



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



Université Constantine 1 Frères Mentouri
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département: Biologie Animale .: بيولوجيا الحيواناتقسم

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques / Biotechnologies / Écologie et Environnement

Spécialité : Biologie et contrôle des populations d'insectes

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

Etude de la faune pollinisatrice du pommier (*Malus domestica.*) et du poirier (*Pyrus communis.*) dans la wilaya de Constantine

Présenté par : BENGUEDOUAR Aida Hadil

Le 23/06/2025

Jury d'évaluation :

Président : Dr FRAHTIA (MCA- U Constantine 1 Frères Mentouri).

Encadrant : Dr AGUIB Sihem (MCA – U Constantine 1 Frères Mentouri).

Examineur(s) : Dr BAKIRI (MCA- U Constantine 1 Frères Mentouri).

Année universitaire
2024 - 2025

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à Madame AGUIB Siham, notre encadrante, pour sa disponibilité, ses orientations précieuses, et son accompagnement tout au long de ce travail.

Nos remerciements les plus sincères s'adressent également aux membres du jury, Madame FERAHTIA et Madame BAKKIRI, pour l'honneur qu'elles nous font en acceptant d'évaluer ce mémoire, ainsi que pour leurs remarques constructives.

Nous tenons à remercier chaleureusement Monsieur Brehimat, pour son accueil, sa coopération et la possibilité qu'il nous a offerte de réaliser la partie pratique de ce travail dans sa ferme.

Nous exprimons également notre reconnaissance à l'ensemble des enseignants du département pour la qualité de la formation qu'ils nous ont dispensée tout au long de notre parcours.

**Profonds respects à tous,
Et sincères salutations.**

اهداء

إلى أمي، المرأة المناضلة التي زرعت فينا
حبّ العلم، وغرست في قلوبنا قيمة النجاح،
إلى من كانت دومًا نبع العطاء، ودفء الدعاء،
وسند الروح.

إلى أبي، أعظم رجل في حياتي، سندي، وأماني،
وقوتي حين تضعف الأيام.

إلى إخوتي زهر الدين ، بسمة ، لجين و اخيرا
عماد ، أنتم معنى الحب، ورمز الأخوة، ورفقة
القلب في دروب الحياة.

إلى صديقاتي حنين و هديل ، رفيقات الدرب
والمواقف الصعبة، كنتنّ البلمس في لحظات
التعب، والضحكة الصادقة في زوايا الأيام .
شكرًا لقلوبكنّ التي احتضنتني، ولوجودكنّ الذي
خفّف عني الكثير.

الى زميلاتي في الدراسة ماريا و لميس ،
اللواتي أصبحن صديقات لروحي، لا مجرد زميلات
طريق .تقاسمنا القلق والتعب والنجاح، فكنتنّ
لي عائلة صغيرة داخل جدران الجامعة .لكنّ
مني كل الامتنان والحب، ولصداقتنا مكانة لا
تزول.

إلى نفسي ... إليك يا من تستحقين الإهداء
الأول، يا من كنتِ الحافز والدافع رغم التعب
والخذلان . فخورة بكِ جدًا ... فخورة لأنكِ لم
تتوقفي يومًا عن السعي لتطوير ذاتكِ . فخورة
لأنكِ عرفتِ قيمتكِ أخيرًا ، وحددتِ مبادئكِ ، وفهمتِ
رسائل الحياة . فخورة بما في قلبكِ من طيبةٍ
لم تُغيّرْها الأيام ، رغم أن الطيبة في زمننا
باتت تُسمّى سذاجة ، لكنني أعلم أنها من أسمى
الصفات . فخورة لأنكِ وُضعتِ في مواقفٍ ضعيفٍ
وألم ، ولم تستسلمي ، بل ازددتِ نُضجًا وقوة .
واليوم ، وأنا أبلغ الثالثة والعشرين من
عمري ، أطوي فصلًا من حياتي الدراسية ، لأبدأ
فصلًا جديدًا في الحياة . وأتمنى أن أكون
مستعدة له ، بقلبي قوي ، وروحٍ مؤمنة ، وعقلي
يزهر بالأمل .

**بكل الحب ،
عايدة**

LE SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I	DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES
I. La pollinisation	03
1. Définition de la pollinisation	03
2. Les étapes de processus de pollinisation	03
3. Les types de pollinisation	7
4. Mode de pollinisation	7
4.1. Anémogamie	7
4.2. Hydrogamie	8
4.3. Zoogamie	9
4.3.1. L'ornithophile	9
I.4.1. La cheiroptérophile	10
I.4.2. L'entomophile	11
5. Importance agro-économique et écologique de la pollinisation	14
II. Généralité sur la faune des Apoïdes	15
1. Position systématique des Apoïdes	15
2. Distribution géographique des Apoïdes	16
2.1. Distribution géographique des Apoïdes dans le monde	16
2.2. Distribution géographique des Apoïdes en Algérie	18
3. La morphologie des Apoïdes	19
3.1. La tête	20
3.1.1. Les antennes	21
3.1.2. Les pièces buccales	21
3.2. Le thorax	22
3.2.1. les ailes	22
3.2.2. Les pattes	23
3.3. L'abdomen	24
III. Relation entre les plantes et les abeilles	24

