite le nombre moyen des fleurs visitées par minute est calculé pour estimer la rapidité des espèces d'abeilles observées.

3.3. Evaluation de l'incidence de la pollinisation entomophile sur le rendement grainier

Dans le but d'étudier l'impact de la pollinisation entomophile sur le rendement grainier de fève et de l'oignon durant la floraison de 2016, 18 quadrats de 1m² chacun sont mis en place. Neuf de ces quadrats sont laissés libres d'accès aux pollinisateurs, alors que les neuf autres quadrats sont encagés à l'aide de tulle (pour l'oignon, on n'enveloppe que les inflorescences) afin d'interdire l'accès aux pollinisateurs (Fig.14).

Au moment de la récolte, les graines mûres de la fève et de l'oignon sont décortiquées. Pour chaque quadrat, le poids et le nombre total de la récolte en graines par plant et par inflorescence sont établis pour comparer le rendement des graines issues des quadrats encagés à celui des graines issues des quadrats accessibles aux abeilles.



La fève

l'oignon

Figure 14 : Photo des quadrats encagés et des quadrats laissés libres d'accès aux abeilles (Photographie originale, 2016).

3.4. Analyse statistique des données

Le test U de Mann Whitney (utilisé pour les petits effectifs ou lorsque la distribution des données n'est pas normale) est utilisé pour comparer les moyennes dans les quadrats libres et encagés concernant l'étude de l'effet de la pollinisation entomophile sur le rendement des plantes, la vitesse de butinage et pour le temps dépensé par les abeilles sur les fleurs des

deux Cucurbitaceae. L'analyse de la variance (Anova) à un facteur est utilisée pour comparer la vitesse de butinage de l'abeille domestique sur les fleurs de l'orange à différentes heures de leur activité. Par ailleurs, la normalité de la distribution des données pour les différentes moyennes calculées et les différents tests statistiques réalisés est vérifiée au moyen d'un test de normalité (test de Shapiro-Wilk).

Les diverses analyses statistiques sont réalisées avec les logiciels Statistica version 7 et Statbox version 6.40. Les représentations graphiques sont réalisées avec le logiciel Excel version 2007.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

A l'issue de la présente étude, plusieurs aspects sont développés. En premier lieu, la floraison de chacune des différentes plantes étudiées est précisée. De plus, notre étude a permis de comprendre l'activité de butinage des apoïdes et de connaître la diversité et densité des pollinisateurs de chaque culture considérée (fève, pois chiche, oignon, courgette, pastèque, laitue, oranger).

Par ailleurs, rappelons que plusieurs critères permettent d'évaluer l'efficacité pollinisatrice d'une abeille butineuse. Pour ce faire, nous avons estimé la qualité ou l'efficacité du butinage des principales espèces d'abeilles que nous avons observées sur les fleurs des plantes étudiées. Nous avons déterminé la nature de leurs visites florales et nous avons mesuré leur vitesse de butinage.

L'efficacité de pollinisation des abeilles rencontrées est également évaluée au niveau des cultures en mettant en évidence leur impact sur le rendement de ces dernières. Ce dernier aspect concerne seulement la fève (*Vicia faba*) et l'oignon (*Allium cepa*) et il ressort de nos observations l'effet de la pollinisation entomophile sur le rendement grainier de ces plantes très communes et largement cultivées.

1. La fève (*Vicia faba* L.)

1.1. Floraison de la plante

Pour savoir s'il y'a une synchronisation entre l'évolution temporelle du nombre d'abeilles et celui des fleurs de la plante butinée en l'occurrence *V. faba*, nous avons procédé au comptage simultané des abeilles et des fleurs.

Plusieurs espèces de plantes cultivées possèdent de courtes périodes de floraison printanières, dont la fève. Durant les deux années d'observation 2016 et 2017, les floraisons de *V. faba* ont respectivement débuté le 22 février et le 15 février et se sont étalées sur 48 et 33 jours. Un plant de fève porte entre 27 et 58 fleurs (33 fleurs/plant en moyenne) groupées en inflorescences. Nous avons dénombré en moyenne 7 inflorescences par plant et 4 fleurs par inflorescence. Au cours de la floraison de *V. faba*, les fleurs se développent d'abord à la base des tiges, le développement se poursuit progressivement vers le sommet durant la semaine qui suit. La colonisation de la parcelle par les abeilles est notée dès l'apparition des premières fleurs de la fève. Leur nombre augmente graduellement au cours du temps et suit l'évolution du nombre de fleurs de *V. faba*. En effet, le nombre de visite le plus élevé est enregistré pendant la période de pleine floraison de cette plante, il a atteint son apogée le 15 mars 2016 et le 01 mars 2017 avec des pics d'abondance respectifs de 166 et de 187 individus (Fig. 15 a

et b). Vers la fin de la floraison, la densité des abeilles baisse progressivement avec le déclin de la floraison.

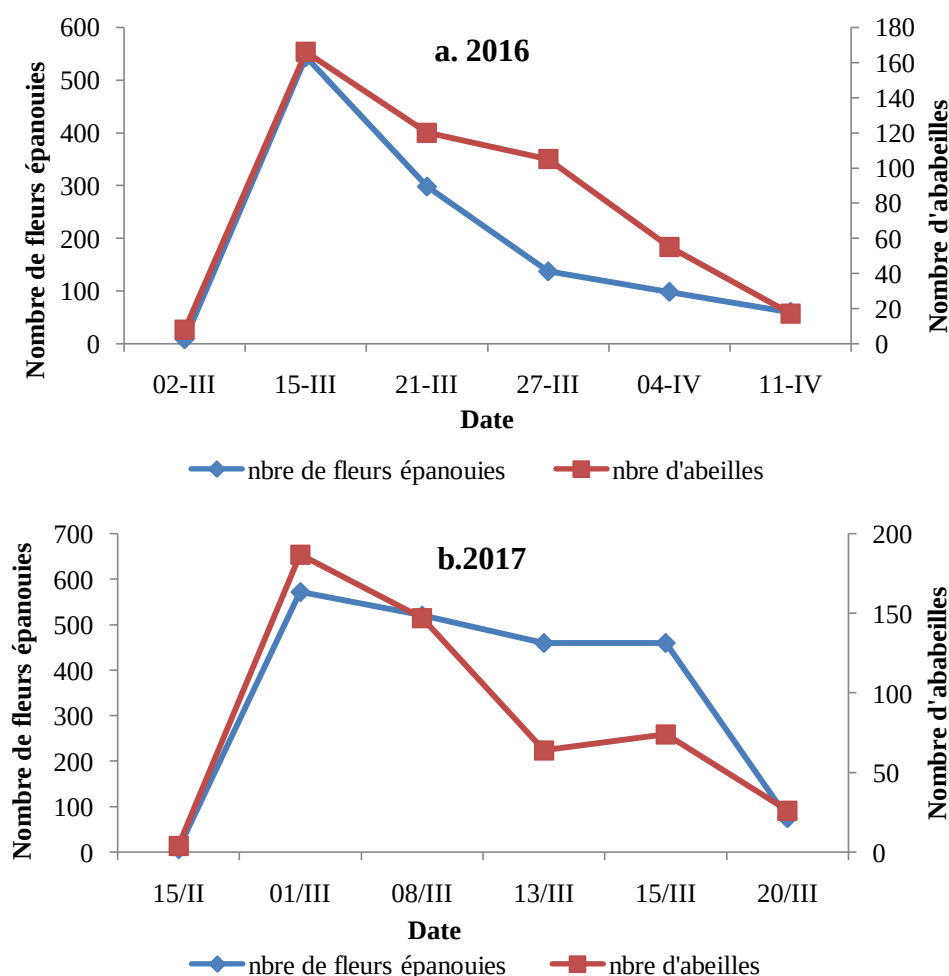


Figure 15 : Cycle de floraison de *V. faba* et densité d'abeilles pendant les floraisons de 2016 (a) et 2017 (b).

1.2. Diversité et densité des pollinisateurs

L'étude menée sur *V. faba* lors des deux floraisons révèle que cette légumineuse attire une entomofaune pollinisatrice composée presque exclusivement par des Hyménoptères apoïdes appartenant à trois familles : Apidae, Megachilidae et Andrenidae. Sept espèces sont recensées mais seules trois d'entre elles sont observées au cours des deux floraisons : *Eucera numida* Lepeletier 1841, *Apis mellifera* L. 1758 et *Xylocopa violacea* L. 1758.

Les nombres de visites observées pour les deux floraisons étudiées, sont fournis au tableau 5. Il ressort des résultats que l'espèce la plus abondante sur les fleurs de fève est l'abeille solitaire *E. numida* qui représente à elle seule plus de la moitié de l'effectif total (64%) et une densité de 8 à 17 individus pour 100 fleurs (Tab. 6). Elle est aussi la seule espèce à être présente sur les fleurs pendant toute la période de floraison. Vient en deuxième position l'abeille domestique *A. mellifera* avec 31%.

En revanche, la présence de *X. violacea* et des autres espèces n'est qu'épisodique.

Tableau 5 : Nombre de spécimens (Nind) et fréquences relatives (%Nind) des apoïdes comptabilisés lors des transects.

Famille	Espèces	N	N%
Apidae	<i>Eucera numida</i> Lepelletier 1841	494	64
	<i>Apis mellifera</i> L., 1758	243	31
	<i>Bombus terrestris</i> L. 1758	16	2
	<i>Xylocopa violacea</i> L. 1758	12	1,5
	<i>Bombus ruderatus</i> Fabricius, 1775	8	1
Megachilidae	<i>Osmia rufa</i> L. 1758	1	0,13
Andrenidae	<i>Andrena</i> . Sp.	1	0,13
Total	7 espèces	775	100

Tableau 6 : Nombre moyens des pollinisateurs par 100 fleurs de *V. faba* pendant les floraisons 2016 et 2017

Famille	Espèces	2016	2017
Apida	<i>Eucera numida</i>	8	17
	<i>Apis mellifera</i>	3	4
	<i>Xylocopa violacea</i>	<1	<1
	<i>Bombus terrestris</i>		1
	<i>Bombus ruderatus</i>		<1
Megachilidae	<i>Osmia rufa</i>		<1
Andrenidae	<i>Andrena</i> sp.	<1	

1.3. Activité de butinage des apoïdes

Au cours des deux floraisons (2016 et 2017) de *V. faba*, l'apparition des Apoïdes commence respectivement à partir de 9h et 10h lorsque les premiers rayons de soleil apparaissent et que la température atteint une moyenne de 18°C et que l'humidité relative de l'air approche 60%. Pendant les heures qui suivent, nous assistons progressivement à une augmentation du nombre d'abeilles butineuses et à la colonisation de l'espace floral. L'évolution du nombre d'abeilles (toutes espèces confondues) au cours des différentes heures de la journée (9-15h) est représentée par les figures 16. Nos résultats montrent que l'activité des abeilles change d'heure en heure. Les abeilles semblent concentrer leurs visites florales entre 12h et 15h, période qui correspond à l'ouverture optimale d'un grand nombre de fleurs de fève susceptibles d'être butinées. Durant les deux floraisons, nos observations enregistrent un nombre maximal de butineuses à 15h.

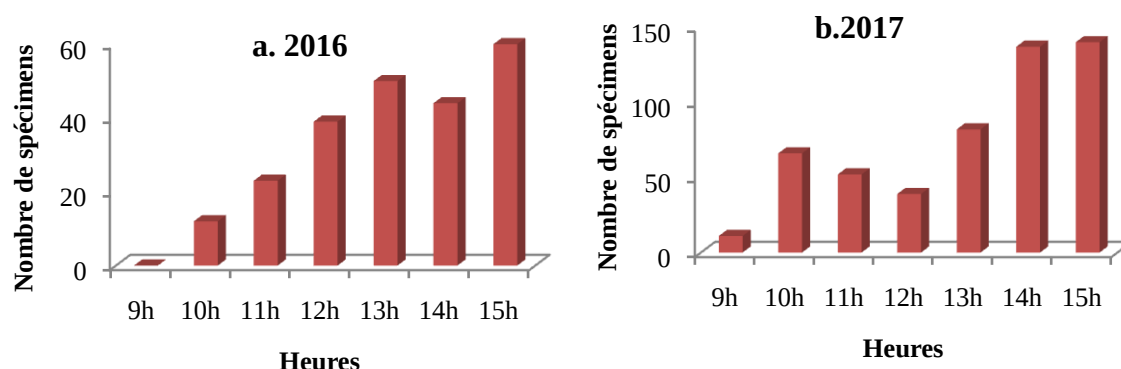


Figure 16 : Nombre total d'apoïdes enregistrés à différentes heures de journée pendant les floraisons de 2016 (a) et 2017 (b).

1.4. Comportement de butinage et efficacité pollinisatrice

Le comportement de butinage des deux espèces les plus fréquentes sur les fleurs de *V. faba*, *E. numida* et *A. mellifera*, est observé durant la floraison de 2016 et 2017. Nous avons remarqué qu'*E. numida* pratique toujours un butinage positif en pénétrant à l'intérieur de la fleur (Fig.17 a, b). Nous avons par ailleurs, noté que 47% de ces visites concernent la collecte du nectar, 13% pour le pollen et 40% pour la récolte mixte du pollen et du nectar (Tab. 7). L'abeille domestique ne pratique un butinage positif que lorsqu'elle prélève le pollen, soit dans 28% de ses visites seulement. Par contre, pour prélever le nectar (72% des visites), elle utilise toujours les trous percés par les bourdons à la base des corolles et les nectaires extra floraux (Fig. 17 c), elle puise le nectar sans toucher les étamines, ce qui ne permet pas de féconder la fleur. Pour ce qui est de la fréquence des visites, nos résultats ont montré que les visites de l'eucère sont plus fréquentes que celles de l'abeille domestique (Tab.8). Si on examine effectifs et efficacité pollinisatrice des deux floraisons pour ces deux espèces d'abeilles, on constate que 88% de la pollinisation de la fève est assurée par *E. numida*. Nous pouvons alors déduire que cette espèce est la plus performante sur cette plante.

Tableau 7. Répartition des visites florales (en %) selon le produit floral récolté et leur efficacité pollinisatrice pendant les floraisons de 2016 et 2017

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

	<i>Eucera numida</i>	<i>Apis mellifera</i>
Nombre de visites observées	494	243
P+	13%	28%
N+	47%	0%
N-	0%	72%
(P+N)	40%	0%
Total des visites pollinisantes	100%	28%

Tableau 8 : Nombre de visites observées et de visites pollinisantes des deux espèces les plus abondantes sur les fleurs de *V. faba*. (une seule visite est comptabilisée par insecte).

Floraison	Espèces	Nombre de spécimens observés (N)	N%	Nombre de visites pollinisantes (P)	P%
2016	<i>Eucera numida</i>	106	40	106	85
	<i>Apis mellifera</i>	162	60	18	15
2017	<i>Eucera numida</i>	388	83	388	88
	<i>Apis mellifera</i>	81	17	51	12
Total	<i>Eucera numida</i>	494	67	494	88
	<i>Apis mellifera</i>	243	33	69	12

**Figure 17:** Le butinage positif d'*Eucera numida* (a, b) et le butinage négatif d'*Apis mellifera* (c) sur les fleurs de fève (photographie originale, 2016).

1.5. Efficacité pollinisatrice

Nous avons évalué l'efficacité pollinisatrice de deux espèces à savoir *A. mellifera* et *E.numida*. Pour distinguer le mâle de la femelle d'*E. numida* sur le terrain, il suffit d'observer la longueur de leurs antennes qui sont beaucoup plus longues chez le mâle (Fig. 17 a et b).

L'efficacité pollinisatrice est également évaluée par la vitesse du butinage des abeilles. La répartition des espèces d'abeilles selon le nombre de fleurs visitées en fonction du temps (nombre de fleurs par minute) (Tab. 9) montre que les visites les plus fréquentes sont celles d'*E. numida* mâle (figure 17 a) qui butine les fleurs à une cadence moyenne de 9 fleurs par minute (fls/mn). Quant aux femelles de cette même espèce (figure 17 b), elles semblent être plus lentes que les mâles et aussi rapides que l'abeille domestique (6 fls/mn), elles visitent les fleurs à une cadence moyenne de 7 fleurs/mn.

Les résultats du Test de Mann Whitney ($p < 0,05$) (Tab. 9) montrent que durant la floraison de 2017, *E. numida* mâle est significativement plus rapide que la femelle.

Tableau 9 : Nombre moyen de fleurs de *V. faba* visitées par minute par les principales espèces d'abeilles durant la floraison de 2017.

($\pm$: erreur standard ; N = nombre de spécimens observés).

(Test de Mann Whitney (U); $p < 0,05$)

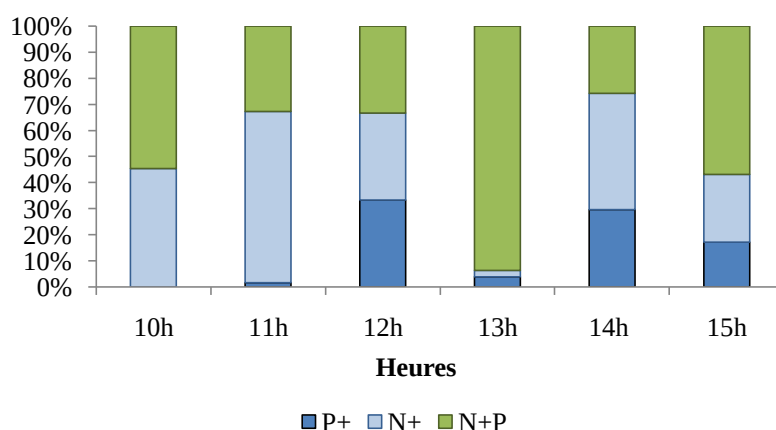
Espèces	N	vitesse	U	P
<i>Eucera numida</i> (femelle)	32	7 ± 1.36	109	0
<i>Eucera numida</i> (mâle)	32	9 ± 1.4		
<i>Apis mellifera</i>	32	6 ± 1.13		

1.6. Recherche alimentaire des abeilles

L'activité d'*E. numida* sur les fleurs de la fève débute à 10h, dont la majeure partie des visites florales sont consacrées à la récolte du nectar et la récolte mixte des deux produits (Fig. 18 a). Les plus grandes proportions de collecte du nectar sont observées à 10h et 11h de la matinée. Quant à la récolte mixte, les plus grandes proportions sont enregistrées à 13h. Le pollen est surtout prélevé à midi et à 14h. C'est au cours de l'après-midi, de 13 à 15h, que les plus grands nombres de visites, tous types confondus, sont observés.

A l'inverse, les visites florales de l'abeille domestique concernent toujours principalement la récolte de pollen (Fig. 18 b) et cela, à toutes les heures de la journée. Comme pour l'eucère, les plus grands nombres d'observations de l'abeille domestique sont notés de 13h à 15h. En outre, nous avons constaté que cette abeille 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 2016 et 2017.

a. *Eucera numida*



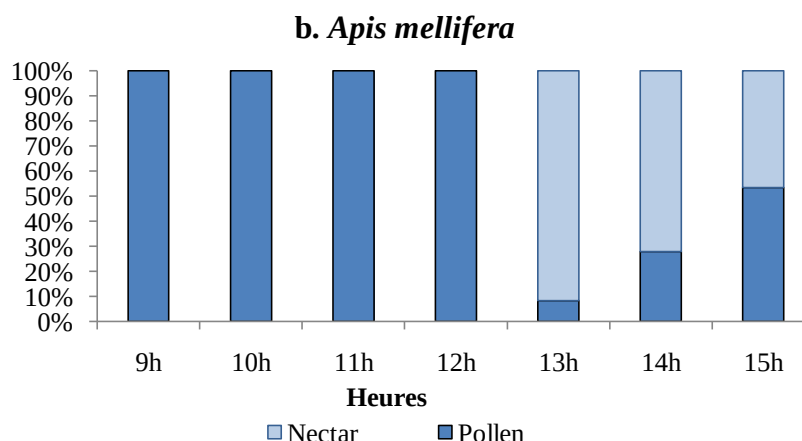


Figure 18 : Pourcentages des produits floraux récoltés par *E. numida* (a) et *A. mellifera* (b) sur *V. faba* aux différentes heures de la journée.

1.7. Evaluation de l'effet de la pollinisation entomophile sur le rendement de la fève

L'étude de l'effet de la pollinisation par les insectes sur la production de la plante lors de la floraison de 2016, montre que la présence d'insectes pollinisateurs améliore grandement le rendement de la culture de fèves.

1.7.1 Effet de la pollinisation entomophile sur le rendement en gousses

La longueur et le nombre moyen des gousses vertes issues des quadrats libres sont significativement supérieurs à ceux des graines issues des quadrats couverts (Tab. 10).

Tableau 10 : Longueur et nombre moyens des gousses vertes durant la phase de fructification *V. faba* pendant la floraison de 2016.

(U = test de Mann whitney).

	Quadrats libres	Quadrats encagés	P	U
Longueur des gousses (cm) n=nombre de gousse	(n=130) 16,41± 3.4	(n=130) 13.03 ± 2.86	0	3817.5
Nombre de gousses/plant n=nombre de plants	(n=30) 10.46 ± 4.3	(n=30) 5.23 ±3.4	0	151

1.7.2. Effet de la pollinisation entomophile sur le rendement en graines

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 plant sont aussi plus élevés sur les plants accessibles aux pollinisateurs que sur ceux encagés. Le poids moyen des graines calculé à partir de 30 échantillons de 5 graines chacun tirées aléatoirement de la récolte est aussi significativement plus grand dans les quadrats libres que dans ceux encagés (Tab.11).

Tableau 11 : Rendement grainier moyen de *V. faba* dans les quadrats libres (QL) et encagés (QE) pendant la floraison de 2016.

(U = test de Mann whitney ; t = test de Student).

	Quadrats libres	Quadrats encagés		
Poids moyen de la récolte/quadrat (g) (n : nombre de quadrat)	(n=9) 544.44 ± 113.52	(n=9) 197.22 ± 63.03	t=8.05	P=0
Poids moyen de graines (g) (n : échantillon de 5 graines)	(n=30) 10.04 ± 1.73	(n=30) 5.68±1.36	t=10.84	P=0
Poids moyen desgraines/plant(g) (n : nombre de plants)	(n=30) 50.68 ± 25.38	(n=30) 16.19 ± 11.04	U=66	P=0

Le nombre moyen de gousses et de graines par plant sont également plus élevés sur les plants libres que sur les plants encagés (Tab.12). Quant au nombre de graines avortées, il est nettement supérieur dans le cas des plantes butinées que dans le cas des plantes mises sous cage et en absence d'abeilles.

Tableau 12: Indices moyens de fertilité de *Vicia faba* pendant la floraison 2016.

	Quadrats libres	Quadrats encagés
Nombre moyen de gousses / plant	10.5	5.23
Nombre moyen de graines /plant	28	12.43
Nombre total de graines avortées	921	664

1.8. Discussion

L'étude de la densité et l'activité des Apoïdes, durant la floraison de la fève a montré que leur effectif dépend de la densité florale de la plante. Leur nombre augmente graduellement au cours du temps et suit l'évolution du nombre de fleurs de *V. faba*. Notre étude révèle donc une importante influence du nombre de fleurs sur la densité d'abeilles butineuses. Ces résultats corroborent ceux de Aouar (2009) qui a noté que la fluctuation de la densité des abeilles butineuses et la phénologie de la fève se déroulent de façon synchrone.

Les observations menées au cours des floraisons de 2016 et 2017 révèlent que l'entomofaune pollinisatrice de la plante dans la région de Tizi-Ouzou est composée en majorité d'Hyménoptères apoïdes de la famille des Apidae.

Eucera numida est l'espèce la plus abondante sur les fleurs au cours des deux floraisons. Elle constitue en moyenne 64% des visites observées. Cette situation est similaire à celle observée à Constantine (Benachour et al., 2007) et à celle observée au sud de l'Espagne (Pierre et al. 1999) où la même eucère constitue respectivement 70% et 89,4% des insectes pollinisateurs observés sur les fleurs de la fève cultivée.

L'abeille domestique vient en deuxième position en termes d'abondance. Ces résultats concordent avec ceux observés à Tizi-Ouzou (Aouar, 2009) et ceux observés à Constantine

(Benachour et *al.*, 2007). Tasei (1976) a signalé que l'Abeille domestique représente près de 80 % de la faune d'apoïdes butineuse de la fève. En Finlande, l'abeille domestique est l'espèce la plus abondante sur la fêverole avec un taux de visite de 41% (Kyllönen, 2018). *Xylocopa violacea*, *Bombus terrestris* et *Bombus ruderals* sont très peu représentés. Ces derniers sont pourtant considérés comme de bons pollinisateurs de la plante (Stoddard & Bond 1987 ; Pierre et *al.* 1997, 1999). Cette faible abondance peut être expliquée par la fréquentation et la préférence d'autres plantes dont la floraison coïncide avec celle de la fève.

En revanche, à l'exception d'une seule espèce d'Andrenidae, toutes les abeilles recensées sont des abeilles de la famille des Apidae caractérisée par une glosse longue, leur attribuant une aptitude accrue pour la récolte du nectar (Pesson et Louveaux, 1984). Cette récolte est d'autant plus difficile que la base de la fleur est profonde, comme les fleurs de fève. En Egypte, les abeilles qui visitent la fêverole sont à la fois des abeilles à longue et à courte langue (Shebl et Farag, 2015).

L'étude du comportement de butinage d'*E. numida* et d'*A. mellifera* montre que l'eucère réalise toujours un butinage positif sur les fleurs quelque soit le produit récolté, et toutes ses visites peuvent donc être fécondantes. Chez l'abeille domestique, la proportion de butinage positif est en moyenne de 28% qui correspond à la collecte de pollen. Selon Somerville (2002), la fêverole est principalement pollinisée par les abeilles collectrices de pollen. Quant à la récolte du nectar, elle correspond toujours à un butinage non fécondant car l'abeille profite des nectaires extra floraux et des trous percés à la base des corolles par *B. terrestris*. Ce comportement de butinage est également observé par plusieurs auteurs (Stoddard & Bond 1987 ; Free 1993 ; Koltowski 1996 ; Pierre et *al.* 1997 ; Pierre et *al.* 1999, Benachour et *al.* 2007 ; Aouar, 2008 ; Marzinzig 2018 et Kyllönen, 2018).

Concernant la vitesse de butinage, il paraît que *E. numida* mâle a les plus grandes vitesses de butinage par rapport à *E. numida* femelle et l'abeille domestique. Nos résultats corroborent ceux de Aouar et *al.* (2008) qui ont observé que le nombre de fleurs visitées par les Eucères est assez élevé. Benachour et *al.* (2007) ont estimé la vitesse d'*E. numida* à une valeur moyenne de 10,4 fleurs par minute. Cette valeur très proche de celle que nous avons enregistrée pour la même espèce qui butine avec une cadence de 9 fleurs par minute. Selon Tasei (1990), la rapidité de l'abeille domestique est de 6 à 8 fleurs/minute lorsqu'elle butine pour le nectar, elle est de 11 à 16 fleurs/minute si elle est butineuse de pollen. Ces résultats sont semblables aux nôtres qui ont permis d'évaluer la vitesse moyenne du butinage de l'abeille domestique à 6 fleurs/minute.

L'activité quotidienne des abeilles sur les fleurs durant la période de floraison de la fève dépend de la production du pollen et du nectar dont les quantités secrétées varient au fil de la journée (Pierre et *al.* 1996 ; Pouvreau 2004). Nos résultats dévoilent que l'activité des abeilles change d'une heure à l'autre, elles semblent concentrer leurs visites florales entre 12 et 15h, période qui correspond à l'ouverture optimale d'un grand nombre de fleurs de fève susceptibles d'être butinées. Ces résultats concordent avec ceux de Benachour et *al.* (2007), d'Aouar et *al.* (2008) et de Shebl et Farag (2015). Nos études en 2016 et 2017 montrent que la majeure partie des visites florales de l'eucère sont consacrées à la récolte du nectar dont les plus grandes proportions sont observées à 10 h et 11h de la matinée. Le pollen est surtout prélevé à midi et à 14h. Nos observations sont similaires avec celles de Benachour et *al.* (2007) qui ont noté que la proportion de visites destinées au prélèvement de nectar est plus grande de 10 h à 11h et de 15h à 16h. Selon Somerville (2002), le nectar est surtout secrété tôt le matin et tard le soir. A l'inverse, les visites florales de l'abeille domestique concernent principalement la récolte de pollen et cela, à toutes les heures de la journée mais cette espèce 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 2016 et 2017.

La présence d'insectes pollinisateurs participe à l'amélioration de la production de *V. faba*. Le rendement grainier et le nombre de gousses obtenus par pollinisation croisée sont plus élevés que ceux obtenus par autogamie. En effet, nos observations montrent que le poids de graines issues des quadrats libres est trois fois plus important que ceux issues des quadrats encagés. Nos résultats corroborent ceux obtenus par plusieurs auteurs, entre autres, Mesquida et *al.* (1990), Varis & Brax (1990), Koltowski (1996), Musallam et *al.* (2004), Benachour et *al.* (2007), Aouar et *al.* (2008), Gasim et Abdelmula (2018) et Marzinzig et *al.* (2018).

Concernant la taille des gousses, nous avons constaté que ces dernières sont plus longues dans les quadrats libres que dans les quadrats couverts. Ces résultats concordent avec ceux d'Aouar et *al.* (2008) qui ont trouvé que les gousses issues des parcelles libres mesurent en moyenne 24,8cm contre 21,1cm pour celles issues des parcelles encagées. Selon Barbier cité par Aouar (2009), les gousses issues de la pollinisation croisée ou entomophiles sont celles ayant une longueur importante et qui contiennent plus de graines que celles obtenues après l'autofécondation.

Pour ce qui concerne le nombre élevé de graines avortées dans les parcelles libres peut être expliqué selon Tamas et *al.* (1979) et Stephenson (1980) cité par Benachour (2008) par le fait que 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.

2. Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.)

2.1. Floraison de la plante

La floraison de cette légumineuse a débuté le 23 Avril 2017 et s'est étalée sur 25 jours. Au cours de la floraison de *C. arietinum*, les fleurs se développent d'abord à la base des tiges, le développement se poursuit progressivement vers le sommet durant la semaine qui suit.

L'observation des abeilles est marquée dès l'apparition des premières fleurs du pois chiche. Leur nombre augmente progressivement au cours du temps et suit l'évolution du nombre de fleurs de cette légumineuse. Les taux de visites les plus élevés sont enregistrés pendant la période de pleine floraison de cette plante entre le 03 Mai et le 10 Mai (2017) (Fig.19). Vers la fin de la floraison, la densité des abeilles baisse progressivement avec le déclin de la floraison.

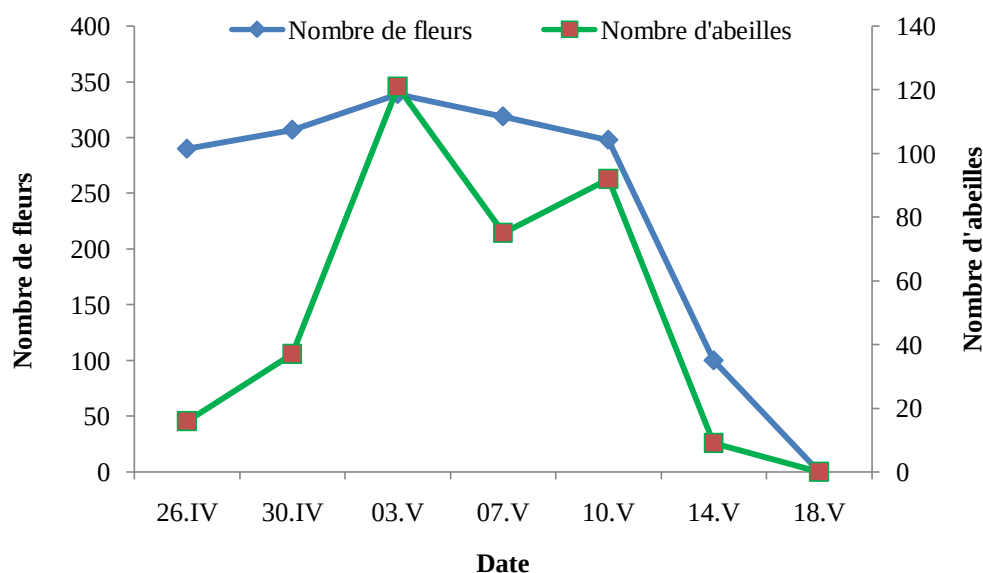


Figure 19 : Cycle de floraison de *Cicer arietinum* et densité d'abeilles pendant la floraison de 2017.

2.2. Diversité et densité des pollinisateurs

L'étude menée sur *C. arietinum* L. montre que cette légumineuse attire une entomofaune pollinisatrice composée presque exclusivement par des Hyménoptères apoïdes appartenant à trois familles : Apidae, Megachilidae et Andrenidae. Huit espèces sont recensées mais seules deux d'entre elles sont dominantes : *Eucera decolorata* Gribodo, 1924 et *Eucera eucnemidea* Dours, 1873 (Tab.13) qui représentent à elles seules plus de la moitié

de l'effectif total (72%). Ces deux espèces ont une densité moyenne de 9.24 à 9 individus pour 100 fleurs respectivement (Tab. 14). En troisième et quatrième position vient respectivement l'abeille domestique *Apis mellifera* et *Lithurgus chrysurus* (3,1 et 2.8 individus).

Par contre, la présence de *Anthophora quadricolor* et des autres espèces n'est qu'épisodique.

Tableau 13 : Nombre de spécimens (Nind) et fréquences relatives (%Nind) des apoïdes comptabilisés lors des transects

Famille	Espèces	N	N%
Apidae	<i>E. decolorata</i> Gribodo, 1924	126	37.61
	<i>E. eucnemidea</i> Dours, 1873	114	34.03
	<i>A. mellifera</i> L. 1758	41	12.24
	<i>Anthophora quadricolor</i> Erichson, 1840	7	2.09
Megachilidae	<i>Lithurgus chrysurus</i> Fonscolombe, 1834	43	12.84
	<i>Megachile</i> sp.	2	0.60
	<i>Anthidium</i> sp.	1	0.30
Andrenidae	<i>Andrena</i> sp.	1	0.30
Total	8 espèces	335	100

Tableau 14 : Nombre moyens des pollinisateurs par 100 fleurs de *Cicer arietinum* pendant la floraison 2017.

Famille	Espèces	Densité
Apidae	<i>E. decolorata</i>	9.24
	<i>E. eucnemidea</i>	9
	<i>A. mellifera</i>	3.1
	<i>Anthophora quadricolor</i>	<1
Megachilidae	<i>Lithurgus chrysurus</i>	2.8
	<i>Megachile</i> sp.	<1
	<i>Anthidium</i> sp.	<1
Andrenidae	<i>Andrena</i> sp.	<1

2.3. Activité de butinage des apoïdes

L'activité journalière et le comportement de butinage d'*E. decolorata*, *E. eucnemidea*, *A. mellifera* et *L. chrysurus* sont observés au cours de la floraison du pois chiche. Les quatre espèces débutent leur butinage sur les fleurs à 9h, leur activité s'intensifie à 10h et 11h puis chute à 12h. L'activité des abeilles reprend à 13h, puis fluctue durant les heures qui suivent (Fig. 20).

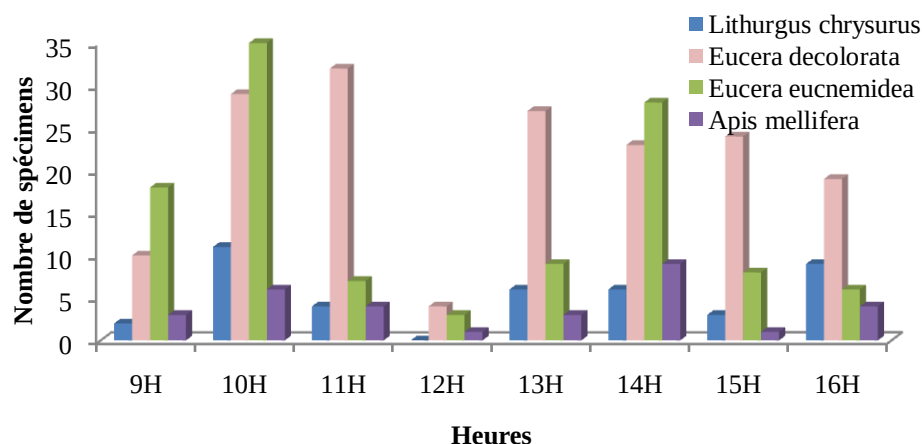


Figure 20 : Activité journalière des abeilles sur les fleurs de *C. arietinum* pendant la floraison de 2017.

2.4. Comportement de butinage et efficacité pollinisatrice

L'étude du comportement des abeilles observées sur la plante n'a pas révélé la collecte du pollen par ces insectes. La totalité des visites sont consacrées à la récolte de nectar.

Quant à l'étude de l'efficacité pollinisatrice, nous avons observé la vitesse du butinage d'*E. decolorata* et *E. eucnemidea*. Pour cela, nous avons mesuré le nombre de fleurs visitées en une minute par une trentaine d'individus de chacune de ces espèces d'abeilles. Les résultats soumis au Test de Mann Whitney ($p < 0,05$) montrent que durant la floraison de 2017,

E. decolorata est significativement plus rapide (13.9 ± 1.81 fleurs/minute) que *E. eucnemidea* (8.4 ± 1 fleurs/minute) (Tab.15).

Tableau 15 : la vitesse de butinage d'*E. decolorata* et *E. eucnemidea* sur les fleurs de *Cicer arietinum* durant la floraison de 2017 (Test de Mann Whitney (U); $p < 0,05$; $\pm$: erreur standard ;).

Espèces	Nombre de spécimens observés	Vitesse (fleurs/min)	U	P
<i>Eucera decolorata</i>	30	13.9 ± 1.81	5	0
<i>Eucera eucnemidea</i>	30	8.4 ± 1		

2.5. Discussion

L'étude menée sur *C. arietinum* pendant la floraison de 2017 a montré que la plante est visitée par une entomofaune pollinisatrice composée presque exclusivement par des Hyménoptères apoïdes appartenant à trois familles : Apidae, Megachilidae et Andrenidae. Les visites florales d'*E. decolorata*, *E. eucnemidea*, *A. mellifera* et *L. chrysurus* sont abondantes en comparaison avec celles des autres abeilles. Quant aux *Megachile* sp., *Anthidium* sp. et *Andrena* sp., elles n'ont enregistré que des visites occasionnelles. Nos

résultats corroborent ceux de Louadi (1999) à Constantine où il a observé les deux premières familles d'apoïdes sur le pois chiche. Ces deux familles (Apidae, Megachilidae) sont caractérisées par une langue longue, ce qui permet la fréquentation de ces fleurs qui sont caractérisées par une corolle papilionacée.

Les eucères de la famille des Apidae sont les abeilles les plus abondantes sur les fleurs du pois chiche. Elles constituent plus de 71% de l'ensemble des visites observées sur cette plante. Cette situation est similaire à celle notée à Constantine par Louadi (1999) où *E. eucnemidea* constitue l'espèce la plus abondante sur cette légumineuse. Cependant, en Inde, Abdul Latif et al. (2019) ont noté deux espèces de la famille d'Apidae, *Apis dorsata* et *Apis florea*, qui ont marqué l'abondance la plus élevée sur les fleurs de pois chiche.

L'étude de l'activité journalière des abeilles étudiées sur les fleurs de *C. arietinum* a révélé une intense activité durant la phase matinale à 10h et 11h. Ces résultats concordent avec ceux de Louadi (1999) qui a noté une activité maximale d'*E. eucnemidea* à 10h.

L'observation du comportement de butinage des quatre espèces les plus abondantes n'a pas révélé la collecte du pollen par ces abeilles. Selon les observations de Louadi (1999), la difficulté d'accès aux anthères de pois chiche est provoquée par la morphologie florale dont la fleur présente un étendard et deux carènes fermés. Pour cela, seul le nectar est prélevé par les abeilles. Ces résultats confirment les études effectuées à Punjab (Inde) par Batra (1979) (cité par Louadi, 1999). Ces dernières ont révélé que les abeilles visitent le pois chiche sans pour autant réaliser de pollinisation. Quant à l'étude de l'efficacité pollinisatrice, nos résultats ont dévoilé que *E. decolorata* est plus efficace que *E. eucnemidea*. Par contre en Inde, c'est *A. florea* qui a marqué la vitesse la plus grande (Abdul Latif et al., 2019).

En conclusion, malgré que le pois chiche est connu pour l'autopollinisation, plusieurs études montrent qu'une pollinisation croisée peut avoir lieu, Hawtin (1978) a estimé que la pollinisation par les insectes est seulement de 2 %. A travers nos observations, huit espèces d'abeilles ont été recensées sur les fleurs de cette plante dont *E. decolorata* et *E. eucnemidea* ont enregistré les abondances et les vitesses de butinage les plus élevées. La fréquentation de ces insectes des fleurs à pollinisation libre a provoqué une pollinisation croisée qui va finalement conduire à un meilleur rendement des cultures.

3. Oignon (*Allium cepa* L.)

3.1. Floraison de la plante

Les floraisons ont débuté le 12 Mai 2016 et le 25 Mai 2017 et se sont étalées respectivement sur 42 et 24 jours (Fig.21 a et b). Un plant d'oignon porte entre 1 et 4 inflorescences. La floraison de la plante a été nettement plus réduite en 2017 comparée à la floraison de l'année 2016, en raison d'un hiver plus sec et un été très chaud caractérisé par des températures caniculaires en 2017.

La colonisation de la parcelle par les abeilles est notée dès l'apparition des premières fleurs de *A. cepa*. Leur nombre augmente graduellement au cours du temps et suit l'évolution du nombre de fleurs de cette plante. Les taux de visites les plus élevés sont enregistrés pendant la période de pleine floraison de l'oignon le 26 Mai 2016 et le 01 juin 2017. Vers la fin de la floraison, le nombre d'abeilles baisse progressivement avec le déclin de la floraison.

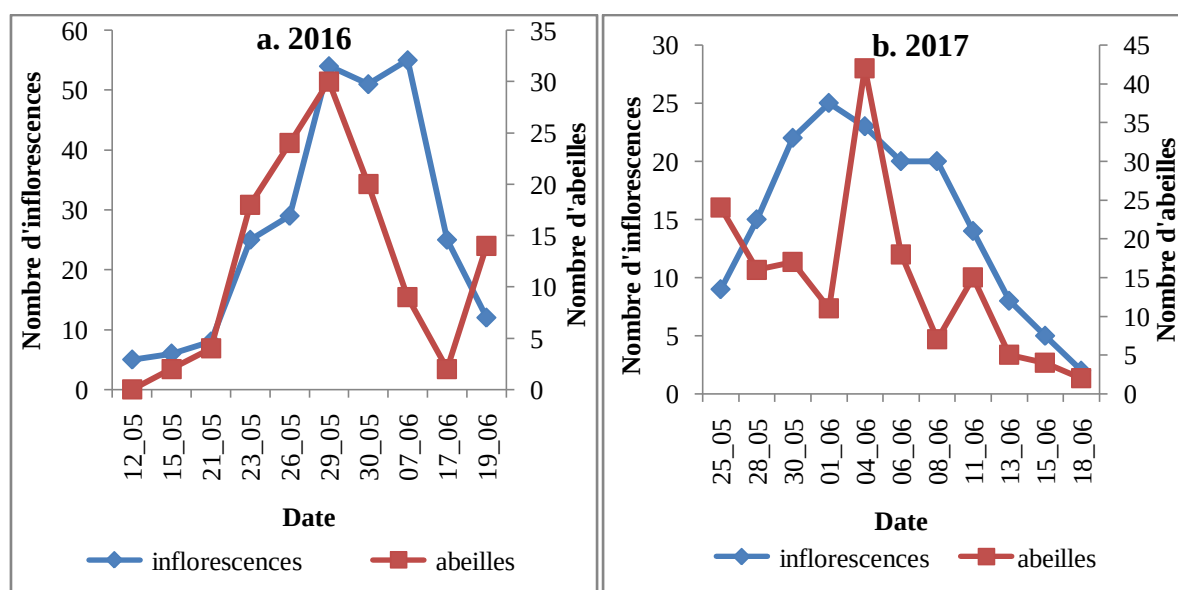


Figure 21: Cycle de floraison d'*Allium cepa* et le nombre d'abeilles enregistré pendant la floraison de 2016 (a) et 2017 (b).

3.2. Diversité et densité des pollinisateurs

Les observations menées lors des deux périodes de floraison montrent que les insectes qui butinent les fleurs de *A. cepa* sont tous des Hyménoptères apoïdes appartenant à deux familles : Apidae et Halictidae. Sept espèces sont recensées mais seules quatre d'entre elles sont observées au cours des deux floraisons, il s'agit de *Apis mellifera*, *Lasioglossum malachurum*, *Lasioglossum pauxillum* et *Halictus gemmeus*. En outre, les trois premières espèces sont relativement très abondantes. *A. mellifera* est aussi la seule à être présente sur les fleurs pendant toute la période de floraison. La présence de *Bombus terrestris* et des autres

espèces n'est qu'épisodique. Les nombres de visites observées pour ces trois espèces durant les deux floraisons successives étudiées sont fournis au tableau 16.

Tableau 16 : Nombre de spécimens (N) et la fréquence relative des Apoïdea identifiés sur *Allium cepa* durant les floraisons 2016 et 2017.

Famille	Espèces	2016		2017	
		N	N%	N	N%
Halictidae	<i>Halictus gemmeus</i>	2	0.97	2	1.28
	<i>Lasioglossum malachurum</i>	59	28.64	37	23.72
	<i>Lasioglossum pauxillum</i>	47	22.82	46	29.49
	<i>Lasioglossum</i> sp.	1	0.49		
	<i>Sphecodes</i> sp.	1	0.49		
Apidae	<i>Apis mellifera</i>	95	46.12	71	45.51
	<i>Bombus terrestris</i>	1	0.49		
Total	7 espèces	206	100	156	100

L'estimation de la densité des espèces d'abeilles rencontrées sur les fleurs d'oignon montre que parmi les Halictidae, *L. malachurum* et *L. pauxillum* sont les plus abondantes sur les fleurs durant les deux années d'observation avec un nombre moyen de 50 et 43 individus par 100 fleurs pour la 1^{ère} espèce et de 42 et 62 individus pour la seconde (Tab.17). Les visites de *H. gemmeus* sont moins nombreuses.

Parmi les Apidae, c'est *A. mellifera* qui est fréquente sur les fleurs, avec une densité de 37 à 44 individus selon la période d'observation.

Tableau 17 : Nombre moyens des pollinisateurs par 100 fleurs d'*Allium cepa* pendant les floraisons 2016 et 2017

famille	espèces	2016	2017
Halictidae	<i>Halictus gemmeus</i> Dours 1872	4	4
	<i>Lasioglossum malachurum</i> Kirby 1802	50	43
	<i>Lasioglossum pauxillum</i> Schenck 1853	42	62
	<i>Lasioglossum</i> sp.	<1	
	<i>Sphecodes</i> sp.	<1	
Apidae	<i>Apis mellifera</i> L. 1758	37	44
	<i>Bombus terrestris</i> L. 1758	<1	

3.3. Activité de butinage des apoïdes

Au cours de la floraison de 2016 d'*A. cepa*, l'apparition des Apoïdes commence à partir de 8h. Pendant les heures qui suivent, on assiste progressivement à une augmentation du nombre d'abeilles butineuses et à la colonisation de l'espace floral. L'évolution du nombre d'abeilles (toutes espèces confondues) au cours des différentes heures de la journée (8-14h) est représentée par la figure 22 a. Nos résultats montrent que l'activité des abeilles change d'heure en heure. Elles semblent concentrer leurs visites florales entre 10h et 11h, période qui

correspond à l'ouverture optimale d'un grand nombre de fleurs de l'oignon susceptibles d'être butinées. Durant la floraison de 2017, les observations ont été effectuées que pendant la période matinale à cause de forte chaleur enregistrée. En effet, Les abeilles commencent à voler à partir de 7H et enregistrent un nombre maximal de butineuses à 8h (Fig.22b).

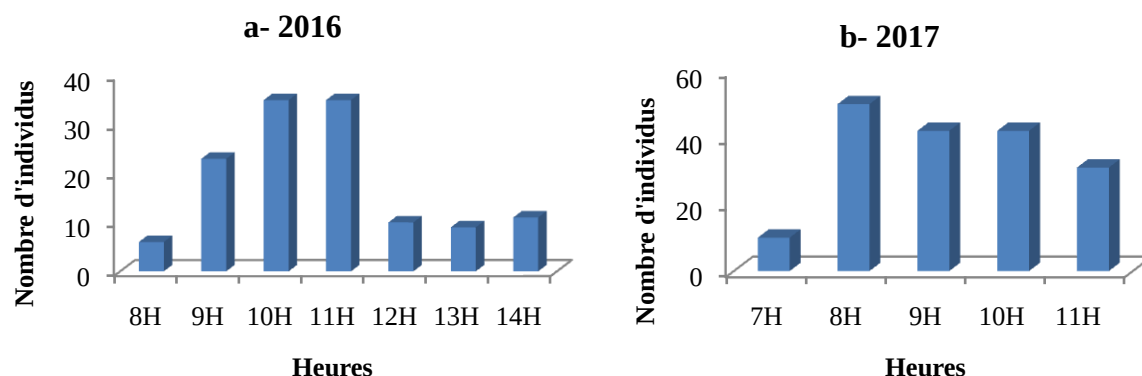


Figure 22 : Nombre total d'apoïdes enregistrés à différentes heures de journée pendant les floraisons de 2016 (a) et 2017 (b).

3.4. Comportement de butinage et efficacité pollinisatrice

La morphologie florale des plantes influence le comportement de butinage des Apoïdes : la position relative des stigmates et des anthères est, en effet, un caractère important pour la pollinisation. Malgré que le stigmate et les anthères de l'oignon sont presque au même niveau ces derniers libèrent le pollen avant que le stigmate ne soit réceptif. Dans cette étude, seul le comportement de butinage des trois espèces les plus fréquentes sur les fleurs, à savoir, *Apis mellifera*, *L. malachurum* et *L. pauxillum* est observé. Nous avons remarqué que toutes ces abeilles effectuaient des visites pollinisantes. En effet, elles introduisent la tête dans le cœur de la fleur, réalisant ainsi une visite frontale (avec contact des stigmates).

Pendant la floraison de 2017, 85% des visites de *L. malachurum* concernent la récolte mixte et environ 15% à la récolte de pollen. Concernant *L. pauxillum*, 19% de ces visites sont consacrées au pollen, 8% au nectar et 73% à la récolte mixte (Tab.18). Ces deux espèces exécutent toujours un butinage positif sur les fleurs. Elles pénètrent à l'intérieur de la fleur pour prélever soit le pollen, soit le nectar, soit les deux, ce qui déclenche la colonne staminale qui provoque la libération de pollen. Quant à l'abeille domestique, toutes ses visites sont enregistrées pour la récolte de nectar. En effet, pour prélever le nectar, l'abeille se pose sur la fleur tout en excitant la colonne staminale. Les visites de ces trois espèces peuvent donc toute être fécondantes.

Tableau 18. Répartition des visites (en %) d'*A. mellifera*, *L. malachurum* et *L. pauxillum* sur *Allium cepa* selon le produit floral récolté et efficacité pollinisatrice de ces visites pendant la floraison de 2017

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

	<i>A. mellifera</i>	<i>L. malachurum</i>	<i>L. pauxillum</i>
Nombre de visites observées	79	33	64
P+	0	15%	19%
N+	100%	0	8%
N-	0	0	0
(P+N)+	0	85%	73%
Total des visites pollinisantes	100%	100%	100%

Si on considère le nombre de fleurs visitées par minute, les visites les plus fréquentes ont été enregistrées pour l'abeille domestique qui a butiné les fleurs avec un taux moyen de 13 et de 12 fleurs par minute (fls/min) en 2016 et en 2017. *L. malachurum* et *L. pauxillum* sont venus en deuxième et troisième position (Tab.19).

Tableau 19 : Vitesse de butinage d'*A. mellifera*, *L. malachurum* et *L. pauxillum* sur *Allium cepa* pendant les deux floraisons. (N = nombre de spécimens observés ; $\pm$: écart type)

Floraison	Espèce	N	Nombre moyen de fleurs visites par minute
2016	<i>Apis mellifera</i>	30	13 $\pm$ 3,21
	<i>Lasioglossum malachurum</i>	23	10 $\pm$ 1,6
	<i>Lasioglossum pauxillum</i>	24	9 $\pm$ 1,7
2017	<i>Apis mellifera</i>	30	12 $\pm$ 3,68
	<i>Lasioglossum malachurum</i>	17	11 $\pm$ 1,4
	<i>Lasioglossum pauxillum</i>	21	9 $\pm$ 0,9

3.5. Recherche alimentaire des abeilles

Les observations menées durant l'année 2017 sur les visites florales, ont été réalisées que durant les heures matinales à cause des fortes chaleurs enregistrées pendant la floraison de l'oignon.

Pour les espèces du genre *Lasioglossum*, la majeure partie des visites florales au cours de la floraison 2017, concerne la récolte mixte de nectar et de pollen (Fig.23, a-b). Les plus grandes proportions de collecte sont observées de 7h à 9h de la matinée. Quant au pollen, *L. pauxillum* commence à le collecter à partir de 8h, cette récolte est nettement plus importante à 10h et 11h. *L. malachurum* débute le prélèvement du pollen à 10h, un prélèvement qui atteint son apogée également à 11h. La collecte du nectar n'est par contre observée que chez *L. pauxillum* qui le récolte qu'à 8h. A l'inverse, les visites florales de l'abeille domestique

concernent exclusivement la collecte de nectar (Fig.23 c) et ce, durant toutes les heures de l'observation.

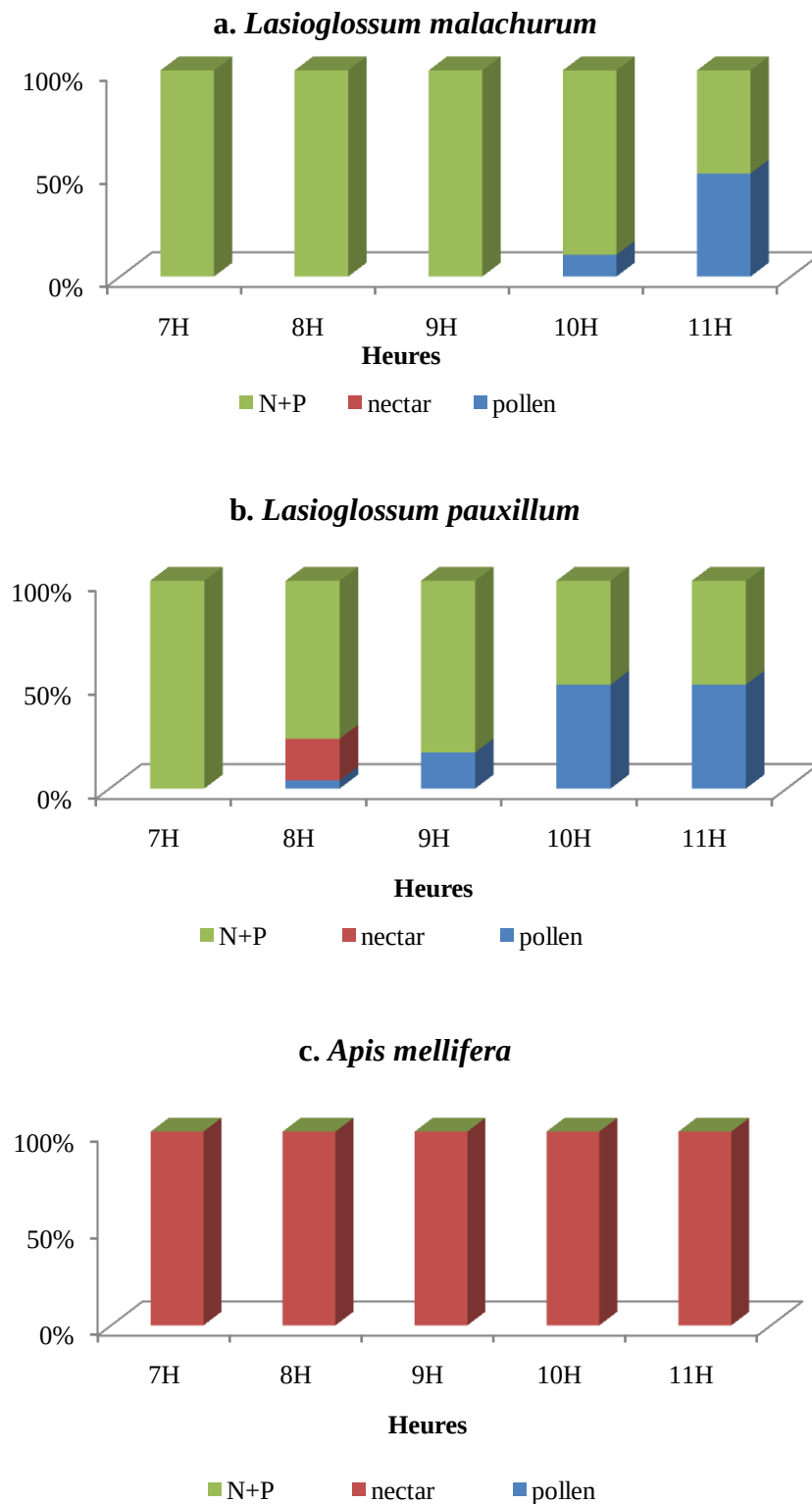


Figure 23 : Pourcentages des produits floraux récoltés par *L. malachurum* (a), *L. pauxillum* (b) et *A. mellifera* (c) sur *Allium cepa* aux différentes heures de la matinée (floraison 2017).

3.6. Effet de la pollinisation entomophile sur le rendement grainier

Nos résultats ont montré que la présence d'abeilles butineuses améliorait considérablement le rendement de la culture d'oignon, enregistrant un avantage économique d'environ 98% pour le poids moyen des graines par quadrat et par plante. Le poids moyens de la récolte par quadrat et par plant est significativement plus élevé sur les plants accessibles aux pollinisateurs que sur ceux encagés (Tab.20).

Le nombre moyen de graines et le nombre de capsules de graines par plant sont également significativement plus élevés sur les plants libres. De plus, la taille des graines issues des parcelles libres apparaît plus grande et leur aspect plus lisse et plus uniforme (Fig. 24).

Tableau 20 : Rendement grainier moyen d'*Allium cepa* dans les quadrats libres (QL) et encagés (QE) pendant la floraison de 2016. (U = test de Mann Whitney : $p < 0,05$).

	QL	QE	U
Poids moyen de graine/quadrat (gr)	4.14 ± 3.5	0.09 ± 0.05	0
Poids moyen de graine/plant (gr).	1.3 ± 1.4	0.03 ± 0.04	0
Nombre moyen de capsules de graine/plant	186 ± 203	4 ± 6	0
Nombre moyen de graine/plant	557 ± 611	12 ± 18	0



-a-



-b-

Figure 24 : graines de l'oignon issues de plants libres (a) et de plants encagés (b).

3.7. Discussion

Les observations réalisées sur l'oignon *Allium cepa* lors des floraisons de 2016 et de 2017 ont montré que les fleurs de cette Liliaceae attirent de nombreux visiteurs qui sont en majorité des Hyménoptères apoïdes de la familles des Halictidae et Apidae. L'abeille domestique *A. mellifera*, *L. malachurum* et *L. pauxillum* sont les espèces les plus abondantes sur les fleurs au cours des périodes d'étude. Ces résultats corroborent ceux de plusieurs auteurs qui ont étudié la pollinisation des cultures d'oignons. Aux Etats-Unis, Nye et *al.* (1973) ont observé trois familles d'Apoïdes (Apidae, Halictidae et Andrenidae). En Pakistan,

Asif et *al.* (2008) ont dénombré une seule famille, celle des Apidae et en Cameroun, Georges et *al.* (2014) ont recensé 3 familles à savoir les Apidae, Megachilidae et Halictidae.

Dans la présente étude, l'abeille domestique est l'espèce la plus abondante, elle englobe en moyenne 46% des visites observées. Cette situation est similaire à celle observée par Georges et *al.* en 2014 à l'extrême-Nord de Cameroun où la même espèce constitue 45% des insectes pollinisateurs des fleurs de l'oignon.

L. pauxillum et *L. malachurum* viennent respectivement en deuxième et troisième position en termes d'abondance. Quant aux autres Apoïdes, notamment *B. terrestris*, *H. gemmeus* et *Sphecodes sp*, ils sont très peu représentés. Cette faible densité serait due à l'attractivité des autres plantes en fleurs à proximité de la culture d'oignon. En effet, dans une étude récente (Korichi, 2015) que nous avons menée sur les choix floraux des abeilles sur le même site, nous avons constaté que ces espèces étaient d'avantage attirées par les plantes spontanées, notamment *Echium australe* (Boraginaceae), *Centaurium umbellatum* (Gentianaceae), *Hysoseris radiata* et *Echinops spinosus* (Asteraceae). Selon Franklin (1970), le manque d'attractivité des oignons pour les abeilles peut les amener à négliger la culture, en particulier si une autre culture très attrayante est en fleurs.

Par ailleurs, l'observation du comportement de butinage des Apoïdea montre que toutes les espèces rencontrées effectuent toujours un butinage positif quelque soit le produit récolté, toutes ses visites peuvent donc être fécondantes et bénéfiques. A ce propos, Jones (1937) a noté que la pollinisation de l'oignon est principalement effectuée par des insectes qui visitent les nectaires à la base des trois étamines internes. Pour extraire le nectar, les apoïdes doivent donc toucher les étamines, ce qui déclenche les anthères à libérer le pollen.

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 2017 montrent que tous les spécimens d'*A. mellifera* récoltent exclusivement le nectar durant toute la période de floraison. Ces résultats sont semblables à ceux de Benedek et Gaal (1972) qui ont constaté que, sur les inflorescences d'oignons, les abeilles récoltent presque exclusivement le nectar; le nombre de collecteurs de pollen vus chaque fois au cours des observations représente moins de 1% du nombre total d'abeilles. Georges et *al.* (2014) ont trouvé que 77% des visites de l'abeille domestique sont consacrées à la collecte du nectar. En revanche, selon Jean-Marie (1991), certaines abeilles domestiques butinent seulement le nectar et d'autres à la fois le nectar et le pollen. De plus, Collison (1973) rapporte que beaucoup d'abeilles qui collectent le pollen changent plus tard pour la collecte de nectar.

A l'inverse, selon notre étude, *L. malachurum* et *L. pauxillum* recherchent le pollen et le nectar et ils récoltent principalement les deux produits à la fois durant toutes les heures d'observation. La première espèce consacre les trois premières heures qu'à la récolte mixte de ces deux produits, et elle collecte le pollen de 10H à 11H. Par contre, *L. pauxillum* commence à collecter le pollen à partir de 8H et elle récolte le nectar seul qu'à cette heure de la journée.

En ce qui concerne le rendement de la culture d'*Allium cepa*, nous avons remarqué que la présence d'insectes pollinisateurs contribue grandement à l'amélioration de la production. Le rendement grainier obtenu par pollinisation croisée est plus élevé que celui obtenu par autogamie. Des résultats concordants, en comparant quadrats libres et quadrats encagés, ont été obtenus par Benedek et Gaal (1972), Zdzislaw et al. (2004), Asif et al. (2008), Mortaza et al. (2013) George et al. (2014) et Aniruddha et al. (2014). En effet, nos résultats ont révélé que le poids des graines obtenu après pollinisation par les abeilles était de 90 fois plus élevé que celui obtenu sans abeilles. Des résultats similaires ont également été observés par Zdzislaw et al. (2004) qui ont trouvé que le nombre de graines produites par autopollinisation est 10 fois moins important que celle produite par la pollinisation croisée. Selon Vaissière (2005), la pollinisation par les abeilles contribue pour 66 % de la production de semence dans une variété dont les plantes auto-fertiles produisent du pollen.

En conclusion, dans la région de Tizi-Ouzou comme en Cameroun, en Inde et en Pakistan *A. mellifera* reste le principal pollinisateur d'*A. cepa* avec un butinage qui peut être fécondant dans 100% des visites, un nombre de visites qui représente plus 45% du nombre total de visites observées. *L. malachurum* et *L. pauxillum* sont aussi très efficaces pour la pollinisation de cette plante.

Il est alors suggéré de conserver et de protéger les sites de nidification dans les zones avoisinantes des cultures et d'éviter l'utilisation injustifiée de pesticides pendant la période de floraison. Ces apoïdes peuvent sans doute jouer un rôle non négligeable dans la pollinisation des cultures où leur densité est assez élevée.

4. Laitue (*Lactuca sativa* L.)

4.1. Floraison de la plante

Les floraisons ont débuté le 14 Juin 2016 et le 08 Juin 2017 et se sont étalées respectivement sur 26 et 24 jours. La laitue est caractérisée par une inflorescence en capitule dont un plant porte entre 10 et 25 inflorescences.

La colonisation de la parcelle par les abeilles est notée dès l'apparition des premières fleurs de la laitue. Leur nombre augmente progressivement au cours du temps et suit l'évolution du nombre de fleurs. Les taux de visites les plus élevés sont enregistrés pendant la période de pleine floraison de cette plante entre le 26 Juin 2016 et le 28 Juin 2017 (Fig.25). Vers la fin de la floraison, la densité des abeilles baisse progressivement avec le déclin de la floraison.

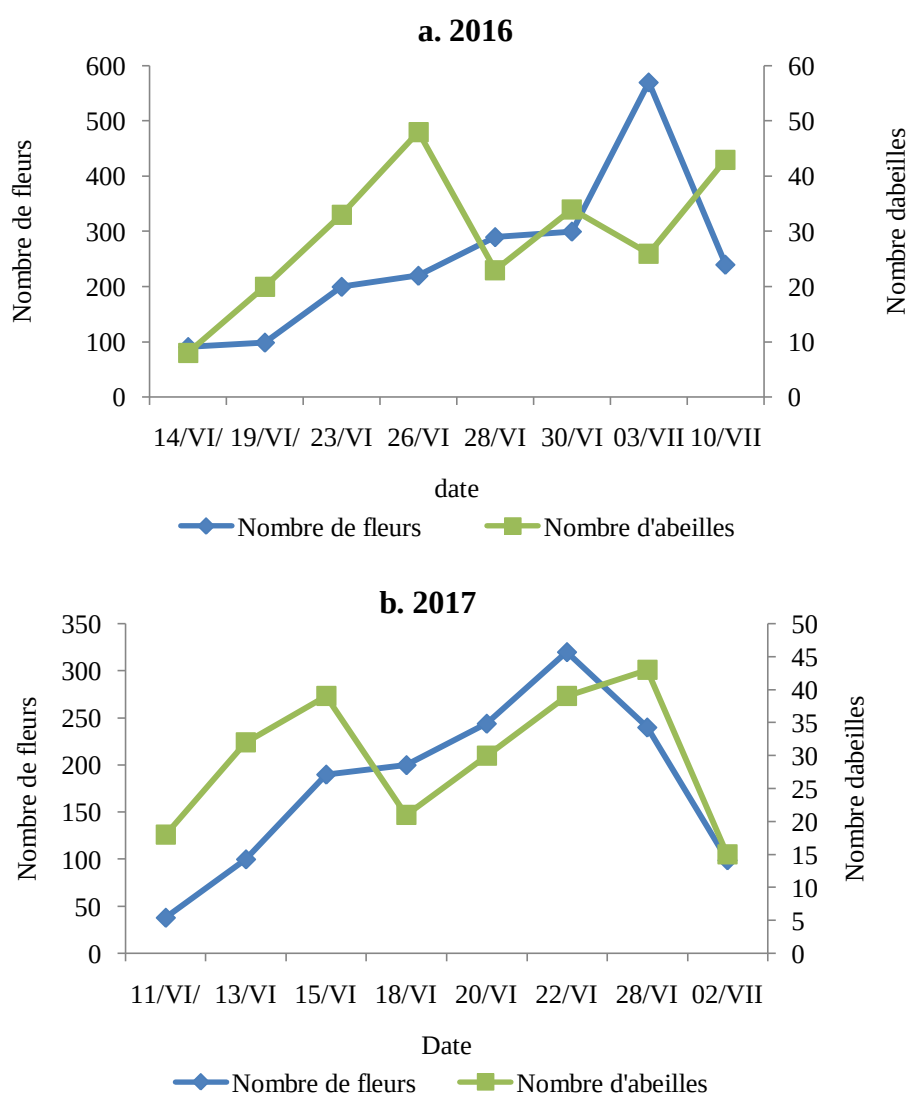


Figure 25 : Cycle de floraison de *Lactuca sativa* L. et densité d'abeilles pendant les floraisons de 2016 (a) et 2017 (b).

4.2. Diversité et densité des pollinisateurs

L'étude réalisée sur *Lactuca sativa* lors des deux floraisons révèle que cette plante attire une entomofaune pollinisatrice composée presque exclusivement par des Hyménoptères apoïdes appartenant à deux familles : Halictidae et Apidae. Six espèces d'abeilles sont recensées sur la plante et sont présentes durant les deux floraisons (Tab.21). La famille des Halictidae est la plus abondante sur les fleurs de la laitue et deux espèces du genre *Lasioglossum* : *L. malachurum* et *L. pauxillum*, ont marqué les plus grands nombres de visite et représentent à elles seules plus de la moitié de l'effectif total (74% et 78%) et une densité de 5 à 8 individus pour 100 fleurs (Tab.22). Quant aux *Apis mellifera* et *Eucera eucnemidea* (Apidae), elles ont enregistré une faible présence sur la plante.

Enfin, la présence de *L. smaragdellus* et *H. scabiosae* n'est qu'épisodique.

Tableau 21: Nombre de spécimens (Nind) et fréquences relatives (%Nind) des apoïdes comptabilisés lors des transects durant les floraisons 2016 et 2017.

Famille	Espèces	N		N%	
		2016	2017	2016	2017
Halictidae	<i>L. malachurum</i>	95	96	42	40
	<i>L. pauxillum</i>	72	92	32	38
	<i>L. smaragdellus</i>	3	3	1	1
	<i>Halictus scabiosae</i>	7	5	3	2
Apidae	<i>A. mellifera</i>	18	16	8	7
	<i>E. eucnemidea</i>	33	29	14	12
Total	6 espèces	228	241	100	100

Tableau 22: Nombre moyens des pollinisateurs par 100 fleurs de *Lactuca sativa* durant les floraisons de 2016 et 2017

Famille	Espèces	2016	2017
Halictidae	<i>L. malachurum</i> Kirby, 1802	6	8
	<i>L. pauxillum</i> Schenck, 1853	5	7
	<i>Lasioglossum smaragdellus</i>	<1	<1
	<i>Halictus scabiosae</i> Rossi, 1790	<1	<1
Apidae	<i>A. mellifera</i> L., 1758	1	2
	<i>Eucera eucnemidea</i> Dours, 1873	3	3

4.3. Activité de butinage des apoïdes

Au cours des deux floraisons de 2016 et 2017 de *L. sativa*, les Apoïdes débutent leur activité à partir de 7h. Les visites de ces abeilles sur les fleurs sont plus fréquentes durant la deuxième et la troisième période d'observation (8h et 9h) lorsqu'un maximum de fleurs est épanoui. A partir de 10h, les visites de l'abeille diminuent car beaucoup de fleurs commencent à se fermer (fig. 26).

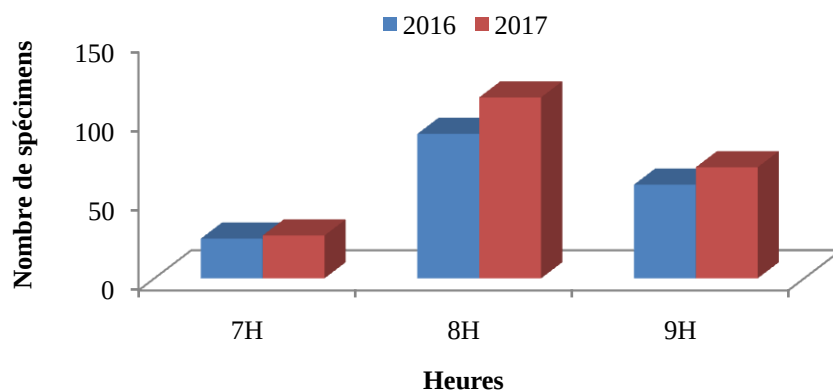


Figure 26 : Nombre total d'apoïdes enregistrés pendant les floraisons de 2016 et 2017.

4.4. Comportement de butinage et efficacité pollinisatrice

Le comportement de butinage des deux espèces les plus fréquentes sur les fleurs, *L. malachurum* et *L. pauxillum*, est noté durant la floraison de 2016 et 2017.

La majorité des visites de ces deux Halictidae concernent la récolte du pollen, le reste des visites est consacré à la collecte du nectar et ou la collecte mixte des deux produits (Tab. 23). Ces abeilles effectuent toujours des visites frontales pour prélever le nectar, ses visites peuvent donc toutes être fécondantes.

Tableau 23. Répartition des visites (en %) pour les deux espèces les plus abondantes sur *L. sativa* selon le produit floral récolté et efficacité pollinisatrice de ces visites pendant la floraison de 2016 et 2017.

(P : pollen, N : nectar, + : visite pollinisante, - : visite non pollinisante)

	<i>L. pauxillum</i>		<i>L. malachurum</i>	
	2016	2017	2016	2017
Nombre de visites	41	82	78	94
P+	83	60	67	49
N+	7	21	33	32
(P+N)+	10	19	0	19
Total des visites pollinisantes	100%	100%	100%	100%

Pour l'étude de l'efficacité pollinisatrice, nous avons évalué la vitesse du butinage de *L. malachurum* et *L. pauxillum*. Pour cela, nous avons mesuré le nombre de fleurs visitées en une minute par ces abeilles. Les résultats (Tab.24) montrent que durant la floraison de 2016, *L. malachurum* (8.9 ± 2.09 fleurs/minute) est significativement plus rapide que *L. pauxillum* (3.1 ± 0.92 fleurs/minute) (test de Mann Whitney $p < 0,05$).

Tableau 24: la vitesse de butinage de *L.malachurum* et *L.pauxillum* sur les fleurs de *L.sativa* durant la floraison de 2016.

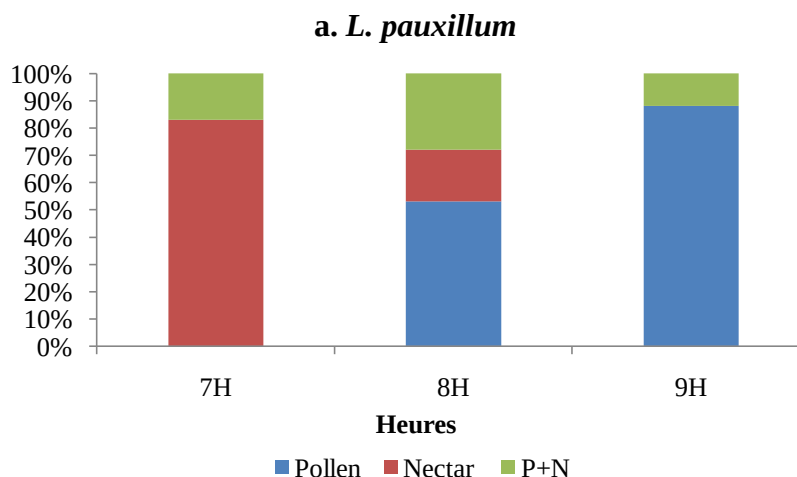
(Test de Mann Whitney (U); $p < 0,05$; $\pm$: erreur standard).

Espèces	nombre de spécimens observés	Vitesse de butinage	U	P
<i>L.malachurum</i>	30	8.9 ± 2.09	0	0
<i>L.pauxillum</i>	30	3.1 ± 0.92	0	0

4.5. Recherche alimentaire des abeilles

Des observations ont été menées durant la floraison de 2017 pour comprendre le type de recherche alimentaire auquel s'intéressent les abeilles rencontrées sur les fleurs de *L. sativa*. Pour les deux abeilles les plus fréquentes sur les fleurs de la laitue, la majeure partie des visites florales concerne la récolte du pollen (Fig.27 a et b). *L. pauxillum* enregistre les plus grandes proportions de collecte du pollen de 8h à 9h, alors que le nectar est surtout récolté par cette espèce durant la première heure d'observation. Quant à *L. malachurum* elle collecte le pollen en abondance à 7h et 8h, le nectar est récolté à toutes les heures d'observation, mais les plus grandes proportions sont observées à 9h.

De plus, la récolte mixte des deux produits est observée chez les deux espèces. *L. pauxillum* prélève les deux produits floraux tout au long de son activité (de 7h à 9h). Tandis que *L. malachurum* effectue la collecte mixte à partir de 8h.



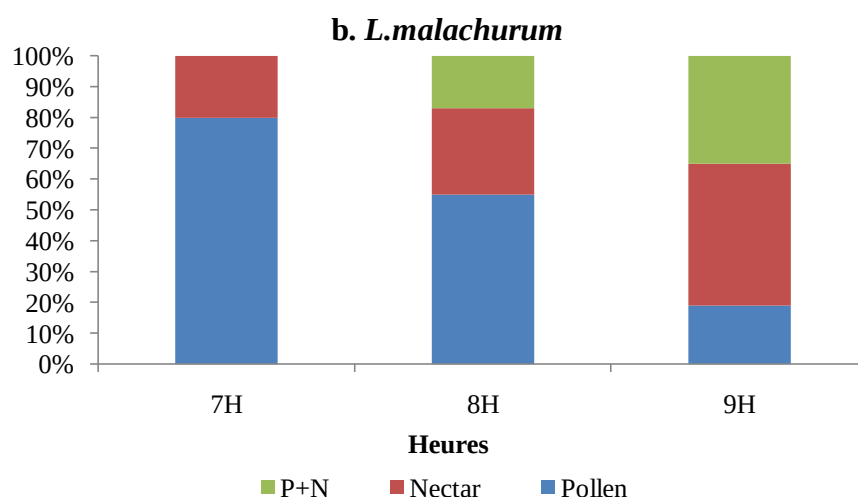


Figure 27 : Pourcentages des produits floraux récoltés par *L. pauxillum* (a) et *L. malachurum* (b) sur *L. sativa* aux différentes heures de la journée (floraison 2017)

4.6. Discussion

Les études menées sur *L. sativa* durant les périodes de floraison de 2016 et 2017 dévoilent que les principaux visiteurs de cette plante sont des Hyménoptères apoïdes appartenant à deux familles : Halictidae et Apidae. Les espèces les plus fréquentes sur les fleurs sont les deux Halictidae *L. malachurum* et *L. pauxillum*, elles constituent à elles seules plus de 70% des visites observées. Les Apidae est représentés par *A. mellifera* et *E. eucnemidea* qui couvrent respectivement des taux de visites de 14% et 12%. Nos résultats concordent avec ceux de Goubara et Takasaki (2003) qui ont constaté qu'au Japon, *Lasioglossum villosulum trichopse* est l'espèce la plus fréquente sur les fleurs de *L. sativa*.

Notre étude montre que *L. smaragdellus* et *H. scabiosae*, sont très peu représentés, cette faible densité peut-être due à l'attractivité des autres plantes en fleurs à proximité de la culture de la laitue.

Nous avons également remarqué que les visites des abeilles sur la laitue sont plus nombreuses durant la deuxième et la troisième période d'observation (8h et 9h) lorsqu'un maximum de fleurs est épanoui. Cette activité peut-être expliquée par le fait que tous les fleurons d'une tête s'ouvrent le même jour, tôt le matin, et se ferment peu de temps après, pour ne jamais se réouvrir. Dans certains cas, ils ne sont ouverts qu'une demi-heure (Purseglove 1968, Jones et Rosa 1928, Thompson 1933 cité par Mc Gregor, 1976), mais restent ouverts plus longtemps par temps frais et nuageux. Nos résultats concordent avec ceux de Goubara et Takasaki (2003) au Japon, ces derniers ont trouvé que les Halictidae butinent les fleurs de la laitue de 7h jusqu'au midi.

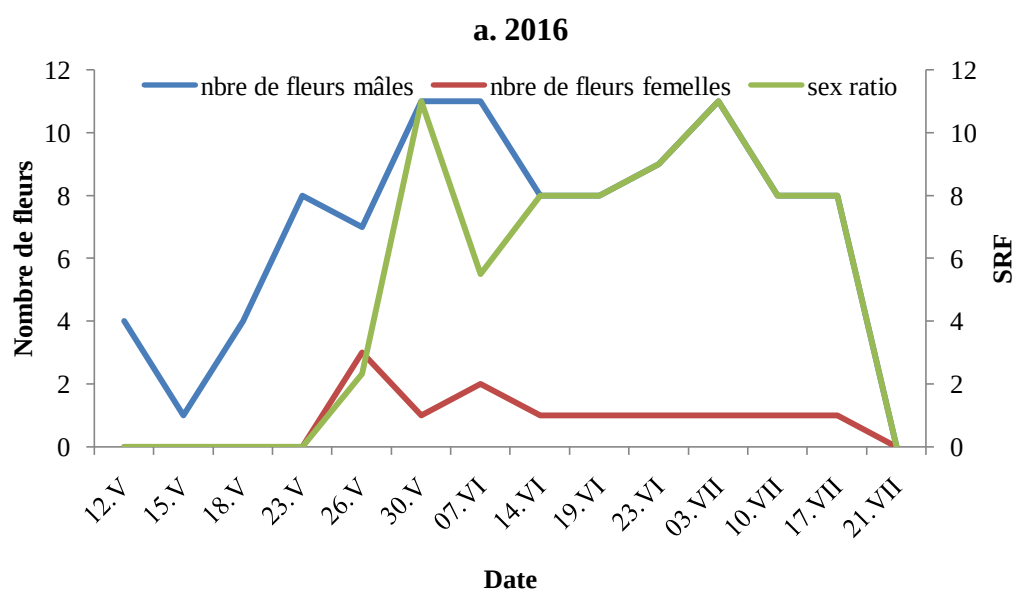
Par ailleurs, l'observation du comportement de butinage de *L. malachurum* et *L. pauxillum* montre que ces deux espèces effectuent toujours un butinage positif quelque soit le produit récolté, toutes ses visites peuvent donc être fécondantes. Ces abeilles en se déposant sur le capitule de la fleur, elles tiennent le faisceau de style dans leurs pattes en penchants leur corps vers l'extérieur, ce qui permet la libération de grandes quantités de graines de pollen. Ce même comportement a été observé par Goubara et Takasaki (2004) sur *Lasioglossum villosulum trichopse* butinant les fleurs de la laitue.

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 2017 montrent que la majorité des visites de *L. malachurum* et *L. pauxillum* concernent la récolte du pollen, le reste des visites est consacré à la collecte du nectar et à la récolte mixte des deux produits. Jones (1927) et Thompson (1933) ont également déclaré que les abeilles *Agapostemon texanus*, *Californicus crawford* et *Halictus spp.* récoltent principalement le pollen des fleurs de *L. sativa*.

5. Courgette (*Cucurbita pepo* L.)

5.1. Production des fleurs et sex- ratio

Les floraisons de *Cucurbita pepo* ont débuté le 12 Mai 2016 et le 18 Mai 2017 et elles se sont étalées respectivement sur 70 et 38 jours. La production totale des fleurs staminées (mâles) et pistillées (femelles) durant les deux floraisons est indiquée dans la figure 28 (a et b).



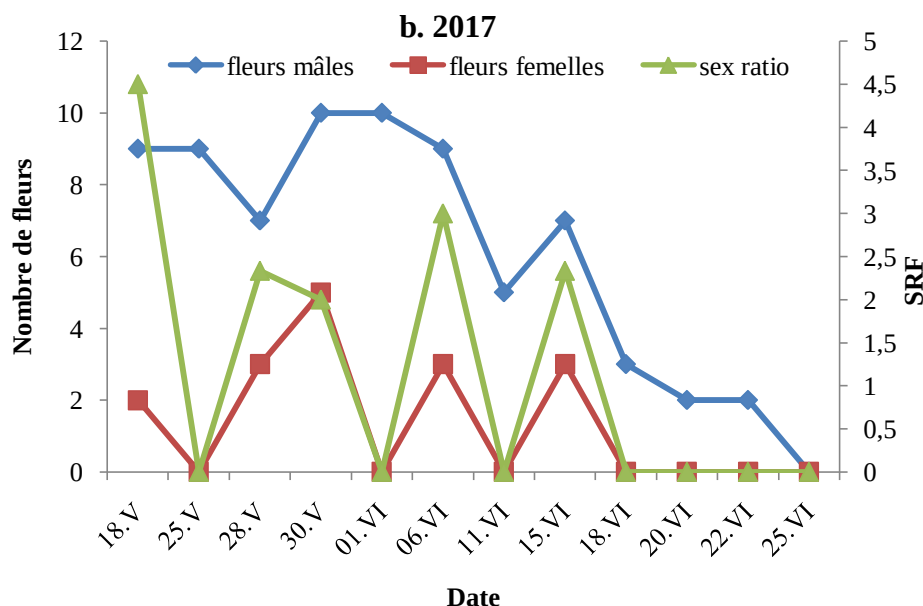


Figure 28 : Production des fleurs mâles et femelles par les plants de *Cucurbita pepo* pendant les floraisons de 2016 (a) et de 2017 (b) et sex ratio floral (SRF: ♂/♀).

Le nombre de fleurs mâles est toujours plus important que celui des fleurs femelles. En 2016, le début de floraison est caractérisé par une augmentation progressive du nombre de fleurs staminées qui se stabilise en milieu du cycle pour qu'il décroisse à la fin de la saison. Les fleurs femelle apparaissent après le quatrième jour d'observation et leur nombre est resté presque stable tout en long de la floraison de la plante. Quant à la floraison de 2017, les fleurs mâles et femelles apparaissent en même temps et leurs nombres varient constamment durant toute la période de floraison. Les fleurs pistillées ont disparu avant les fleurs staminées. Le sex ratio des deux populations varie également au cours du temps et dont les valeurs moyennes sont : 7 ♂ / 1 ♀ en 2016 et 6 ♂ / 1 ♀ en 2017.

5.2. Diversité et densité des pollinisateurs

Les observations menées lors des deux floraisons ont montré que les insectes qui butinent les fleurs de *C. pepo* sont principalement des Hyménoptères apoïdes appartenant à deux familles : Apidae et Halictidae.

Six espèces d'abeilles sont recensées sur la courgette (Tab.25). Les espèces *A. mellifera*, *Bombus terrestris* (Apidae) et *Lasioglossum villosulum*. (Halictidae) sont présentes durant les deux périodes de floraisons. L'abeille domestique a enregistré les plus grands nombres de visites. Les densités de l'abeille par 100 fleurs sont toutefois surestimées car les butineuses sont dispersées sur quelques fleurs seulement. L'Apidae *Eucera eucnemidea* et les

deux Halictidae : *L. malachurum* et *L. glabriusculum* sont observés seulement durant la floraison de 2016.

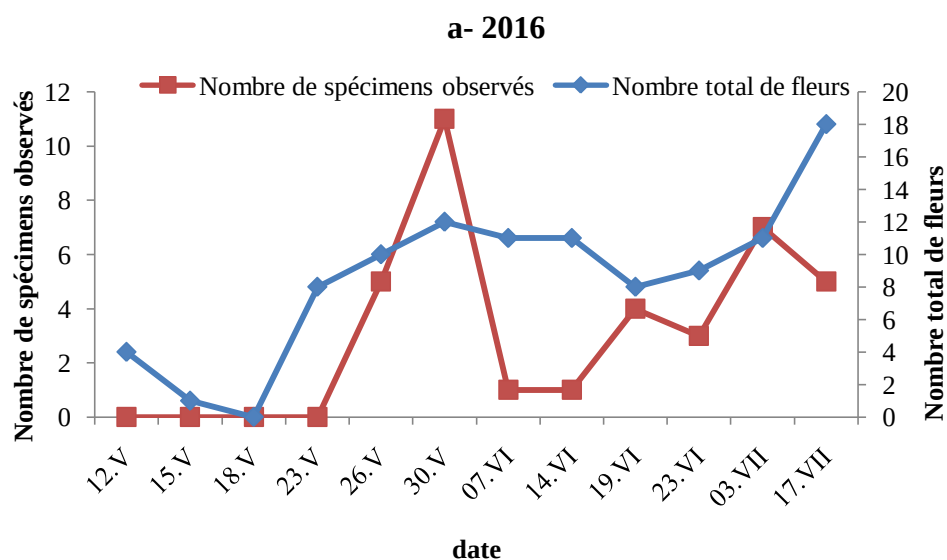
Tableau 25. Densités moyennes par 100 fleurs des pollinisateurs de *Cucurbita pepo* pendant les floraisons de 2016 et de 2017.
(- : absence).

Famille	Espèces	2016	2017
Apidae	<i>A.mellifera</i> (L. 1758)	37	73
	<i>B. terrestris</i> (L. 1758)	1	1
	<i>E.eucnemidea</i> (Dours, 1873)	1	-
Halictidae	<i>L. malachurum</i> (Kirby 1802)	5	-
	<i>L. villosulum</i> (kirby 1802)	5	3
	<i>L. glabriusculum</i> (Morawitz, 1872)	1	-

5.3. Evolution du nombre de visites de l'abeille domestique durant les deux floraisons

En 2016, le pic des visites de l'abeille domestique est enregistré le 30 Mai (Fig. 29a) et l'évolution du nombre de visites de l'abeille suit approximativement la forme de la courbe florale.

Durant la floraison de 2017, la courbe d'évolution des visites suit aussi approximativement celle de l'évolution des fleurs (Fig. 29b). Les visites de l'abeille sont plus nombreuses en début de floraison où elles marquent un pic en milieu de la période de floraison.



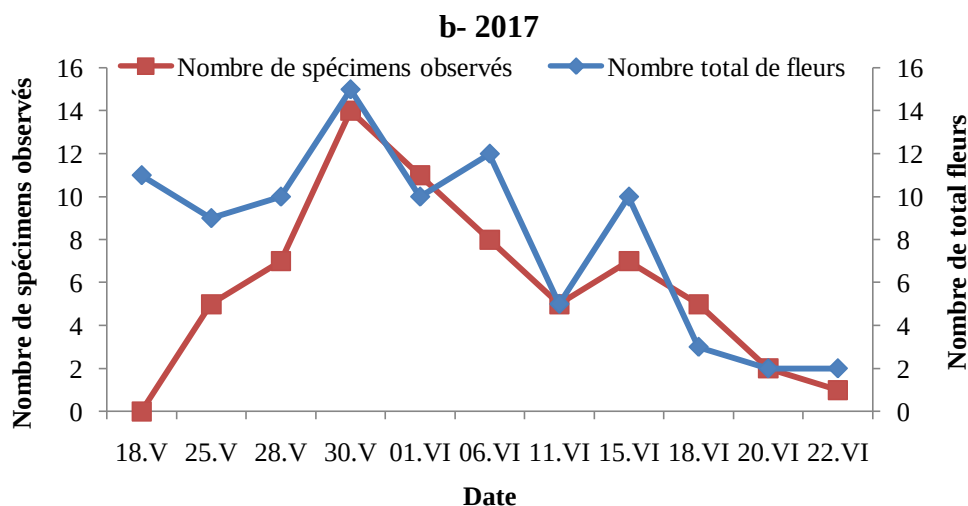


Figure 29 : Evolution du nombre de visites d'*Apis mellifera* sur *Cucurbita pepo* en relation avec la densité des fleurs au cours des floraisons de 2016 (a) et de 2017 (b)

5.4. Comportement de butinage et efficacité pollinisatrice

5.4.1. Activité de butinage

Les fleurs de courgette ont une durée de vie brève, chaque fleur femelle dispose d'un laps de temps d'environ 2 à 3 heures pour être fécondée.

Les visites de l'abeille domestique sur les fleurs sont plus fréquentes durant la deuxième et la troisième période d'observation (8h et 9h) lorsqu'un maximum de fleurs est épanoui. A partir de 10h, les visites de l'abeille diminuent car beaucoup de fleurs commencent à se fermer (Fig. 30).

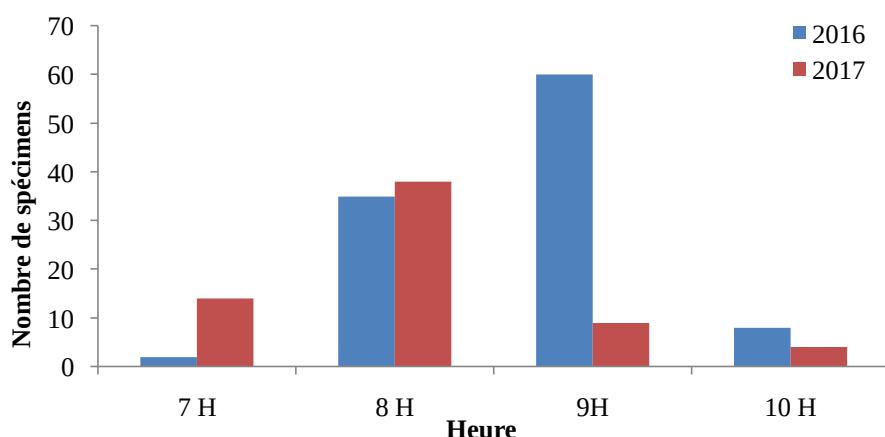


Figure 30 : Nombres de visites d'*Apis mellifera* enregistrés sur *C. pepo* aux différentes heures d'observation durant les floraisons de 2016 et de 2017

5.4.2. Comportement de butinage

Les observations de l'activité de butinage de la courgette par l'abeille domestique durant les deux années successives d'étude, ont permis de relever des taux de visites importants destinées à la récolte de nectar par cette abeille, ces taux sont de 81% et 86% respectivement pour les floraisons 2016 et 2017. Le reste des visites (19% en 2016 et 14% en 2017) est consacré à la récolte de pollen. La plupart des visites (93%) des abeilles sauvages sont aussi consacrées à la récolte de nectar. Bien que les fleurs femelles produisent plus de nectar que les fleurs mâles, les abeilles préfèrent les fleurs staminées (Tab. 26).

Sur les fleurs femelles et avant de pénétrer au fond de la corolle pour prélever le nectar, l'abeille domestique atterrit d'abord sur le stigmate sur lequel elle effectue des déplacements. Quelques fois, elle effectue cette opération avant de quitter la fleur. Ainsi, les visites de l'abeille domestique sur les fleurs pistillées sont toutes potentiellement pollinisantes.

Sur les fleurs mâles, l'abeille atterrit sur les anthères qu'elle gratte avec ses pattes antérieures pour récolter le pollen. Pour prélever le nectar, l'insecte débarque près du bord de la corolle et se dirige au fond de celle-ci. En quittant la fleur, l'abeille sort couverte de pollen. Elle passe de longs moments à se broser et souvent le pollen tombe en petits tas.

Tableau 26 : Répartition (en %) des visites d'*A. mellifera* et des abeilles sauvages sur *C. pepo* selon le produit floral récolté durant les floraisons de 2016 et de 2017.

+ : visite pollinisante ; n= nombre de spécimens observés ; *= n (nectar+ pollen) des fleurs mâle

Floraison	2016								2017			
Espèces	Apis mellifera				Abeilles sauvages				Apis mellifera			
produit récolté	n		%		n		%		n		%	
Nectar + (femelle)	22		21		18		32		22		28	
Nectar (mâle)	63	83*	60	79*	34	38*	61	68*	46	55*	60	72*
Pollen (mâle)	20		19		4		7		9		12	
Nombre total de visites	105		100		56		100		77		100	

5.4.3. Efficacité pollinisatrice

L'efficacité pollinisatrice des abeilles sur les fleurs dépend du temps que l'insecte passe sur les deux types de fleurs. Si la durée de visite d'une espèce est longue, le taux de ses visites pollinisantes serait petit. Nous avons, donc, mesuré le temps dépensé par l'abeille domestique sur les deux types de fleurs.

Les résultats (Tab.27) dévoilent que durant la floraison de 2016 et 2017, l'abeille a dépensé significativement plus de temps sur les fleurs pistillées que sur les fleurs staminées. (Test de Mann Whitney (U); $p < 0,05$).

Tableau 27 : la durée de visite d'*A.mellifera* sur les fleurs de *C. pepo* durant la floraison de 2016 et 2017. $\pm$: erreur standard ; n = nombre de spécimens observés. (Test de Mann Whitney (U); $p < 0, 05$).

Floraison	Durée de visite sur les fleurs mâles (en seconde)	Durée de visite sur les fleurs femelles (en seconde)	U	P
2016	26.5 $\pm$ 10.67 (n=30)	46.66 $\pm$ 15.61 (n=30)	140	0
2017	26 $\pm$ 10.61 (n=30)	50 $\pm$ 14.38 (n=30)	95	0

5.5. Recherche alimentaire de l'abeille domestique

Les visites florales de l'abeille domestique durant les deux floraisons sont consacrées exclusivement à la récolte du nectar (Fig.31). Quant au pollen, il est également récolté à 8H et à 9H, mais avec des proportions faibles.

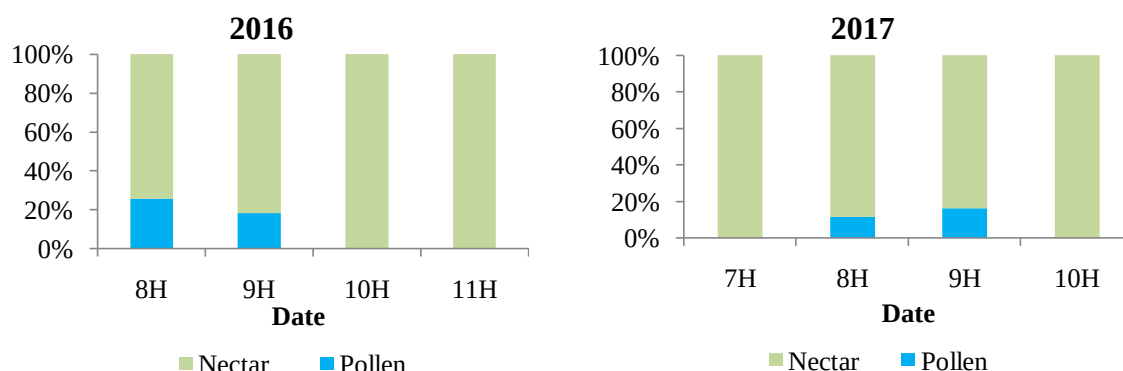


Figure 31 : Recherche alimentaire d'*Apis mellifera* sur *Cucurbita pepo* aux différentes heures d'observation pendant les floraisons de 2016 et de 2017.

5.6. Discussion

L'étude menée sur *C. pepo* durant les deux floraisons ont montré que l'abeille domestique est l'espèce la plus abondante sur cette plante. Des travaux réalisés en Algérie (Benachour, 2008), en Italie (Nepi et Pacini, 1993), au Brésil (Krug et al., 2010), aux Etats-Unis (Esther Julier et Roulston, 2009) ont également montré que *A. mellifera* est le visiteur le plus abondant sur la courgette. En Inde, Devika Rani et al. (2017) ont révélé la présence de quatre espèces de genre *Apis* sur *C. pepo*. Aux Etats Unis, Cane et al. (2010) ont enregistré l'abeille solitaire *Peponapis pruinosa* de la famille des Apidae comme l'espèce la plus abondante sur cette plante.

Les visites de l'abeille domestique sur les fleurs sont plus fréquentes de 8h à 9h lorsqu'un maximum de fleurs est épanoui. A partir de 10h, les visites de l'abeille diminuent car beaucoup de fleurs commencent à se fermer. Nos résultats sont similaires à ceux de Sanduleac (1959), Benachour (2008) et Mudssar et al. (2014) qui ont signalé des visites intenses de l'abeille domestique entre 8h et 9h. Ceci peut s'expliquer par le fait que les fleurs

de courge s'ouvrent généralement peu après l'aube et se ferment de façon permanente à midi ou peu après, recevant souvent des visites matinales précoces et fréquentes de pollinisateurs (Tepedino, 1981). En effet, cette période correspond à la production maximale de pollen et de nectar d'où une activité intense des abeilles. Cette activité importante des abeilles assure une pollinisation adéquate de la plante puisque les fleurs, comme celles d'autres Cucurbitaceae, ne restent ouvertes qu'un seul jour et durant quelques heures seulement.

Nos observations ont montré que la majorité des visites d'*A. mellifera* sont consacrées à la récolte de nectar. Nos résultats concordent avec ceux de Benachour (2008) à Constantine où elle a signalé que les visites florales de l'abeille domestique concernent la récolte exclusive du nectar. Ce dernier est sécrété en grande quantité par les fleurs (Tepedino 1981 ; Nepi & Pacini 1993). Le pollen, par contre, est peu récolté par l'abeille. Les fleurs staminées n'en produisent pas beaucoup et il est surtout abondant durant les premières heures de l'anthèse (Nepi & Pacini 1993). Michelbacher et *al.* (1964) et Philippe (1991) ont aussi constaté que ce produit est rarement récolté par les abeilles. Cependant, Devika Rani et *al.* (2017) ont dévoilé que plus de 47% des visites de l'abeille domestique sont consacrées à la récolte de pollen et 19% pour la récolte de nectar.

L'efficacité pollinisatrice des abeilles est mesurée par la distribution des individus sur les fleurs mâles et femelles, et le nombre de fleur butiné par minute. Nos observations ont montré que les visites de l'abeille domestique sont plus nombreuses sur les fleurs mâles; ceci pourrait être dû à leur nombre qui est toujours plus élevé par rapport à celui des fleurs femelles. Nos résultats corroborent ceux de Benachour (2008) et Mudssar et *al.* (2014) qui ont expliqué ceci par le fait que la concentration en sucre du nectar produit par les fleurs mâles est plus élevée. Cependant chez la courgette, il est démontré que les fleurs femelles produisent plus de nectar que les fleurs mâles et sont plus fréquemment visitées par les abeilles (Tepedino 1981 ; Couto et *al.* 1990; Philippe 1991; Nepi & Pacini 1993).

Les visites de l'abeille domestique sont aussi plus rapides sur les fleurs staminées, ces résultats sont semblables à ceux obtenus par Tepedino (1981), Nepi & pacini (1993) et Benachour (2008). Selon ces derniers auteurs, les visites de l'abeille sont plus lentes sur les fleurs pistillées en raison de la quantité élevée de nectar et de la position du nectaire.

6. Pastèque (*Citrullus lanatus*)

6.1. Production des fleurs et sex- ratio :

Les floraisons de *Citrullus lanatus* ont débuté le 04 Juillet 2016 et le 02 Juillet 2017 et se sont échelonnées respectivement sur 40 et 45 jours. La production totale des fleurs staminées (mâles) et pistillées (femelles) durant les deux floraisons est indiquée dans la figure 32 (a et b).

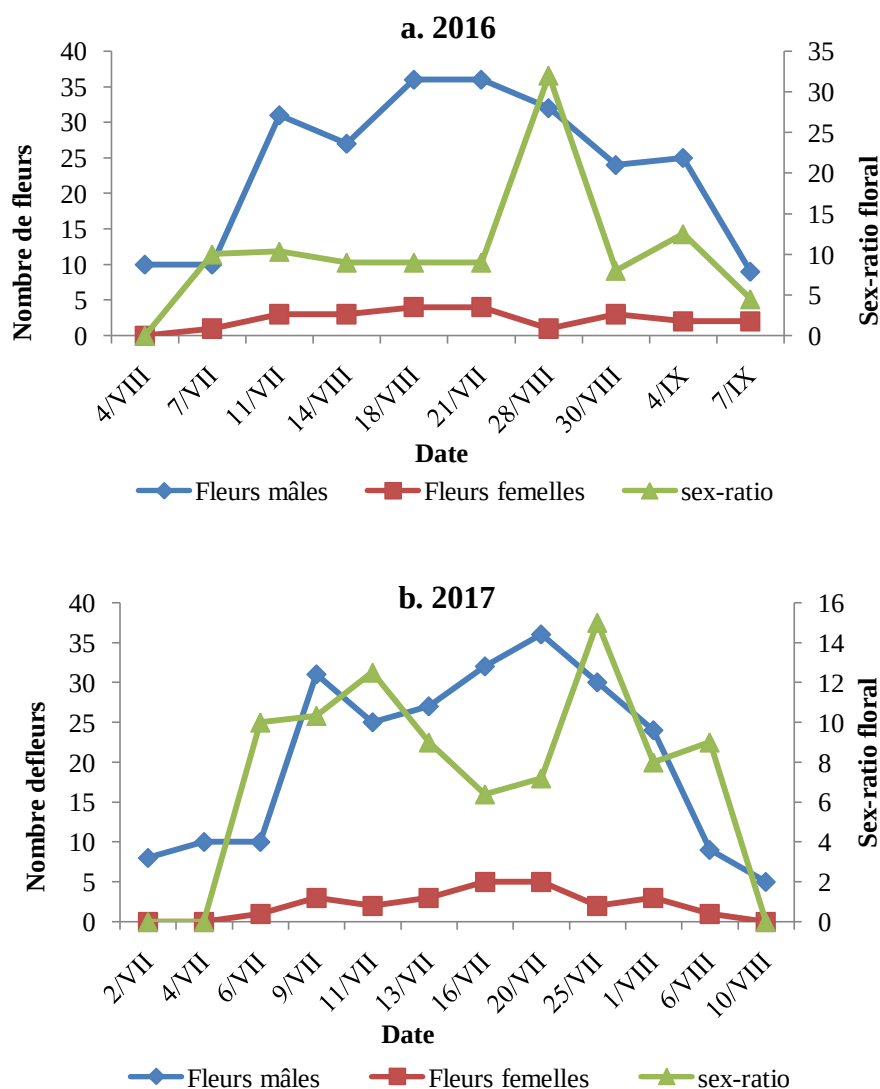


Figure 32 : Production des fleurs mâles et femelles par les plants de *Citrullus lanatus* pendant les floraisons de 2016 (a) et de 2017 (b) et sex ratio floral (♂/♀)

Les fleurs mâles apparaissent quelques jours avant les fleurs femelles et leur nombre est toujours plus élevé par rapport à celui fleurs femelles. Ce nombre varie constamment, il est faible au début et à la fin de la floraison, il atteint son apogée le 18 et le 21 Juillet 2016 et le 20 Juillet 2017. De même, le nombre de fleurs femelles fluctue au cours de la floraison.

Le sex ratio des deux populations varie également au cours du temps. En 2016, il est stable en début de floraison et varie constamment à la fin de saison.

Les sex-ratios moyens de la population sont : 24 ♂ / 2 ♀ et 21 ♂ / 2 ♀ respectivement en 2016 et en 2017.

6.2. Diversité et densité des pollinisateurs

Les observations menées sur les fleurs de *C. lanatus* durant les deux périodes de floraison montrent que les insectes butineurs de cette plante sont tous des Hyménoptères apoïdes appartenant à trois familles. Onze espèces ont été recensées dont 6 Apidae, 4 Halictidae et 1 Megachilidae (Tab.28). Parmi les espèces rencontrées, *Laioglossum pauxillum* appartenant à la famille des Halictidae, est plus fréquente et sa densité par 100 fleurs est plus élevée durant les deux floraisons. Parmi les Apidae, *A. mellifera* et *Nomada* sp. sont les plus abondants sur les fleurs avec des densités respectives pour 100 fleurs qui sont de 30 et 35 individus pour l'année 2016 et de 22 et 34 individus pour l'année 2017. *Ceratina saundersi* (Apidae) est également relativement bien représentée. La famille de Megachilidae est représentée par une seule et même espèce durant les deux périodes de floraisons. Quant aux autres espèces ont effectué des visites occasionnelles. (Tab. 29).

Tableau 28: Nombre de spécimens (Nind) et fréquences relatives (%Nind) des apoïdes comptabilisés lors des transects durant les floraisons 2016 et 2017.

Famille	Espèces	2016		2017	
		N	N%	N	N%
Apidae	<i>Apis mellifera</i>	66	29.07	71	26.59
	<i>Nomada</i> sp	49	21.59	63	23.60
	<i>Ceratina saundersi</i>	22	9.69	19	7.12
	<i>Ceratina cucurbitina</i>	1	0.44	17	6.37
	<i>Amegella</i> sp.1	1	0.44	5	1.87
	<i>Amegella</i> sp.2	2	0.88	-	-
Halictidae	<i>Laioglossum pauxillum</i>	69	30.40	75	28.09
	<i>Lasioglossum</i> sp.	1	0.44	-	-
	<i>Halictus scabiosae</i>	5	2.20	10	3.75
	<i>Halictus</i> sp.	3	1.32	-	-
Megachilidae	<i>Megachile</i> sp.	8	3.52	7	2.62
Total	11 espèces	277	100	267	100

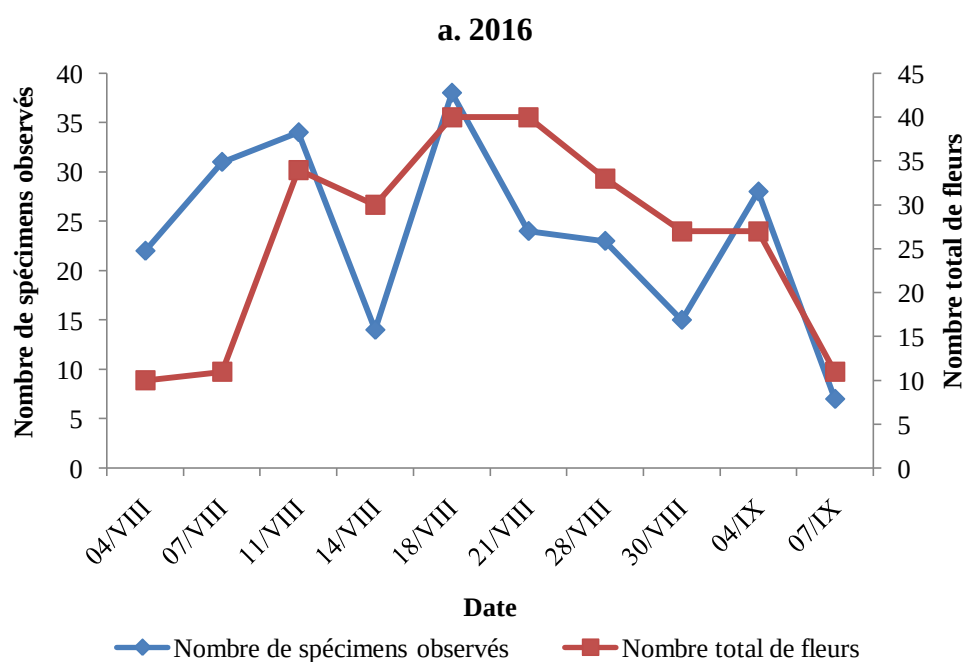
Tableau 29. Densités moyennes par 100 fleurs des pollinisateurs de *C. lanatus* pendant les floraisons de 2016 et de 2017. (- : absence)

Famille	Espèces	2016	2017
Apidae	<i>A. mellifera</i>	30	35
	<i>Nomada</i> sp.	22	34
	<i>Ceratina saundersi</i>	9	11
	<i>Ceratina cucurbitina</i>	4	10
	<i>Amegella</i> sp1	3	4
	<i>Amegella</i> sp2	3	-
Halictidae	<i>L. pauxillum</i>	34	29
	<i>L. glabriusculum</i>	1	-
	<i>H. scabiosae</i>	4	6
	<i>Halictus</i> sp.	2	-
Megachilidae	<i>Megachile</i> sp.	8	6

6.3. Evolution du nombre de visites des abeilles durant les deux floraisons

En 2016, le pic de visite des abeilles est enregistré en milieu de la période de floraison (le 18 et 21 Août) (fig.33 a) et l'évolution du nombre de visites des abeilles suit approximativement la forme de la courbe florale.

Durant la floraison de 2017, le pic des visites est enregistré vers la fin de la période de floraison (20 juillet) (fig. 33 b). A partir du 20 juillet, la courbe d'évolution des visites suit aussi approximativement celle de l'évolution des fleurs.



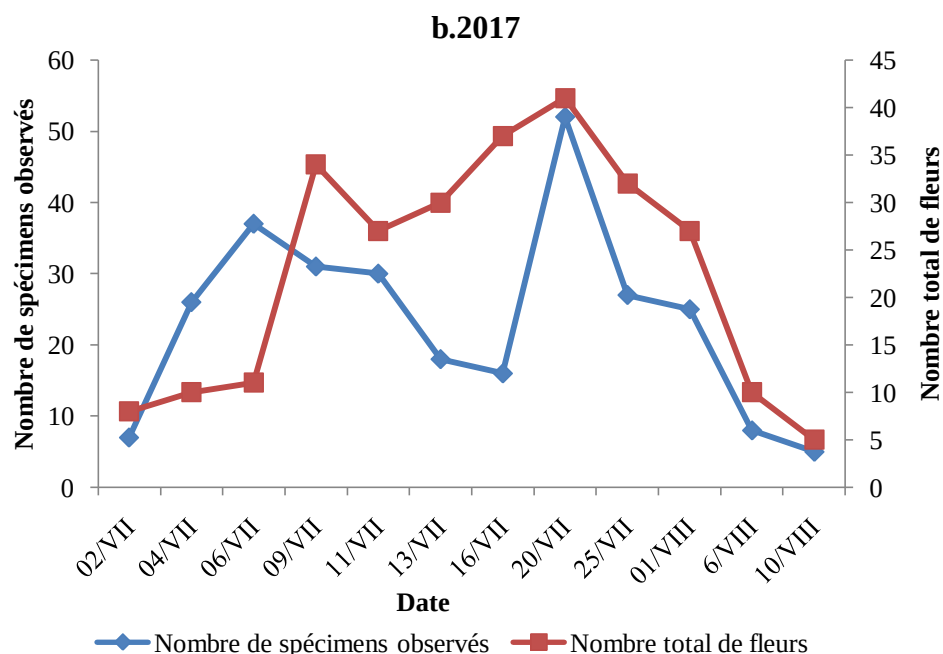


Figure 33 : Evolution du nombre de visites des abeilles sur *C. lanatus* en relation avec le nombre de fleurs au cours des floraisons de 2016 (a) et de 2017 (b)

6.4. Activité et le comportement de butinage des apoïdes

Durant les deux périodes de floraison de la pastèque, l'activité journalière des pollinisateurs les plus abondants sur les fleurs est observée.

Les différentes espèces présentent des modes de répartition journalière variables. Durant la floraison de 2016 (fig. 34a), les quatre espèces d'abeilles suivies commencent à visiter les fleurs de la pastèque à partir de 8h et l'abeille domestique marque le plus grand nombre de visites à cette heure de la journée, son activité s'annule à 10h. L'activité des autres espèces s'intensifie à 9h puis chute ou s'annule à 10h. En 2017, les visites des abeilles débutent timidement à 7h et s'intensifient à 8h et 9h pour décliner à 10h (Fig. 34b).

L'étude du comportement des abeilles observées sur la plante n'a pas révélé la collecte du pollen par ces insectes. Le nectar est le seul produit récolté par toutes les espèces qui ont visité la plante.

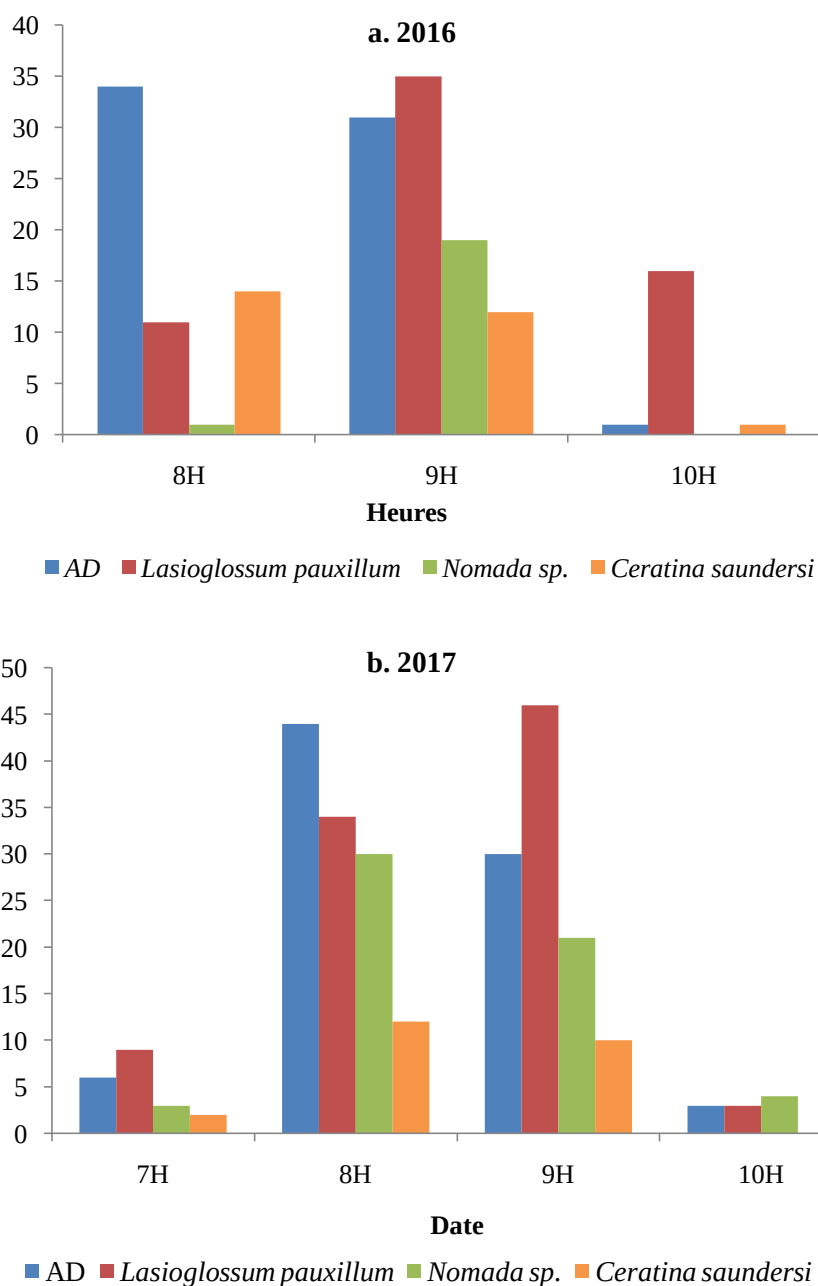


Figure 34 : Evolution du nombre des principaux pollinisateurs de *Citrullus lanatus* aux différentes heures de la journée pendant la floraison de 2016 (a) et 2017 (b).

6.5. Efficacité pollinisatrice des abeilles

La vitesse du butinage des principales espèces rencontrées sur les fleurs de *C. lanatus* est enregistrée durant la floraison de 2016 (Tab. 30). Les visites de l'abeille domestique sont les plus fréquentes, En revanche, *L. pauxillum* marque la plus faible vitesse sur les fleurs de pastèque.

Tableau 30 : Vitesse de butinage des espèces d'abeilles sur *Citrullus lanatus* pendant la floraison de 2016.

(N = nombre de spécimens observés ; $\pm$: erreur standard)

	N	Vitesse de butinage (fleurs/min)
<i>Apis mellifera</i>	30	9.9 $\pm$ 1.25
<i>Ceratina saundersi</i>	30	8.4 $\pm$ 2.7
<i>Nomada sp.</i>	30	6.3 $\pm$ 1.9
<i>Asioglossum pauxillum</i>	30	4.9 $\pm$ 0.83

Comme la courgette, la pastèque est une plante monoïque et l'efficacité pollinisatrice des espèces peut être aussi mesurée par la proportion de visites des fleurs staminées et des fleurs pistillées, et par le temps dépensé par les abeilles sur chaque type de fleur.

Les abeilles ont montré une nette préférence pour les fleurs staminées (Tab.31) et leurs visites sur les fleurs pistillées sont toutes potentiellement fécondantes puisqu'elles entrent en contact avec le stigmate.

Tableau 31. Pourcentages des visites effectuées par l'abeille domestique et les abeilles sauvages sur les fleurs mâles (♂) et femelles (♀) de *C.lanatus* (floraisons 2016 et 2017).

(N = nombre total de spécimens observés ; n = nombre de spécimens observés sur chaque type de fleur).

Floraison	2016					2017				
Fleur		♂		♀			♂		♀	
Espèces	N	n	%	n	%	N	n	%	n	%
<i>Apis mellifera</i>	66	52	79	14	21	71	54	76	17	22
<i>Nomada sp.</i>	49	34	69	15	31	63	58	92	5	5
<i>Lasioglossum pauxillum</i>	69	50	72	19	28	75	65	87	10	11
<i>Ceratina saundersi</i>	22	14	64	8	36	19	15	79	4	5

Le temps dépensé par les abeilles sur les fleurs mâles et femelles est mesuré durant la floraison de 2016 (Tab.32). Nous avons constaté que les quatre espèces d'abeilles observées ont dépensé significativement plus de temps sur les fleurs femelles que sur les fleurs mâles (Test de Mann Whitney (U); $p < 0, 05$).

Tableau 32 : Temps moyen (en secondes) dépensé par les différentes espèces d'abeilles sur les fleurs mâles (♂) et femelles (♀) de *C. lanatus* pendant la floraison de 2016.

(n = nombre de spécimens observés ; $\pm$: erreur standard (Test de Mann Whitney (U); $p < 0, 05$))

	<i>Apis mellifera</i>	<i>Ceratina saundersi</i>	<i>Nomada sp.</i>	<i>Lasioglossum pauxillum</i>
Fleurs ♂	(n=19) 6.03 $\pm$ 0.89	(n=15) 8.9 $\pm$ 2.58	(n=22) 10.12 $\pm$ 3.06	(n=22) 8.84 $\pm$ 1.33
Fleurs ♀	(n=19) 11.66 $\pm$ 2.79	(n=15) 18.66 $\pm$ 5.16	(n=22) 12.72 $\pm$ 2.14	(n=22) 17.31 $\pm$ 3.15
U	0	0	135	0
P	0	0	0.01	0

6.6. Discussion

L'étude menée sur *C. lanatus* durant les deux floraisons a montré que les fleurs de cette Cucurbitacée attirent de nombreux visiteurs qui sont en majorité des Hyménoptères apoïdes. 3 familles, 7 genres et 11 espèces d'abeilles ont été recensés sur la plante. Les Apidae représentés essentiellement par *A. mellifera* et *Nomada sp.* sont les butineurs les plus abondants (en moyenne 50% des visites observées) sur les fleurs durant les deux floraisons. Parmi Les Halictidae, c'est surtout *L. pauxillum* qui a enregistré le plus grand nombre de visites. Cette espèce constitue en moyenne 88% des visites effectuées par les Halictidae. Quant aux Megachilidae, ce sont les visiteurs les moins abondants sur la plante (3% des visites observées).

Plusieurs auteurs (Rao et Suryanarayana, 1988 ; Sanford, 1992 ; Hodges et Baxendale, 1995 ; Stanghellini et al., 1998 ; Njoroge et al., 2004 ; Taha et Bayoumi, 2009 et Azo'o et al., 2010) ont montré que l'abeille domestique est le principal pollinisateur de pastèque. Cependant, notre étude a permis de déceler d'autres abeilles importantes sur cette plante. Ces résultats concordent avec ceux de Njoroge et al. (2010), qui ont en effet enregistré des visites de 3 espèces d'abeilles de genre *Lasioglossum* sur les fleurs de pastèque.

La plus grande activité des abeilles se produit durant la matinée avec des pics de visites entre 8h et 9h. Cette activité matinale intense est synchronisée avec l'ouverture maximale des fleurs, laquelle débute une à deux heures après le lever du soleil (Mc Gregor, 1976). Selon Poole et Porter (1933) et Sedgley et Buttrose (1978), le stigmate est réceptif tout au long de la journée, mais la pollinisation ait lieu surtout le matin. Ces observations sont similaires à celles de Njoroge et al. (2004) au Kenya et Taha et Bayoumi (2009) en Egypt.

La récolte du nectar est l'objectif de toutes les abeilles qui ont visité la plante lors de nos observations. Ceci corrobore les résultats obtenus par Njoroge et al. (2009), Taha et Bayoumi (2009) et Azo'o et al. (2010) qui ont également constaté que le nectar est le principal produit récolté par les abeilles qui visitent la pastèque.

Bien que les visites des abeilles sur les fleurs pistillées soient potentiellement pollinisantes, elles sont beaucoup moins nombreuses que celles effectuées sur les fleurs mâles. Collison et Martin (1979) ont également constaté que les visites des abeilles domestiques sont plus nombreuses sur les fleurs staminées. La différence de sécrétion de nectar entre les deux types de fleurs peut expliquer les préférences des abeilles pour l'un ou l'autre type de fleur. Cependant, il a été démontré que les fleurs pistillées produisent plus de nectar et que ce dernier est plus concentré en sucres (Taha et Bayoumi, 2009). Par

conséquent, la plus grande attirance des abeilles par les fleurs staminées peut-être expliquée par le nombre élevé de ces fleurs mâles par rapport aux fleurs femelles.

L'efficacité pollinisatrice des abeilles est mesurée par la distribution des individus sur les fleurs mâles et femelles, et le nombre de fleurs butinées par minute. Nos observations ont montré que l'abeille domestique est l'espèce la plus rapide, elle visite les fleurs de pastèque avec une cadence de 9.9 ± 1.25 flr/min. Ces résultats sont similaires avec ceux trouvés par Azo'o et *al.* (2010) qui ont noté une vitesse de 10.20 ± 2.75 flr/min de l'abeille domestique.

Quant au temps dépensé par les abeilles sur les fleurs mâles et femelles, il paraît que plus une abeille dépense moins de temps sur les fleurs pistillées, plus le taux de ses visites pollinisantes est grand (Tepedino 1981 ; Cervancia & Bergonia 1991). Nos résultats ont révélé que les abeilles ont pris plus de temps sur les fleurs femelles que sur les fleurs mâles. L'abondance du nectar des fleurs femelles peut expliquer la lenteur des visites des butineuses sur celles-ci. En effet, Collison & Martin (1979) ont constaté que la durée des visites sur les fleurs est corrélée à la quantité de nectar présente. Les auteurs ont remarqué que si une abeille domestique n'est pas perturbée, elle reste sur la fleur jusqu'à ce qu'elle prélève tout le nectar.

7. Oranger (*Citrus sinensis*)

7.1. Floraison

Les floraisons ont débuté le 02.Mars.2016, le 05.Avril 2017 et le 27 Mars 2018 et se sont étalées respectivement sur 58, 23 et 44 jours (Fig. 35a, b et c). La floraison a été plus réduite en 2017 en raison d'un hiver plus sec et un été très chaud avec des températures caniculaires en comparaison avec l'année 2016 et 2018. Le maximum de fleur est enregistré le 21 Avril 2016, le 16 et le 19 Avril 2017 et le 09 Avril 2018. Les fleurs de l'oranger ont été ouvertes durant toutes les heures de la journée.

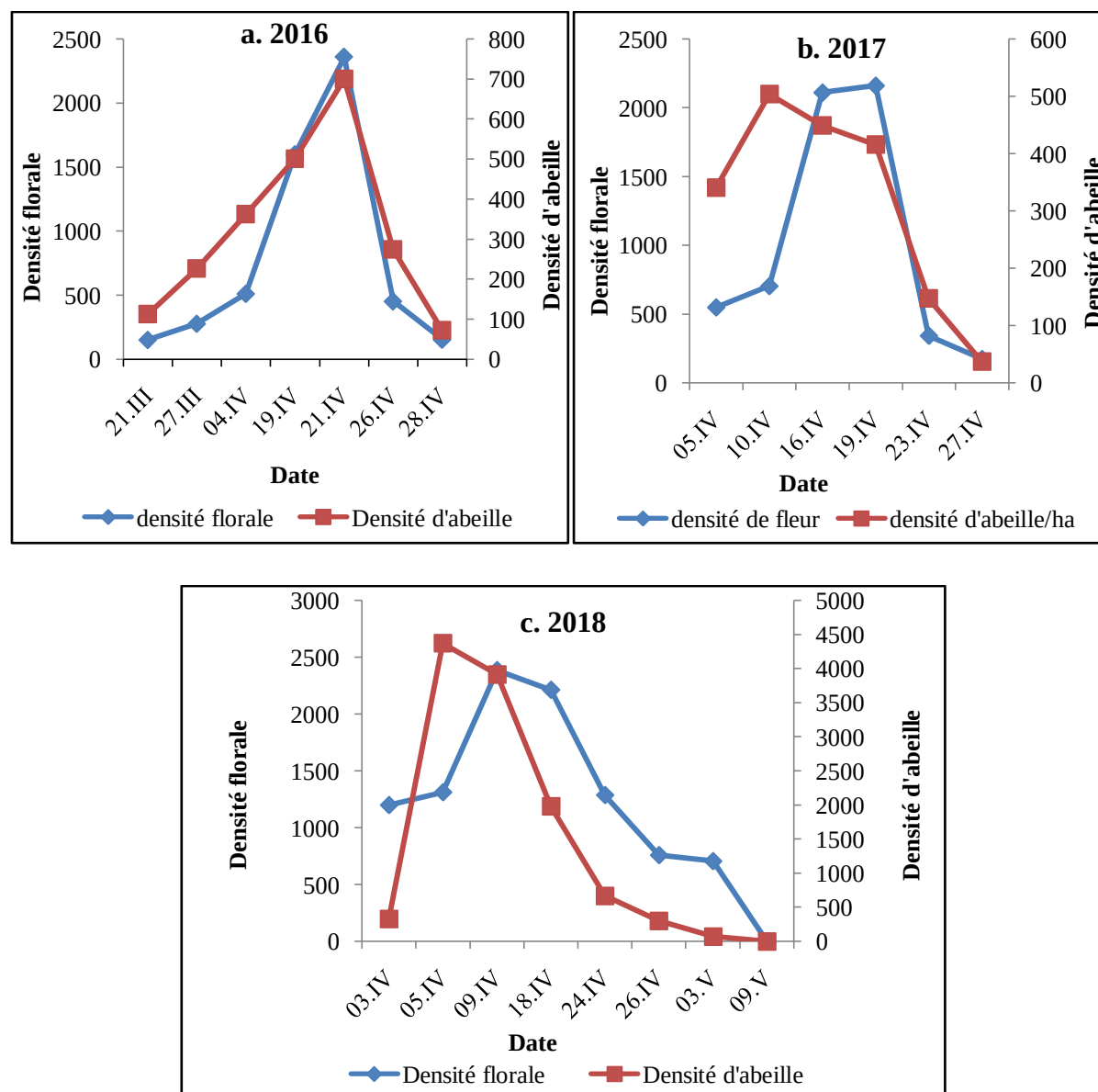


Figure 35 : Cycle de floraison de *Citrus sinensis* et densité d'abeilles pendant les années 2016 (a), 2017 (b) et 2018 (c).

La colonisation de verger de l'orange par les abeilles est notée dès l'apparition des premières fleurs. La densité d'abeilles suit l'évolution de celle des fleurs. Les taux de visites les plus élevés sont enregistrés pendant la période de pleine floraison de l'orange le 21 Avril 2016, le 10 Avril 2017 et 5 Avril 2018. Vers la fin de la floraison, le nombre d'abeilles baisse progressivement avec le déclin de la floraison.

7.2. Diversité et densité des pollinisateurs

L'étude menée sur *C. sinensis* montre que les fleurs de cet agrume attirent une entomofaune pollinisatrice composée presque exclusivement par des Hyménoptères apoïdes appartenant tous à la seule famille des Apidae. Trois espèces sont recensées : *A. mellifera*, *X. violacea* L. 1758 et *B. terrestris* L. 1758. L'abeille domestique est observée durant toute la

période de floraison et elle est de loin l'espèce la plus dominante avec des densités qui dépassent les 300 individus/ha, elle est relativement très fréquente notamment durant les observations de 2018. Quant aux deux autres espèces, leur présence n'est qu'épisodique. (Tab. 33).

Tableau 33 : Densité des pollinisateurs à l'hectare dans le verger d'oranger.

Année	Espèces	Densité/ha
2016	<i>A. mellifera</i>	321
	<i>X. violacea</i>	5
	<i>B.s terrestris</i>	2
2017	<i>A. mellifera</i>	316
	<i>X. violacea</i>	1
	<i>B.s terrestris</i>	2
2018	<i>A. mellifera</i>	1755
	<i>X. violacea</i>	2
	<i>B.s terrestris</i>	<1

7.3. Activité et comportement de butinage des apoïdes

L'activité journalière et le comportement de butinage d'*A. mellifera* sont observés au cours des trois floraisons de l'oranger. L'abeille domestique commence à butiner les fleurs de l'orange dès la première heure d'observation (8h), son activité s'intensifie à 10h et à 11h puis diminue progressivement l'après midi (Fig. 36).

L'étude du comportement de l'abeille domestique sur les fleurs de l'orange n'a pas révélé la collecte du pollen. La totalité des visites sont consacrées à la récolte du nectar, l'abeille collecte le nectar de la partie basale du style et des étamines. Certaines abeilles collectent le nectar même avant l'ouverture des fleurs tout en essayant de l'ouvrir.

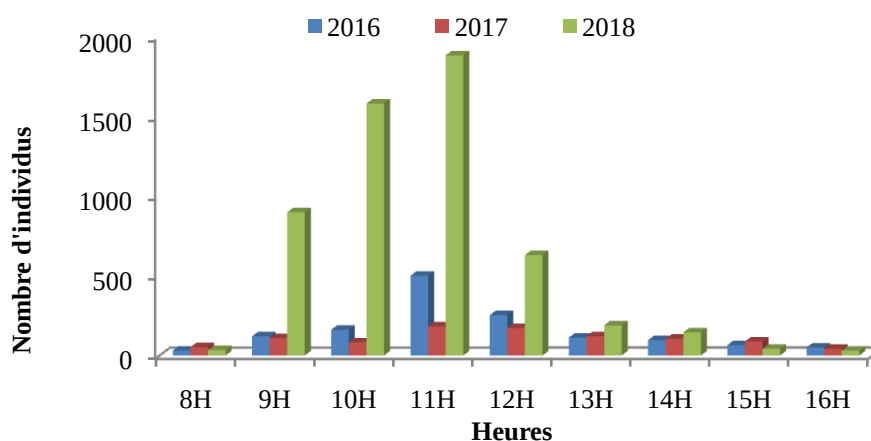


Figure 36 : Evolution du nombre d'individus de l'abeille domestique sur les fleurs de *Citrus sinensis* lors des observations de 2016, 2017 et 2018.

7.4. Efficacité pollinisatrice

La vitesse de butinage semble être le principal paramètre pour estimer l'efficacité pollinisatrice. Afin de déterminer si l'abeille domestique butine les fleurs de l'orange au même rythme durant toutes les heures de la journée, nous avons mesuré sa vitesse de butinage à 8h, à 10h et à 16h (Tab.34). De plus, un test de variance a été réalisé afin de déterminer l'effet de l'heure de l'activité sur la vitesse de butinage de l'abeille domestique. L'analyse de la variance (Tab.35) au seuil 5% montre que la probabilité calculée ($P = 0$) est inférieure à $\alpha = 0.05$, il y'a donc une différence significative pour la vitesse de butinage de l'abeille domestique entre les trois heures d'activité. Elle est plus rapide à 8h et à 16h et elle est lente à 10h. D'un autre côté, nous avons comparé la vitesse de butinage de l'abeille domestique sur trois espèces d'agrumes (Tab.36) : la mandarine (*C. reticulata*), l'orange (*C. sinensis*) et le citron (*C. limon*). Les résultats ont dévoilé que l'abeille est nettement plus rapide sur les fleurs de mandarine (7 flrs/min). Quant au citron et l'orange, elle les butine avec sensiblement la même vitesse (respectivement 3 flrs/min et 2.8 flrs/min).

Tableau 34 : Vitesse de butinage d'*Apis mellifera* sur les fleurs de *Citrus sinensis* pendant la floraison de 2016.

Heures	Nombre d'individus observés	Vitesse (fleurs/min)
8 H	30	4.5 ± 1.04
10 H	30	2.7 ± 1.5
16 H	30	3.9 ± 0.75

Tableau 35: Résultats de l'analyse de la variance pour *Apis mellifera* observées dans la région de Tizi-Ouzou

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
VAR.TOTALE	158.489	89	1.781		
VAR.Heure	44.956	2	22.478	17.225	0
VAR.RESIDUELLE 1	113.533	87	1.305		

Tableau 36 : Vitesse de butinage d'*Apis mellifera* sur les fleurs de *Citrus* pendant la floraison de 2016.

arbre	Nombre d'individus observés	Vitesse (fleurs/min)
<i>Citrus sinensis</i>	30	2.8 ± 1.5
<i>Citrus reticulata</i>	30	7 ± 1.9
<i>Citrus limon</i>	30	3 ± 0.9

7.5. Discussion

L'étude réalisée sur *C. sinensis* durant les floraisons de 2016, 2017 et 2018 a dévoilé que cet arbre fruitier attire de nombreux visiteurs qui sont en majorité des Hyménoptères apoïdes de la famille des Apidae. L'abeille domestique *A. mellifera* est l'espèce la plus abondante sur les fleurs au cours des trois périodes d'étude. Ces résultats concordent avec

ceux de plusieurs auteurs qui ont étudié la pollinisation des agrumes. En Algérie, Barbier (1964) n'a enregistré que la présence de l'abeille domestique sur les fleurs de Clémentinier et il a noté que cet insecte est sans aucun doute le principal pollinisateur des agrumes. Il est de même pour des études entreprises au Brésil (Malerbo-Souza et *al.*, 2004 et Ribeiro et *al.*, 2017), au Mexique (Grajales-Conesa et *al.*, 2013) et en Inde (Singh, 2016), qui ont révélé que *A. mellifera* est l'espèce la plus abondante sur les fleurs d'orange. Quant à *B. terrestris* et *X. violacea*, leur présence sur les fleurs n'est qu'épisodique. Cette faible densité serait due à l'attractivité des autres plantes en fleurs à proximité de verger. Selon Barbier (1964), le manque de pollinisateurs autres que l'abeille est peut-être dû à la nature argileuse des sols ou à leur humidité.

Les visites de l'abeille domestique sur les fleurs de l'orange ont été notées dès l'ouverture des premières fleurs. Ces visites sont très importantes à 11h, cette intense activité est peut-être expliquée par une sécrétion importante de nectar. A ce propos, Ribeiro et *al.*, (2017) ont dévoilé une différence significative du volume de nectar sécrété par les fleurs de l'orange durant les heures de la journée, ils ont révélé une intense sécrétion du nectar à 10h :30mn. Selon Vansell et *al.* (1942), il est à noter que le nectar d'orange est attractif lorsqu'il est concentré en sucre. Cette concentration est affectée par l'humidité de l'air, en effet, le nectar est riche en sucre par temps sec.

L'étude du comportement de butinage d'*A. mellifera* n'a pas révélé la collecte de pollen et toutes ses visites ont été destinées à la récolte du nectar. En général, les agrumes ne sont pas considérés comme une excellente source de pollen par les apiculteurs (Mc Gregor, 1976). Nos résultats concordent avec ceux de Ribeiro et *al.* (2017) qui ont rapporté que 90% des visites de l'abeille domestique sont consacrées à la récolte du nectar. Quant à Singh (2016), il a révélé la présence de trois espèces d'abeille de genre *Apis* sur les fleurs de l'orange collectant les deux produits nectar et pollen. Certaines abeilles collectent le nectar même avant l'ouverture des fleurs tout en essayant de l'ouvrir, ce comportement est peut être dû à la sécrétion du nectar par les bourgeons floraux. L'orange est l'une des rares fleurs qui sécrètent du nectar avant le développement des pétales (Vansell et *al.*, 1942).

Concernant l'efficacité pollinisatrice de l'abeille domestique sur les fleurs de l'orange durant les différentes heures d'observations, nos résultats ont démontré que cette dernière est plus performante à 08h et 16h et lente à 10h. Cette différence de vitesse est peut-être expliquée par le fait que le nectar est plus riche en sucre par temps sec, mais aussi par la quantité du nectar sécrétée. En effet, si l'abeille trouve que la fleur visitée est riche en nectar, elle va passer plus de temps à l'exploiter. Les résultats des travaux de Ribeiro et *al.* (2017) sur

l'orange vont dans le même sens en démontrant qu'une quantité importante du nectar est effectivement sécrétée à 10h30mn. En outre, l'abeille paraît plus active à des heures de la journée (8h et 16h) où les températures sont sensées être plus clémentes qu'à 10h.

L'abeille domestique étant le principal pollinisateur d'agrumes, le vent et les autres insectes ont un rôle minime. Pour cela, l'emplacement des colonies d'abeille a souvent été recommandé. Vansell et Watkins (1942) ont déclaré que certaines fleurs contenaient 1,5 charges d'abeilles de nectar, soit en moyenne 20 microlitres, contre 0,8 à 2,4 microlitres par fleur pour la luzerne, autre source importante de nectar. En raison de la quantité importante et de la qualité supérieure de miel que produisent les abeilles qui se nourrissent à base de fleurs d'agrumes, de nombreux apiculteurs installent leurs colonies dans ou à proximité de la plupart des vergers. D'un autre côté, et afin d'assurer une bonne pollinisation des fleurs, les producteurs d'agrumes doivent prévoir un nombre et un emplacement approprié de colonie d'abeille.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion et perspectives

Les investigations menées durant les années 2016, 2017 et 2018 dans la région de Tizi-ouzou sur 6 plantes maraichères et l'oranger ont décelé que l'abeille domestique est le principal pollinisateur de courgette et de l'oranger. Elle est aussi le principal visiteur de la pastèque à côté de quatre autres espèces d'abeilles solitaires: *Ceratina saundersi*, *Ceratina cucurbitina*, *Nomada* sp. et *Lasioglossum pauxillum*. Par ailleurs, deux Halictidae *L. pauxillum* et *Lasioglossum malachurum* semblent être les principaux pollinisateurs de la laitue et de l'oignon. Les deux légumineuses, la fève et le pois chiche, sont essentiellement pollinisées par d'autres espèces d'abeilles. Les fleurs de fève sont très prisées par deux espèces de la famille des Apidae, il s'agit d'*Eucera numida* et d'*Apis mellifera*. La fève est également bien butinée par *Bombus terrestris* et *Xylocopa violacea* (Apidae). Pour le pois chiche, se sont *Eucera decolorata* et *Eucera eucnemidea* (Apidae) qui sont les principaux pollinisateurs. *Lithurgus chrysurus* (Megachilidae) et *Apis mellifera* sont aussi des visiteurs assez fréquents de cette légumineuse.

L'étude de l'effet de la pollinisation entomophile sur la production de la fève et de l'oignon a révélé que la présence d'insectes pollinisateurs améliore significativement le rendement de ces plantes.

Concernant la distribution par famille des abeilles sur l'ensemble des plantes étudiées, les Apidae, avec en moyenne 65% des visites observées, sont les apoïdes les plus abondants. Les Halicidae viennent en deuxième position avec en moyenne 32 % des visites observées.

L'abeille domestique est la seule espèce commune à toutes ces plantes. Elle est l'insecte le plus efficace et le plus utilisé en terme de pollinisation. Son activité de butinage répond aux besoins nutritionnels de la colonie, avec une optimisation du butinage (Alleaume, 2012). Sa domestication est réalisée depuis très longtemps, l'homme l'élevait déjà en Egypte ancienne (il y'a 4000 ans), surtout pour la production de miel et de cire que pour n'importe quelles aptitudes supérieures de pollinisation (Batra, 1995 citée par Benachour, 2008).

Jusqu'à récemment, l'abeille domestique était considérée comme l'un des pollinisateurs les plus importants. On lui attribuait pas moins de 80% de l'activité de pollinisation dans les cultures agricoles. Son importance pourrait cependant avoir été nettement exagérée. Ainsi, en 2007, la population d'abeilles domestiques de Grande Bretagne a été responsable tout au plus d'un tiers de l'activité totale de pollinisation, le reste revenant aux pollinisateurs sauvages, en particulier aux abeilles sauvages. Une autre étude indique clairement que les abeilles sauvages butinant les fleurs augmentent la fructification dans les cultures agricoles même lorsque les abeilles domestiques sont abondantes. Comme l'a prouvé récemment une étude à l'échelle

Conclusion et perspectives

mondiale, au cours de laquelle l'activité pollinisatrice d'abeilles domestiques et de butineurs sauvages dans 41 cultures sur tous les continents a été comparée. En effet, sur certaines cultures et dans certaines conditions, l'abeille domestique n'est pas efficace (Batra 1995 citée par Benachour, 2008). Un exemple illustrant clairement l'inefficacité pollinisatrice de l'abeille domestique est celui de la légumineuse fourragère, *Medicago sativa* L. Selon Tasei (1978 citée par Benachour, 2008) l'abeille prélève du nectar sans déclencher la fleur ou ne participe que dans une très faible mesure à la pollinisation (taux de déclenchement des butineuses de nectar de 1% seulement). Les abeilles sauvages sont en règle générale les pollinisatrices les plus efficaces : quelques centaines d'abeilles maçonnes femelles de l'espèce *Osmia cornuta* suffisent pour polliniser un hectare de pommiers ou d'amandiers. Certaines fleurs dont le nectar est difficile à exploiter, évitée par l'abeille domestique, comme le trèfle rouge, la luzerne ou la tomate, sont visitées par des abeilles sauvages spécialisées (Pfiffner et Müller, 2014). Au Japon, *Osmia cornifrons* est élevée afin d'assurer la pollinisation de pommier (Sekita & Yamada 1993 citée par Benachour, 2008). L'efficacité pollinisatrice de ces espèces est due à leur comportement de butinage (fidélité à la plante hôte, butinage rapide, zone de butinage peu étendue, collecte et distribution de pollen efficaces). Les bourdons, meilleurs pollinisateurs que l'abeille domestique, sont utilisés dans les serres pour polliniser la tomate. Pour de meilleurs rendements, cette culture exige une pollinisation par vibration laquelle ne peut être accomplie par l'abeille domestique.

L'étude de comportement de butinage de l'abeille sauvage *Eucera numida* sur la fève montre aussi la supériorité pollinisatrice de cette espèce sur l'abeille domestique. Par ailleurs, plusieurs espèces d'abeilles sauvages volent même lorsque les températures et rayonnement solaire sont faibles et jouent un rôle important pour la pollinisation, notamment pour les arbres fruitiers. Cependant, l'abeille domestique supporte moins bien les conditions météorologiques défavorables en comparaison avec certaines espèces de bourdons. Elle s'adapte aussi moins bien aux conditions de la serre que les bourdons et a tendance à se détourner de la culture qu'elle butine au profit d'une source de nourriture plus rémunératrice (Pouvreau, 2004).

L'étude de l'efficacité pollinisatrice de certaines espèces d'abeilles à travers leur vitesse de butinage sur les fleurs des plantes étudiées a révélé que l'abeille domestique est la plus rapide sur les fleurs de l'oignon et de pastèque. Par contre, sur les fleurs de la fève, *E. numida* mâle est plus performant que l'abeille domestique. Quant au pois chiche, *E. decolorata* est plus rapide que *E. eucnemidea*. De même sur les fleurs de la laitue, *L. malachurum* est de loin la plus rapide que *L. pauxillum*.

Conclusion et perspectives

Le principal garant d'une pollinisation efficace des plantes sauvages et cultivées réside donc dans l'association de populations d'abeilles domestiques saines et de communautés importantes et riches en espèces d'abeilles sauvages. Selon Pfiffner et Müller (2014), les abeilles domestiques peuvent simplement compléter l'activité pollinisatrice des butineurs sauvages et non la remplacer. En effet, contrairement aux attentes, ce n'est pas le nombre d'abeille butineuses qui s'avère être le facteur le plus important pour le succès de la pollinisation du caféier mais la diversité des espèces d'abeilles, les abeilles domestiques ne peuvent donc être les seules pollinisatrices dans les écosystèmes.

Malheureusement, les populations des abeilles sauvages subissent d'année en année des fluctuations plus ou moins importantes. Les observations effectuées en certaines régions indiquent que si certaines espèces se maintiennent à un niveau stable, d'autres subissent des raréfactions, des régressions et voire même des disparitions (Pouvreau, 2004).

Les principales causes de déclin sont de deux ordres : l'exposition aux produits chimiques et la perte des ressources alimentaires. La première cause correspond à l'exposition des abeilles aux produits phytosanitaires ou pesticides dans les zones cultivées. Les abeilles sont exposées directement lors de l'application des traitements, mais également via les résidus de ces produits chimiques contenus notamment dans les matrices récoltées par les abeilles (Anonyme 6, 2013). Les pesticides, notamment les neurotoxiques désorientent les abeilles, modifient leur comportement et fragilisent leurs systèmes immunitaires. La seconde raison du déclin des abeilles correspond à la diminution des ressources alimentaires. Les abeilles ont besoin pour assurer leur cycle de vie, d'un pollen de qualité issu d'une flore diversifiée (source de protéines) et de nectar (source d'énergie). La diminution de la biodiversité dans les espaces agricoles, liée notamment à la monoculture a pour conséquence une réduction du nombre d'espèces de plantes disponibles et un raccourcissement de leur temps de floraison. Au manque de pollen qui entraîne l'absence de réserves suffisantes, s'ajoute un manque de diversité qui affecte la bonne santé des populations d'abeilles (Anonyme 6, 2013).

La modification des paysages (Holzschuh et al, 2007, in Lachaud et Mahé, 2008) qui résulte du changement des pratiques culturelles, pastorales et forestières, la régression extrême des cultures fourragères traditionnelles (luzerne, sainfoin, trèfle), et l'utilisation régulière d'herbicides sélectifs dans les grandes cultures, qui ne fournissent presque plus aucune ressource alimentaire aux abeilles (perte des communautés adventices et messicoles), ainsi que l'amendement systématique des prairies permanentes, qui favorise les Poacées au détriment des plantes à fleurs entomophiles (dicotylédones), complètent les raisons du déclin des populations de pollinisateurs sauvages (Lachaud et Mahé, 2008). Rasmont et al, (2003)

Conclusion et perspectives

citent de leur côté, en plus du désherbage des grandes cultures et la quasi disparition des Fabacées, le « nettoyage » exagéré des friches et bords de routes. Selon Lachaud et Mahé (2008), l'importance de la pollution qui masquerait une partie du parfum des fleurs et des phéromones sexuelles des abeilles rendant ainsi leurs recherches de nourriture et de partenaires pour leur reproduction, plus difficiles. L'intensification de l'urbanisation, la création de zones industrielles et le feu de forêts sont aussi les causes de la disparition de nombreux biotopes qui offrent habitat et nourriture aux insectes pollinisateurs.

La diminution des populations d'abeilles (domestiques et sauvages) entraînerait un appauvrissement de la biodiversité végétale mais aussi animale. De cette biodiversité dépend notre agriculture et donc notre sécurité alimentaire. La régression de ces populations d'insectes pollinisateurs peut avoir des effets plus ou moins graves pour la survie d'espèces végétales indigènes qui exigent la pollinisation entomophile entraînant des conséquences économiques fâcheuse. Des mesures de protection ciblées permettent de favoriser efficacement les abeilles sauvages. D'une manière générale, il convient d'accorder la plus haute priorité à la préservation d'habitats où les fleurs et petites structures sont abondantes. Chaque mesure visant à augmenter la quantité, la diversité et à améliorer la répartition des plantes à fleurs et des petites structures bien exposées au soleil est bénéfique pour la diversité des espèces et la taille des populations d'abeilles sauvages. Dans ce contexte, une proximité étroite entre les ressources alimentaires et les sites de nidifications ainsi que la présence permanente de fleurs du début du printemps et à la fin de l'été sont d'une importance cruciale (Pfiffner et Müller, 2014). Il est aussi recommandé de conserver des parcelles non cultivées à l'intérieur ou à proximité des terres cultivées, ces bandes non cultivées n'offrent pas seulement un habitat aux insectes auxiliaires (pollinisateurs ou prédateurs d'insectes nuisibles) mais peuvent entraîner l'augmentation du nombre de ces insectes sur les cultures d'où l'augmentation des rendements (Francis *et al.* 2003 ; Morandin & Winston, 2006 cités par Benachour, 2008).

Un autre moyen de protection et d'augmentation de la population des pollinisateurs sauvages est de sélectionner et d'élever les espèces les mieux adaptées à polliniser efficacement les fleurs des plantes cultivées. L'élevage d'espèces d'abeilles sauvages endémiques à l'Algérie pourrait être réalisé comme en Europe et en Amérique du Nord pour répondre au besoin de pollinisation des plantes qui ne sont pas pollinisées par l'abeille domestique.

En conclusion, les observations réalisées dans la région de Tizi-Ouzou sur quelques plantes maraîchères montrent que malgré le rôle majeur que joue l'abeille domestique dans la

Conclusion et perspectives

pollinisation de ces plantes, les abeilles sauvages restent des agents pollinisateurs intéressants. On peut donc affirmer que ces abeilles jouent un rôle complémentaire à celui de l'abeille domestique dans la pollinisation. Leur rôle complémentaire ne peut toutefois se manifester que dans les plantations où leur densité est suffisamment élevée, c'est à dire dans les vergers situés dans un environnement permettant la survie et le développement de leurs populations. Il apparaît donc essentiel de ne pas miser sur une seule espèce de pollinisateurs et de prendre en compte l'importance des interactions entre milieux naturel et cultivé pour la faune pollinisatrice comme pour la pollinisation des plantes cultivées mais aussi sauvages. C'est l'exemple des *Ophrys* pollinisés par leurre sexuel par des mâles d'Andrènes qui se nourrissent de nectar et pollen sur d'autres plantes dont des espèces cultivées. Comme, il est nécessaire de sensibiliser les agriculteurs quant au rôle joué par les abeilles domestiques et sauvages dans la pollinisation des cultures pour l'amélioration des rendements. Beaucoup de personnes, connaissent l'existence de l'abeille domestique et la production de miel et de cire mais pas le rôle accompli par ces abeilles dans la pollinisation.

Des coopérations entre cultivateurs et apiculteurs pourraient être organisés comme à l'ouest des Etats-Unis en Californie (les producteurs de semences louent des ruches aux apiculteurs). L'installation dans les champs et les vergers en floraison d'un nombre suffisant de colonies d'abeilles pour assurer une pollinisation adéquate des cultures permet non seulement l'augmentation des rendements de ces cultures mais aussi l'augmentation des rendements en miel.

Afin de mieux comprendre la complexité des relations abeilles-plantes, il serait utile de focaliser les futures études sur le comportement pollinisateur de diverses espèces d'abeilles sur d'autres plantes cultivées en vue de comparer l'impact de leur pollinisation sur la qualité du rendement. Dans le cadre de l'amélioration des variétés locales, il est souhaitable d'étudier davantage les abeilles qui participent à la pollinisation de ces cultures pour un rendement de qualité. Seul un travail long et régulier sur plusieurs groupes de plantes et d'abeilles pourra proposer des modèles cohérents. Il serait également intéressant de compléter le présent travail par l'étude des facteurs biotiques et abiotiques agissant sur les populations d'abeilles.

Par ailleurs, il est indispensable d'étudier notre faune apoïdienne. Les études doivent être étendues sur tout le territoire du pays et porter aussi sur la flore cultivée afin de mieux connaître la faune pollinisatrice de nos cultures. L'observation du comportement de butinage de ces espèces sauvages, ainsi que la connaissance de leur biologie et de leur comportement de nidification permettra de sélectionner les espèces les mieux adaptées à polliniser efficacement nos cultures et à entreprendre leur élevage.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abdul L., Saeed Ahmad M., Shafqat S., Naeem I., Qamar S. (2019). Diversity of pollinators and their role in the pollination biology of chickpea, *Cicer arietinum* L. (Fabaceae). *Journal of Asia-Pacific Entomology* , 22: 597-601.

Abu-Amer J.H., Saoub H.M., Akash M.W., and Al-Abdallat A.M. (2011). Genetic and Phenotypic Variation Among Faba Bean Landraces and Cultivars. *International Journal of Vegetable Science*, 17: 45-59.

Abrol D.P. (1988). Effect of climatic factors on pollination activity of alfafa pollinating subtropical bees *Megachile nana* Bingh and *Megachile flavipes* Spinola (Hymenoptera: Megachilidae). *Acta.Oecologica*, 9(4): 371-377.

Aguib S. (2006). Etude bioécologique et systématique des Hyménoptères Apoidea dans les milieux naturels et cultivés de la région de Constantine. Thèse de Magistère en Entomologie, Université Mentouri, Constantine, 161p.

Aguib S., Louadi K. & Schwarz M., (2010). Les Anthidiini (Megachilidae, Megachilinae) d'Algérie avec trois espèces nouvelles pour ce pays: *Anthidium florentinum* (Fabricius, 1775), *Anthidium amabile* (Alfken, 1932) et *Pseudoanthidium enslini* (Alfken, 1928). *Entomofauna*, 31: 121-152.

Aguib S., Louadi K., Schwarz M. (2014). Le genre *Stelis* Panzer 1806 (Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae) de l'Algérie avec une espèce nouvelle pour la faune de ce pays. *Entomofauna*, 35: 553-57.

Alan Walters S. and H.Taylor B. (2006). Effects of honey bee pollination on pumpkin fruit and seed yield. *Hort Science* , 41(2): 370-373.

Alleaume C. (2012). L'abeille domestique (*Apis mellifera*), exemple pour l'étude de l'attractivité des plantes cultivées sur les insectes pollinisateurs. Thèse de doctorat vétérinaire. École nationale vétérinaire d'Alfort, 102 p.

Aniruddha, M., S.K. Chakrabarty, and J.B. Yadav. (2014). Foraging behaviour of honeybees (*Apis spp*) (Hymenoptera: Apidae) in hybrid seed production of Indian mustard (*Brassica juncea*). *Indian Journal of Agricultural Science*, 84 (11), 1389-94.

Anonyme (2009). Céréaliculture. Revue de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC), N°40.

Anonyme (2010). Fiches techniques valorisées des cultures maraîchères et Industrielles. La culture de laitue. Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles (ITCMI).

Anonyme (2012). Légère base de la production agrumicole en 2011/2012 (<http://www.elmoudjahid.com>, Consulté en 2019).

Anonyme (2013). Consulté en 2019. *Apis Bruoc Sella asbl.* (<http://www.apisbruocsella.be/>).

Anonyme (2013). Santé des abeilles, Etat des lieux et rôle de l'Anses <http://www.anses.fr/fr/content/santé-des-abeilles> (ANSES).

Anonyme (2014). La production algérienne de fruits et légumes. L'essentiel de l'agroalimentaire et l'agriculture. Agroligne : n°87.

Anonyme. (2017). Les plantes potagères (les feuilles). <http://www.dev.scienceenlivre.org/document/plantes-potageres-les-feuilles.pdf>.

Aouar-sadli M., Louadi K. and Doumandji S. (2008). Pollination of the broad bean (*Vicia faba* L.var. *major*) (Fabaceae) by wild bees and honey bees (Hymenoptera: Apoidea) and its impact on the seed production in the Tizi-Ouzou area (Algeria). *African Journal of Agricultural Research*, 3 (4) : 266-272.

Aouar-sadli M. (2009). Systématique, éco-éthologie des abeilles (Hymenoptera : Apoidea) et leurs relations avec la culture de fève (*Vicia faba* L.) sur champ dans la région de Tizi-Ouzou. Thèse de Doctorat. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Faculté des Sciences biologiques et des Sciences agronomiques, 268p.

Aouar-Sadli M., Louadi K., Doumandji S. (2012). New Records of Wild Bees (Hymenoptera, Apoidea) for Wildlife in Algeria. *Journal of the Entomological Research Society (JERS)*, 14: 19-27.

Arigue S. (2004). L'entomofaune des Hyménoptères Apoidea dans la région saharienne d'El Oued (Djamaâ). Thèse de Magistère en Entomologie, Univ. Mentouri, Constantine, 102p.

Asif, S., S. Shafqat, and M. Asad. (2008). Pollinator Community of Onion (*Allium cepa* L.) and its Role in Crop Reproductive Success. *Pakistan Journal of Zoology*. (40): 451-456.

Asla T., 2002 - Contribution à l'étude de l'efficacité des travaux de D.R.S. en Kabylie (W. de Tizi-Ouzou) - Etat actuel et aspect morphologique des réseaux de banquettes : Utilisation d'un questionnaire d'enquête. Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 134p.

Avila C.J., Martinho M.R., Campos J.P. De. (1989). Pollination and pollinators in the production of fruits and hybrid seeds of squash (*Cucurbita pepo* var.melopepo). *Annals of the Entomological Society of Brazil*, 18 (1): 13-19.

Azo'o ela M., Messi J., Tchuenguem Fohouo F., Tamesse J. L., Kekeunou S., Pando J. B. (2010). Foraging behaviour of *Apis mellifera adansonii* and its impact on pollination, fruit and seed yields of *Citrullus lanatus* at Nkolbisson (Yaoundé, Cameroon). *Cameroon Journal of Experimental Biology*, 06 (01): 41-48.

Bakiri A., Louadi K. & Schwarz M. (2016). Le genre *Nomada* Scopoli, 1770 du Nord - Est de l'Algérie (Hymenoptera, Apidae, Nomadini). *Entomofauna* , 37 : 697-712.

Bakiri E. (2016). Monographie des insectes Hyménoptères Apoidea cleptoparasites en Algérie. Thèse de Doctorat 3ème cycle en Biologie Animale. Université Frères Mentouri Constantine. 128p

Barbier E. (1986). La pollinisation des cultures. Pourquoi ? Comment ? Ed Borione, Avignon, 480 p.

Barbier E. (1964). Pollinisation et fructification du Clémentinier. *Les Annales de l'Abeille*, 7 (1) : 63-80.

Batra S.W.T. (1984). Les abeilles solitaires. Comportement reproducteur, rôle important dans la pollinisation de plantes cultivées. *Pour la Science*, 78 : 58 – 68.

Battaglini, M. B. (1969). The importance of honeybees for fertilizing *Cucurbita pepo*. *Apicolt Italia*, 35 (1): 9-12.

Belhadi N. (2010). Effet des facteurs d'élevage sur la production et la qualité de lait de vache en région montagneuse. Thèse de Magister en agronomie, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 83p.

Benachour K., Louadi K. et Terzo M. (2007). 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). *Annales de la société entomologique de France*, 43 (2), 213-219.

Benachour K. (2008). Diversité et activité pollinisatrice des abeilles (Hymenoptera: Apoidea) sur les plantes cultivées. Thèse de doctorat en entomologie appliquée. Univ. Mentouri, Constantine, 151p.

Benachour K. & Louadi K. (2011). Comportement de butinage des abeilles (Hymenoptera : Apoidea) sur les fleurs mâles et femelles du concombre (*Cucumis sativus* L.) (Cucurbitaceae) en région de Constantine (Algérie). *Annales de la société entomologique de France* (n.s.), 47 (1–2) : 63-70.

Benarfa N. (2004). Inventaire de la faune apoïdienne dans la région de Tébessa. Thèse de Magistère en Entomologie, Univ. Mentouri, Constantine, 123p.

Bendifallah L. (2002). Biosystématique des Apoidea (abeilles domestiques et sauvages) dans quelques stations de la région orientale de la Mitidja. Thèse de Magistère en Sciences agronomiques, INA d'Alger, 208 p.

Bendifallah L., Louadi K., Doumandji S. (2010). Apoidea et leur diversité au Nord d'Algérie. *Silva Lusitana*, 18: 85-102.

Bendifallah L., Louadi K., Doumandji S., Iserbyt S. (2012). Geographical variation in diversity of pollinator bees at natural ecosystem (Algeria). *International journal of science and advanced Technology*, 2:26 -31

Bendifallah L., Louadi K., Doumandji S. (2013). Bee fauna potential visitors of coriander flowers *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae) in the Mitidja area (Algeria). *Verista, Journal of Apicultural Science*, 57:59-70.

Bendifallah L., Koudjil M., Acheuk F., Doumandji S., Louadi K., Boudia I., Achour O. (2015). Distribution spatio-temporelle des abeilles sauvages à travers les régions du Nord-Ouest d'Algérie. *Revue Nature et Technologie*, 12 : 86-99.

Benedek, G.E., and E. Gaal. (1972). The effect of insect pollination in seed onion with observations on the behaviour of honeybees on the crop. *Journal of Apicultural Research*, (11), 175-180 B.

Blumler M A., (1991). Modelling the origins of legume domestication and cultivation. *Econ. Bot.* 45 p.

Borneck, R. and Bricout, J.P. (1984). Evaluation de l'incidence économique de l'entomofaune pollinisatrice en agriculture. *Bulletin Technique Apicole*, (11) : 117–124.

Borneck, R. and Merle, B. (1989). Essai d'une évaluation de l'incidence économique de l'abeille pollinisatrice dans l'agriculture européenne. *Apiacta*, (24), 33-38.

Bessaoud O. (2019). Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie. Projet d'appui a l'initiative ENPARD Méditerranée, 81p.

Bouri A. et Gaouar S. (2018). Caractérisation génétique des accessions de pois chiche (Tlemcen). Contribution à l'analyse génétique et caractérisation de quelques variétés de Pois chiche (*Cicer arietinum*) au niveau de la wilaya de Tlemcen. *Editions universitaires européennes* 136p.

Burkle, L.A., Marlin, J.C. et Knight, T.M. (2013). Plant-Pollinator Interactions over 120 Years: Loss of Species, Co-Occurrence, and Function. *Science*, 339: 1611–1615.

.Cane J. H., Sampson Blair J. and. Miller Stephanie A. (2011). Pollination value of male bees: the specialist bee *Peponapis pruinosa* (Apidae) at summer squash (*Cucurbita pepo*). *Environmental Entomology*, 39(5): 000-000.

Chansigaud J. (1975). Etude du comportement d'*Andrena carantonica* Perez au cours de la floraison des pommiers de la variété Golden delicious. *Apidologie*, 6 (4) : 341-359.

Chase M. W. et Reveal J. L. (2009). A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*. vol. 161. p. 122-127

Chedded M.A. (2015). Analyse de l'impact des investissements agricoles réalisés dans le cadre du Plan National de Développement Agricole (PNDA) sur l'évolution des techniques de productions laitières, céréalières et oléicoles en Algérie : Etude de cas dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Thèse de Doctorat en sciences agronomiques. Université d'Avignon et des pays de Vaucluse, 153p.

Cherair E.-H., Scheuchl E., Doumandji S., Louadi K. (2013). A new record and a new subspecies of *Andrena haemorrhoa* (Fabricius, 1781) in Algeria (Hymenoptera : Apoidea : Adrenidae). *African Entomology* 21: 287- 293.

Cherair El-Hachemi M. (2016). Etude éco-éthologique du peuplement d'Apoïdes (Hymenoptera, Aculeata) en milieu steppique (Région de Djelfa). Thèse de Doctorat en sciences agronomiques, INA d'Alger: 146 p.

Chichoune H., Benachour K., Louadi K., Javier Ortiz-Sánchez F. (2018). Premières données sur les Halictidae (Hymenoptera : Apoidea) de la région de Batna (Est algérien), *Annales de la Société entomologique de France* ? 54:1-17.

Collison, C.H. (1973). Nectar secretion and how it affects the activity of honey bees in the pollination of hybrid pickling cucumbers, *Cucumis sativus* L. M.Sc. Thesis, Michigan State University, East Lansing, USA.

Corbet, S.A., William, I.H. et Osborne, J.L. (1991). Bees and the pollination of crops and wildflowers in the European Community. *Bee World*, 72: 47–59

Couto R.H.N., Peirera J.M.S., Couto L.A. (1990). Effects of pollination in *Cucurbita pepo* (summer squash). *Cientifica*, 18 (1): 21-27.

Crété P. (1965). Précis de botanique tome 2 .Systématique des angiospermes. Edition Masson et Cie: 238-246

Das Graças Vidal M., Avid De Jong D., Chris Wien H. and A. Morse R. (2010). Pollination and fruit set in pumpkin (*Cucurbita pepo*) by honey bees. *Revista Brasil. Bot.*,33(1):107-113.

Delaplane K.S.et Mayer D.F. (2000). Crop pollination by bees. CABI publishing. 344p.

Devika Rani D, Triveni B, Nandini and Narsa Reddy G (2017). Study of Evaluation of Foraging Behaviour of Major Insect Pollinators on Summer Squash (*Cucurbita Pepo* L.). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(5): 28-30.

Dhaliwal S. M. (2017). Handbook of vegetable crops, Cucurbits (chapter 5). Pp 77-147.

Dibos C. (2011). Interactions plante - pollinisateur : caractérisation de la qualité du pollen de deux cucurbitacées durant son ontogenèse, sa présentation et son transport sur le corps de l'abeille domestique. Thèse de Doctorat en sciences agronomiques. Université d'Avignon et des pays de Vaucluse, 191p.

Djouama H., Louadi K., Scheuchl E. (2016). Inventaire préliminaire du genre *Andrena* (Hymenoptera : Apoidea, Andrenidae) de quelques localités sahariennes de l'est de l'Algérie. *Annales de la Société entomologique de France* , 52: 300-310.

Eischen, F.A., (2000). Pollination research and agriculture. *Am. Bee J.*, 140: 118-119.

Esther Julier H. and T'ai H. Roulston. (2009). Wild bee abundance and pollination service in cultivated pumpkins: farm management, nesting behavior and landscape effects. *Journal of Economic Entomology*, 102 (2): 563-573.

Ewies M.A. and EL-Sahhar K. F. (1977). Observations on the behaviour of honeybees on onion and their effects on seed yield. *Journal of Apicultural Research*, 16 (4), 194-196.

FAO (2019). L'importance des abeilles dans la biodiversité et leur contribution à la sécurité alimentaire et nutritionnelle.

Feller, C., H. Bleiholder, L. Buhr, H. Hack, M. Hess, R. Klose, U. Meier, R. Stauss, T. van den Boom und E. Weber (1995). Phiinologische Entwicklungsstadien von

Gemlisepflanzen. I. Zwiebel-, Wurzel-, Knollenund Blattgemlise. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 47 (8), 193-206

Fluri P., Pickhardt A., Cottier V. et Charrière J. (2001). La pollinisation des plantes à fleurs par les abeilles - Biologie, Écologie, Économie. Agroscope Liebefeld-Posieux, Centre de recherche apicole, CH-3003 Bern.

Free J.B. (1993). Insect pollination of crops. 2nd ed. Academic Press, London.

Franklin, D.F. (1970). Problems in the production of vegetable seed. In: The indispensable pollinators. *Arkansas Agricultural Extension Service Miscellaneous Publications*, (127), 112-140.

Garibaldi, L.A., Carneiro, L.G., Vaissière, B.E., Gemmill-Herren, B., Hipólito, J., Freitas, B.M. et al. (2016). Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Science*, 351: 388-391.

Gasim S. M. and Abdelmula A. A. (2018). Impact of Bee Pollination on Yield of Faba Bean (*Vicia faba* L.) Grown under Semi-Arid Conditions. *Agricultural Sciences*, 9, 729-740.

Georges, T., and T.F. Fernand-Nestor. (2014). Foraging and pollination activity of *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera: Apidae) on flowers of *Allium cepa* L. (Liliaceae) at Maroua, Cameroon. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, (5), 139-153.

Goubara M. and Takasaki T. (2003). Flower visitors of lettuce under field and enclosure conditions. *Applied Entomology and Zoology*, 38 (4): 571–581.

Goubara M. and Takasaki T. (2003). Pollination effects of the sweat bee *Lasioglossum villosulum trichopse* (Hymenoptera: Halictidae) on genic male-sterile lettuce. *Applied Entomology and Zoology*, 39(1): 163–169.

Grajales-Conesa J., Meléndez Ramírez, V., Cruz-López, L. and Sánchez, D. (2013). Native bees in blooming orange (*Citrus sinensis*) and lemon (*C. Limon*) orchards in yucatán, mexico. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 29 (2) : 437-440.

Greatti M., Zoratti M.I., Trouillier J. (1997). Une autre ressource pour l'apiculteur: l'aide à la pollinisation. De l'abeille de France n° 832.

Hamza N. (2014). Application des mycorhizes arbusculaires en culture maraîchère cas de la pastèque (*Citrullus lanatus*). Thèse de Magister en biologie et physiologie végétale. Université Ferhat Abbas Sétif, 54p.

Hebie I. (2001). Etude expérimentale sur la production de semences de nouvelles variétés dans la région de bazega: cas de *Lactuca sativa* et des hybrides F1 de *Hibiscus esculentus* et de *Solanum melongena*. Mémoire de fin d'étude en agronomie, Université polytechnique de Boso-Dioulasso (U.P.B), 47p.

Hodges, L. and Baxendale, F. (1995). Bee pollination of cucurbit crops. Institute of Agriculture and Natural Resources. University of Nebraska-Lincoln.

Hugh c. Cutler and Thomas W. Whitaker. (1961). History and distribution of the cultivated cucurbits in the Americas. *American Antiquity*, 26 (4) : 469-485.

Ikhlef H. (2015). Contribution à l'étude systématique et écologique des abeilles sauvages(Hymenoptera : Apoïdea) et l'influence de leur pollinisation sur le rendement du Sulla dans la région de Tizi-Ouzou. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Faculté des Sciences biologiques et des Sciences agronomiques, 108p

INRA. (2005). Mesure de l'importance agronomique et économique des insectes pollinisateurs. Service Presse INRA.

Jacob-Remacle, A. (1989 a). Comportement de butinage de l'abeille domestique et des abeilles sauvages dans des vergers de pommiers en Belgique. *Apidologie*, (20), 271-285.

Jacob-Remacle A., 1989 b - Relations plantes-abeilles solitaires en milieu urbain : l'exemple de la ville de Liège. *Comptes rendus du Symposium « Invertébrés » de Belgique* : 387-394.

Jacob-Remacle A. (1990). Les abeilles sauvages et pollinisation. Unité de Zoologie Générale et Appliquée. Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, 40 p.

Jaccon G. (2015). FABACÉES : Légumineuses, Papilionacées.(www.gilbertjac.com).

Jean-Marie, P. (1991). La pollinisation par les abeilles. Pose de colonies dans les cultures en floraison en vue d'accroître les rendements des productions végétales. EDISUD, Aix-en-Provence.

Jones, H. A. (1927). Pollination and life history studies of lettuce (*Lactuca Sativa* L.). *Hilgardia*, 2: 425-448.

Jones, H.A. (1937). Onion improvement, USDA Yearbook 1937, 233-250.

Khelloul L. (2014). Inventaire qualitatif et quantitatif des pucerons inféodés à a culture de la fève. Dynamique des populations de certaines espèces caractéristiques dans deux parcelles de fève *Vicia faba minor* et *Vicia faba major* dans la région de Tizi-Rached (Tizi-Ouzou). Thèse de Magister en Sciences Biologique, Université de Tizi-Ouzou, 122 p.

Korichi Y. (2015). Contribution à l'étude systématique et éco-éthologique des abeilles sauvages (Hymenoptera: Apoïdea) dans la région de Tizi-Ouzou. Thèse de Magister. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 95 p.

Koltowski Z.(1996). Influence of pollinating insects on yield of several field bean cultivars (*Vicia faba* L. spp. minor Harz). *Pszczelnictwo Zeszyty Naukowe* 40(1): 77-93.

Krug C, Alves-dos-Santos I. and Ames Cane J. (2010). Visiting bees of *Cucurbita* flowers (Cucurbitaceae) with emphasis on the presence of *Peponapis fervens* Smith (Eucerini, Apidae) Santa Catarina, Southern Brazil. *Oecologia Australis.*, 14(1): 128-139.

Kumar Jitender, Mishra R. C. and Gupta J. K. (1985). The effect of mode of pollination on *allium* species with observation on insects as pollinators. *Journal of Apicultural Research*, 24(1), 62-66.

Kyllönen T. (2018). Effects of pollination on pod distribution in faba Bean (*vicia faba* L.). Master's thesis. University of Helsinki, 63 p.

Lachaud A. et Mahé G. (2008). Contribution à la connaissance de la diversité des abeilles sauvages de Loire-Atlantique. Bretagne vivante – SEPNEB, Brest, 89p.

Link, W., A.A. Abdelmula, E. Von Kittlitz, S. Bruns, H. Riemer, and D. Stelling. (1999). Genotypic variation for drought tolerance in *Vicia faba* L. *Plant Breeding*, 118: 477–483.

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*, 103(5) : 691-702.

Louadi K., Doumandji S. (1998b). Note d'information sur l'activité des abeilles (domestiques et sauvages) et l'influence des facteurs climatiques sur les populations. *Sciences & Technologies*, (9) : 83-87.

Louadi K. (1999 a). Systématique, éco-éthologie des abeilles (Hymenoptera, Apoidea) et leurs relations avec l'agrocénose dans la région de Constantine. Thèse de Doctorat d'Etat, Sciences Naturelles, Université Mentouri, Constantine, 202p.

Louadi K. (1999 b). 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., Benachour K., Berchi S. (2007a). Floral visitation patterns of bees during spring in Constantine, Algeria. *African Entomology*, 15(1): 209-213.

Louveaux J., 1980 - *Les abeilles et leur élevage*. Ed. Hachette, Paris, 230 p.

Maatallah R. (2003). Inventaire de la faune apidienne dans la région de Skikda. Thèse de Magistère en Entomologie, Univ. Mentouri, Constantine, 172p.

Maghni N. (2006). Contribution à la connaissance des abeilles sauvages (Hymenoptera : Apoidea) dans les milieux naturels et cultivés de la région de khenchela. Thèse de Magistère en Entomologie, Univ. Mentouri, Constantine, 127 p.

Maghni N, Louadi K, Ortiz-Sanchez FJ, Rasmont P. (2017). Les Anthophores de la région des Aurès, nord-est de l'Algérie (Hymenoptera : Apidae : Anthophorini). *Annales de la Société entomologique de France*, 53: 55-73.

Malerbo-Souza D. T., Nogueira-Couto R. H., Couto L. A. (2004). honey bee attractants and pollination in sweet orange, *Citrus sinensis* L. OSBECK, VAR. PERA-RIO.

Marzinzig Birgit, Brünjes Lisa, Biagioni Siria, Behling Hermann, Link Wolfgang and Westphal Catrin (2018). Bee pollinators of faba bean (*Vicia faba* L.) differ in their foraging behavior and pollination efficiency. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 264: 24-33.

Mc Gregor S.E. (1976). Insect pollination of cultivated crops plants. US Department of Agriculture, Agriculture Handbook No 496, Washington, 411 p.

Mesquida J., Le Guen J., Tasei Jn., Carre S. et 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.

Michelbacher, A. E., Ray F. Smith, and P. D. Hurd, Jr. (1964). Bees are essential pollination of squash, gourds, and pumpkins. *California Agriculture*, 18: 2-4.

Michelbacher A.E., Smith Ray F., Hurd P.D. Jr. (1964). Bees are essential... Pollination of Squash, Gourds, and pumpkins. *California Agriculture*, 18: 2-4.

Michener C.D. (2000). The Bees of the World. The Johns Hopkins University Press, 807p.

Mortaza, R.A., H. Sadeghi-Namaghi, and H. Mojtaba. (2013). Effects of insect pollinators on onion seed production quality and quantity. *Journal of Crop Protection*. (4): 395-402.

Mudssar A., Shafqat S., Asif S and Muhammad Amjad B.(2014). Exploring the best native pollinators for pumpkin (*Cucurbita pepo*) production in Punjab, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology*, 46(2): 531-539.

Musallam Iyad W., Haddad Nizar J., Tawaha Abdel-rahman M. and Migdadi Osama S. (2004). The Importance of Bee-Pollination in Four Genotypes of Faba Bean (*Vicia faba* L.). *International journal of agriculture & biology*, 6(1): 9-12.

Nepi M., Pacini E. (1993). Pollination, Pollen Viability and Pistil Receptivity in *Cucurbita pepo*. *Annals of Botany*, 72: 527-536.

Nevkryta, A. N. (1953). Insects pollinating cucurbit crops. 92 pp. [Kiev] Akad. Nauk Ukrain. SSR. AA153/61.

Nieto, A., Roberts, S.P.M., Kemp, J., Rasmont, P., Kuhlmann, M., García Criado, M., et al. (2014). European Red List of Bees. Luxembourg: Publication Office of the European Union.

Njoroge G.N., Gemmill B., Bussmann R., Newton L.E. and Ngumi V.W. (2004). Pollination ecology of *Citrullus lanatus* at Yatta, Kenya. *International Journal of Tropical Insect Science*, 24 (1): 73-77.

Njoroge G.N., Gemmill B., Bussmann R., Newton L.E. and Ngumi V.M. (2010). Diversity and efficiency of wild pollinators of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.) at Yatta (Kenya). *Journal of Applied Horticulture*, 12(1): 35-41.

Nye, W. P., N.S. Shasha'a, W.F. Campbell, and A.R. Hamson. (1973). Insect Pollination and Seed Set of Onions (*Allium cepa* L.). Pollinating Insects Research Unit.

Praloran C., 1971 - Les agrumes. Ed. editeur 8348, Paris, n° 5, p. 25.

Patiny S. et Terzo M., (2010). Catalogue et clé des sous-genres et espèces du genre *Andrena* de Belgique et du nord de la France (Hymenoptera, Apoidea). Université de Mons Laboratoire de Zoologie B-7000 Mons, 39 p.

Pauly A., (2014). Clé des Halictidae de Belgique. Document de travail de *Atlas Hymenoptera*.

Payette A. (1996). Les Apoïdes du Québec: Abeilles et agriculture. *L'Abeille*, 16 (4): 14-15.

Pesson P, Louveaux J (1984). Pollinisation et productions végétales. INRA, Paris, pp. 663.

Pfiffer L. et Müller A. (2014). Abeilles sauvages et pollinisation. Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL).

Pierre J., Le Guen J. Pham Delègue MH., 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. *equine* 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 MJ, Moreno MT, 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 : 312-318.

Poole, C. F. and Porter D.R. (1933). Pollen germination and development in watermelon. *American Society for Horticultural Science*, 30: 526-530.

Pouvreau A. (2004). Les insectes pollinisateurs. Delachaux & Niestlé, 157 p.

Rao, G.M. and M.C. Suryanarayana, (1988). Studies on pollination of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.). *Indian Bee Journal.*, 50: 5-8.

Rasmont, P., J.Leclercq, A.Jacob-Remacle, A.Pauly & C.Gaspar, (1993) The faunistic drift of Apoidea in Belgium. pp. 65-87 in E. Bruneau, Bees for pollination, Commission of the European Communities, Brussels, 237 p.

Rasmont P., Y. Barbier, S. Iserbyt, R. Wahis & M. Terzo. (2003). Jean-Henry Fabre pourrait-il observer aujourd'hui tous ces insectes? pp. 209-220 in Jean-Henri Fabre, un autre regard sur l'insecte. Actes du colloque International sur l'Entomologie, 18-19 octobre 2002. Saint-Léons en Lévézou (France, Aveyron). Conseil général de l'Aveyron, Rodez, 275 p.

Rasmont P., et Terzo M., (2010). Catalogue et clé des sous-genres et espèces du genre *Bombus* de Belgique et du nord de la France (Hymenoptera, Apoidea). Université de Mons Laboratoire de Zoologie. 28p. Ribeiro Sousa G., Alves E., Lopes De Carvalho C. A.

(2017). Biology of pollination of *Citrus sinensis* variety 'PERA RIO'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39 (2), 1-8.

Rasmont P. & Iserbyt S. (2012). The Bumblebees Scarcity Syndrome: Are heat waves leading to local extinctions of bumblebees (Hymenoptera: Apidae: Bombus)? *Annales de la Société entomologique de France*, (N.S.) 48(3-4: 275-280.

Reta Sanchez D.G., Santos Serrato Corona J., Viramontes R.F., Cueto Wong J.A., Padilla S.B., César J.S. (2008). Cultivos alternativos con potencial de uso forrajero en la comarca lagunera, Primera, Mexico, pp 41

Richard K.W. and Edwards P.D., (1988). Density, Diversity and efficiency pollinators of sainfoin, *Onobrychis viciaefolia* Scop. *The Canadian Entomologist*, 120 (12): 1085-1100.

Robinson, W.S., Nowogrodzki, R. and Morse, R.A. (1989) The value of honey bees as pollinators of U.S. crops. *American Bee Journal*, 129: 411-423, 477-487.

Sanduleac, e. (1959). Data on the entomophilous pollination and the selection Of Cucurbitaceae. *Lucr. Stiint. Stat. Cent. Seri. Apic.* 1: 129-132. [in romanian.] Aa-431/61.

Sanford, M.T. (1992). Bee keeping: Watermelon pollination. Co-operative extension service RF-AA091, Florida.

Schweisguth, B. (1976). Physiologie de l'oignon, adaptation des cultivars et aptitude à la conservation. INVUFLEC. France, pp. 27-32.

Sedgley M. and Buttrose M.S. (1978). Some effects of light intensity, daylength and temperature on Flowers and pollen tube growth in the watermelon (*Citrullus lanatus*). *Annals of Botany*, 42: 609-616.

Shebl Mohamed A. & Farag Mahmoud (2015). Bee diversity (Hymenoptera: Apoidea) visiting Broad Bean (*Vicia faba* L.) flowers in Egypt. *Zoology in the Middle East*, 61(3) : 256–263.

Selka O. (2007). Étude des infestations des fruits de *Citrus sinensis* var. *San guinelli* par *Ceratitidis capitata* (diptera : tephritidae) et par la microflore pathogène dans la plaine d'hennaya (Tlemcen). Thèse de Magister en écologie animale. Université d'Abou bekr Belkaid-Tlemcen.

Saxena M.C. (1991). Status and scope for production of faba bean in the Mediterranean countries. *Options Méditerranéennes. Série Séminaires* 10: 15-20.

Schweisguth B. (1976). Physiologie de l'oignon, adaptation des cultivars et aptitude à la conservation. Institut National de Vulgarisation pour les Fruits, Légumes et Champignons (INVUFLEC). France, pp 27-32.

Singh A. K. (2016). Insect pollinators of sweet orange and their attributes. *Indian Journal of Entomology*, 78(1): 46-50.

Somerville Doug (2002). Honeybees in faba bean pollination. NSW Agriculture .Agnote DAI-128.

Sonnet M., Jacob-Remacle A. (1987). Pollinisation de la légumineuse fourragère *Hedysarum coronarium* L. en Tunisie. *Bulletin des Recherches Agronomiques de Gembloux, Belgique*, 22(1): 19-32.

Stanghellini, M.S., J.T. Ambrose and Schultheis J.R., (2002). Diurnal activity, floral visitation and pollen deposition by honey bees and bumblebees on field-grown cucumber and watermelon. *Journal of Apiculture. Research*, 41: 27-34

Stoddard FL, Bond DA (1987). The pollination requirements of the faba bean. *Bee World*, 68(3): 144-152.

Stone, G.N., P. Willmer, and J.A. Rowe. (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.

Taha, El-Kazafy A, et Yousry A B.. s. d. (2009). The Value of Honey Bees (*Apis Mellifera*, L.) as Pollinators of Summer Seed Watermelon (*Citrullus Lanatus Colothynthoides* L.) in Egypt. *Acta Biologica Szegediensis*, 53(1) : 33-37.

Tasei J.N. (1976). Les insectes pollinisateurs de la féverole d'hiver (*Vicia faba equina* l.) et la pollinisation des plantes mâle-stérile en production de semence hybride. *Apidologie* 7(1): 1-38.

Tepedino V.J. (1981). The pollination efficiency of the squash bee (*Peponapis pruinosa*) and the honey bee (*Apis mellifera*) on summer squash (*cucurnita pepo*). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 54(2): 359-377.

Terzo M. et Rasmont M. (2010). Clé des genres d'apoïdes d'Europe occidentale. Laboratoire de Zoologie, Université de Mons-Hainaut, pp. 23- 59.

Thompson, R. C. (1933). Natural cross-pollination in lettuce. *American Society for Horticultural Science Proc.* 30: 545 - 547.

Vaissière B. E. (2002). Abeilles et pollinisation. *Le courrier de la Nature* **196**, Spécial Abeilles : 24-27.

Vaissière B. E. (2005). Abeilles, pollinisation et pesticides. Copyright Académie d'Agriculture de France.

Vansell H. and Watkins,G.(1942). Orange nectar and pollen in relation to bee Activity. *Journal of economic entomology*, 35(3): 321-323.

Varis Anna-Liisa and Brax Raija (1990). Effect of bee pollination on yield and yield components of field bean (*Vicia faba* L.). *Journal of agricultural science in finland, Maataloustieteellinen Aikakauskirja*, 62: 45-49.

Vidal M., De Jong D, WIEN H. C. and Morse R. A. (2006). Nectar and pollen production in pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Revista Brasileira de Botânica*, 29(2) : 267-273.

Vidal M., De Jong D, Wien H. C. and Morse R. A. (2010). Pollination and fruit set in pumpkin (*Cucurbita pepo*) by honey bees. *Revista Brasileira de Botânica*, 33 (1): 107-113.

Vilain J. (1997). Pollinisation de la courgette. Fiche technique. Groupement Regional des Apiculteurs Pollinisateurs Professionnels "Méditerranéen".

Wadlow R. V. (1970). Pollination of crops in Florida, pp. 61-63, *in*: The Indispensable Pollinators, Publications of the Michigan Agricultural Extension service 127.

Wehner T (2008). Watermelon *in* Vegetables I Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae and Cucurbitaceae. Handbook of plant breeding volume I.

Wills D.A., Wearing A.H. (1993). The effect of honeybee pollination on yield and fruit quality in zucchini (*Cucurbita pepo* L). Australasian Postharvest Conference: 373.

Wolfenbarger D.D. (1962). Honey bees increase squash yields, Florida Agric. Experiment station Research Report, 7(1): 15-19.

Zdzislaw, W., J. Giejdasz, and G. Proszynski. (2004). Effect of pollination on onion seeds under isolation by the mason bee (*Osmia rufa* L.) (Apoidea, Megachilidae) on the setting and quality of obtained seeds. *Journal of Apicultural Science*, (4), 35-41.

Zorrig W. (2011). Recherche et caractérisation de déterminants contrôlant l'accumulation de cadmium chez la laitue "*Lactuca sativa*". Thèse de Doctorat en sciences biologique, Université Tunis El Manar, 246p.

ANNEXES

Annexes

Annexe 1. Données climatiques mensuelles de la wilaya de Tizi-Ouzou (période 2007-2017) (données de l'office météorologique de Boukhalfa).

Températures moyennes mensuelles

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2007	11.4	13.0	12.3	15.7	19.5	23.3	27.5	28.1	23.7	19.4	13.6	10.6
2008	11.0	12.6	13.0	16.3	18.8	23.5	27.9	27.8	24.4	19.8	13.5	13.1
2009	10.8	10.4	12.7	14.0	20.8	25.2	29.6	28.0	22.8	19.3	15.3	15.8
2010	11.4	12.8	13.7	16.4	17.6	22.6	27.7	27.2	23.6	19.2	14.3	11.2
2011	10.6	10.3	13.4	17.6	19.7	23.2	27.5	28.5	24.8	19.6	15.7	11.7
2012	9.9	6.5	13.3	15.3	19.9	26.4	27.8	30.3	24.4	20.8	16.3	11.9
2013	10.8	9.4	14.3	15.8	17.5	22.0	26.7	26.9	24.1	23.1	13.6	11.2
2014	12.3	12.8	12.3	17.5	19.2	23.7	27.0	28.0	26.2	21.6	17.3	10.9
2015	9.9	9.8	13.1	17.3	21.4	24.7	29.7	28.8	24.4	20.2	14.9	12.2
2016	12.8	12.6	12.5	16.1	19.0	24.3	27.9	27.1	24.3	22.5	15.7	12.6
2017	8.9	12.7	14.5	16.4	21.8	26.4	29.4	29.7	23.9	19.5	13.7	10.4
2018	11.2	9.9	13.6	16.5	17.8	22.8	27.8	27.4	25.3	19.1	14.9	11.9

La pluviométrie (mm)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2007	8.4	63.4	284.6	201.5	23.8	14.9	11.3	1.8	56.9	210.4	257.8	89.2
2008	8.7	11.8	88.1	32.3	96.8	14.0	7.2	0	34.6	66.1	190.3	115.4
2009	221.0	42.4	92.0	132.6	69.1	0.0	2.6	7.3	169.8	40.4	116.5	140.3
2010	82.4	61.1	97.4	93.6	59.3	27.6	1.8	25.9	25.4	113.4	143.5	76.1
2011	90.9	146.9	89.9	106.5	153.1	41.1	1.7	0.2	7.5	34.1	156.6	120.6
2012	69.5	269.5	97.8	146.8	40.2	1.1	0.0	6.4	10.9	96.3	68.7	39.8
2013	211.8	185.7	93.5	64.5	151.6	0.0	0.3	11.3	37.6	39.0	164.9	103.7
2014	110.1	110.2	172.4	5.3	10.0	48.4	0.2	3.6	11.8	26.5	61.6	272.4
2015	200.9	181.5	70.2	0.0	10.4	15.3	4.1	2.6	41.1	81.7	102.7	0.0
2016	59.9	96.2	185.3	61.8	68.4	5.9	0.0	0.0	4.2	16.6	68.4	150.1
2017	250	36	29	37.0	2	8.8	0.4	0	37.8	35.3	126	138.0
2018	31	108	187	102.0	33	34	0.5	0	42	182	175	44.0

Humidité moyenne (%)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2007	80	79	98	84	72	69	56	59	67	77	81	86
2008	83	79	78	70	78	68	60	59	65	77	78	83
2009	60	47	48	54	42	29	31	35	49	49	51	58
2010	80	77	78	80	73	68	59	62	70	74	79	76
2011	84	83	78	76	77	75	68	68	69	75	81	85
2012	84	88	81	76	71	61	60	49	65	69	79	83
2013	80	80	73	77	78	65	64	60	73	69	83	83
2014	78	76	81	67	68	64	57	58	62	68	69	84
2015	82	80	75	71	62	60	51	59	65	72	80	75
2016	76	73	76	75	71	59	55	59	62	65	72	85
2017	82	75	72	68	62	58	49	56	61	66	76	83
2018	79	80	75	75	80	68	59	60	67	76	77	83

Vent moyen (m/s)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2007	1.0	2.3	2.2	1.6	1.6	2.3	2.2	2.0	1.4	1.2	1.0	0.3
2008	0.6	0.6	2.3	1.5	1.4	1.1	2.3	2.3	1.5	1.0	1.2	0.8
2009	1.5	1.3	1.4	1.1	1.2	1.8	1.8	1.7	1.1	0.7	0.5	1.2
2010	2.1	1.5	1.1	0.8	1.0	1.3	1.8	1.3	1.4	1.0	0.9	0.9
2011	0.2	1.2	0.7	1.1	xx	xx	xx	xx	1.1	0.5	0.6	0.3
2012	0.3	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	0.7	0.6	1.1	0.9
2013	1.5	1.6	2.6	1.9	1.9	1.7	1.8	1.3	1.3	xx	xx	xx
2014	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
2015	1.0	2.0	1.3	1.7	xx	xx	xx	xx	2.8	2.3	1.7	1.4
2016	2.2	2.5	2.5	2.1	2.7	2.5	2.8	2.5	1.8	1.7	1.5	0.9
2017	1.5	2.2	2.1	2.2	2.2	2.7	2.4	2.9	2	1.2	1.0	1.0
2018	1.5	0.8	1.9	1.2	0.7	0.3	1.2	1.9	1.6	1.3	1.3	0.8

Durée d'insolation (heures)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2007	195	168	197	154	261	296	353	312	233	182	191	141
2008	182	187	221	262	193	294	300	315	172	101	182	139
2009	108	170	239	197	104	98	111	101	72	241	183	106
2010	140	109	180	200	240	311	368	317	267	209	114	142
2011	142	156	211	243	244	291	356	341	282	233	134	145
2012	201	155	207	210	309	298	344	333	237	232	151	172
2013	140	126	161	231	241	352	335	335	237	210	120	163
2014	161	164	181	278	320	313	360	333	244	256	150	122
2015	143	114	221	297	307	354	395	321	249	211	191	215
2016	168	159	182	217	276	347	377	366	260	234	171	140
2017	133	154	273	270	312	341	349	307	295	271	170	127
2018	203	140	155	199	212	340	325	336	225	196	171	187

Résumé

Les investigations menées durant les années 2016, 2017 et 2018 dans la région de Tizi-ouzou sur les Apoïdes pollinisateurs de six plantes maraichères et un arbre fruitier en l'occurrence l'oranger, ont décelé que l'abeille domestique est le principal pollinisateur de la courgette, de la pastèque et de l'oranger. Cette abeille est également le principal visiteur de la pastèque à côté de quatre autres espèces d'abeilles solitaires (*Nomada sp.*, *Ceratina saundersi*, *Ceratina cucurbitina*, et *Lasioglossum pauxillum*). Les deux Halictidae *L. pauxillum* et *L. malachurum* semblent être les principaux pollinisateurs de la laitue et de l'oignon. En revanche, les deux légumineuses, la fève et le pois chiche, sont essentiellement pollinisées par d'autres espèces de la famille des Apidae : *Eucera numida*, *Eucera decolorata* et *Eucera eucnemidea*. La Megachilidae *Lithurgus chrysurus* est aussi le visiteur le plus fréquent du pois chiche. Par ailleurs, nos résultats révèlent que l'activité de butinage des abeilles suit l'anthèse des fleurs étudiées. Elle commence dès l'ouverture des premières fleurs et s'intensifie avec l'augmentation du nombre de fleurs ouverte. L'étude du comportement et l'efficacité de butinage des abeilles les plus abondantes sur les fleurs a dévoilé que toutes les visites des abeilles peuvent être fécondantes sauf chez la fève dont 72% des visites de l'abeille domestique destinées à la collecte de nectar ne sont pas fécondantes (butinage négatif). De plus, l'étude de l'effet de la pollinisation entomophile sur la production de la fève et de l'oignon a révélé que la présence d'insectes pollinisateurs améliore significativement le rendement. Chez la fève, le poids moyen de la récolte en graines des quadrats libres est trois fois plus élevé que celui des quadrats encagés. Quant à l'oignon, la présence d'abeilles butineuses améliorerait considérablement le rendement, enregistrant un avantage économique d'environ 98% pour le poids moyen des graines par quadrat et par plante.

Mots-clés : Abeilles sauvages, abeilles domestiques, butinage, pollinisation, plantes maraichères, oranger, rendement, Tizi-Ouzou

Abstract

Investigations carried out during the years 2016, 2017 and 2018 in Tizi-Ouzou region on the Apoids pollinators of six vegetable plants and one fruit tree the orange tree, identified the honey bee as a main pollinator of squash, watermelon and orange tree. This bee was also the main visitor to the watermelon alongside four other species of solitary bees (*Nomada sp.*, *Ceratina saundersi*, *Ceratina cucurbitina*, and *Lasioglossum pauxillum*). Both *L. pauxillum* and *L. malachurum* (Halictidae) appeared to be the main pollinators of lettuce and onion. On the other hand, the two legumes, the broad bean and the chickpea, were mainly pollinated by other species of the Apidae family: *Eucera numida*, *Eucera decolorata* and *Eucera eucnemidea*. The Megachilidae *Lithurgus chrysurus* was also the most frequent visitor of chickpeas. In addition, our results revealed that the bee foraging activity followed the anthesis of the flowers studied. It began when the first flowers opened and intensified with the increase in the number of open flowers. The study of the behavior and the effectiveness of foraging of the most abundant bees on the flowers revealed that all the visits of the bees could be fertile except in the bean of which 72% of the honey bee visits intended for the collection of nectar was not fertile (negative foraging). In addition, studying the effect of entomophilous pollination on bean and onion production revealed that the presence of pollinating insects improved significantly the yield. In the bean, the average weight of the seed harvest of free quadrates was three times higher than that of caged quadrates. As for the onion, the presence of foraging bees considerably improved the yield, recording an economic advantage of around 98% for the average weight of the seeds per quadrate and per plant.

Key-words: Wild bees, honeybees, foraging, pollination, vegetable crops, orange tree, yield, Tizi-Ouzou