IV. Le pommier	25
1. Généralité sur le pommier	25
2. L'importance économique	25
3. Origine de pommier	26
4. Classification du pommier	26
5. Caractéristiques botanique de pommier	27
6. Morphologie générale de pommier	27
V. Le poirier	30
1. Origine géographique	30
2. Origine génétique	31
3. La morphologie et physiologie de poirier	31
4. la classification du poirier	35
CHAPITRE II	MATERIELS ET METHODES
1. Présentation générales de la Wilaya de Constantine	37
2. Présentation générales de la région d'étude	37
2.1. Situation géographique	38
2.2. Donnée climatique	38
2.3. Réseau hydrographique	35
2.4. Végétation	39
3. Caractérisation de station d'étude et les plantes étudié	40
4. Les sorties de pommier et de poirier	42
6. matériel et méthode	42
6.1. Sur terrain	42
6.2. Sur laboratoire	45
CHAPITRE III	LES RESULTATS
I. LE POMMIER	47
1. Les insectes butineurs de pommier	47
2. Activité journalière de l'abeille domestique sur les fleurs de pommier	48
3. La floraison de la plante	49
4. La vitesse de butinage	50
5. Le temps dépensé sur la fleur	50
6. Le temps de vol entre deux visites consécutives	50

7. Objet de visite	51
8. Les mouvements des butineurs les plus abondants entre les rangées	52
9. Efficacité pollinisatrice	53
9.1. Etude d'activité des pollinisateurs en fonction à la sécrétion du nectar	53
II. LE POIRIER	55
1. Les insectes butineurs de pommier	55
2. Activité journalière de l'abeille domestique sur les fleurs de pommier	56
3. La floraison de la plante	56
4. La vitesse de butinage	58
5. Le temps dépensé sur la fleur	58
6. Le temps de vol entre deux visites consécutives	59
7. Objet de visite	59
8. Les mouvements des butineurs les plus abondants entre les rangées	60
9. Efficacité pollinisatrice	61
9.1. Etude d'activité des pollinisateurs en fonction à la sécrétion du nectar	61
CHAPITRE IV	DISCUSSION ET CONCLUSION
I. Discussion	63
II. Conclusion	66
Références Bibliographiques	
Résumé	

LISTE DE FIGURE ET TABLEAU

LES FIGURES	
Figure 01 : Les étapes du processus de pollinisation (ANONYME ,2021)	9
Figure 02 : types de pollinisation (BELLALA, KABOUCHE, 2014).	18
Figure 03 : Morphologie de l'abeille (TOOLE, 1991)	23
Figure 04 : Tête d'un Megachlidae (AGUIB ,2014)	24
Figure 05 : structure de l'antenne d'une abeille (Anonyme, 2017)	24
Figure 06: les pièces buccales d'une abeille domestique (PHYLPE, 2015)	24
Figure 07: Paire de l'abeille d'andrenidae (TALHI, 2018)	
Figure 08 : Pattes d'une abeille ouvrière (FAYET,2015)	
Figure 09 : La fleur du pommier (Photo personnelle)	33
Figure 10 : La fleur du poirier (Photo personnelle)	38
Figure 11 : carte géographique de la wilaya de Constantine	39
Figure 12 :Localisation du site d'el khroube (verger de pommier et de poirier)	40
Figure 13 : photo de verger de pommier (Photo personnelle)	43
Figure 14 : Photo de verger de poirier (Photo personnelle)	43
Figure 15: ensachées des fleurs de pommier pour réaliser le paramètre de nectar (photo personnelle)	46
Figure 16 : photo de fleur de pommier (Photo personnelle)	46
Figure 17 : photo de fleur de poirier (Photo personnelle)	47
Figure 18 : Boite de collection de pommier (Photo personnelle)	48
Figure 19 : Boite de collection de poirier (Photo personnelle)	48
Figure 20 : Nombre de visite enregistrée par <i>Apis mellifera</i> à différentes heures de la journée	51
Figure 21 : évolution du nombre des fleurs épanouie et le nombre des abeilles observé selon les sorties sur <i>malus domestica</i>	52
Figure 22 : le pourcentage des produits floraux récoltés par <i>apis mellifera</i> sur <i>malus domestica</i>	54

Figure 23 : Histogramme du pourcentage d'abeille domestique en fonction du sa distance de vol parcourue sur le pommier	55
Figure 24 : Quantité moyenne de nectar dans les fleurs de pommier à différentes heurs de la journée	56
Figure 25 : Nombre de visite enregistrée par <i>Apis mellifera</i> à différentes heures de la journée sur <i>pyrus communis</i>	59
Figure 26 : évolution du nombre des fleurs épanouie et le nombre des abeilles observé selon les sorties sur <i>Pyrus communis</i>	60
Figure 28 : le pourcentage des produits floraux récoltée par <i>apis mellifera</i> sur <i>Pyrus communis</i>	62
Figure 29 : Histogramme du pourcentage d'abeille domestique en fonction du sa distance de vol parcourue sur le poirier	63
Figure 30 : Quantité moyenne de nectar dans les fleurs de poirier à différentes heurs de la journée	63
LES TABLEAUX	
Tableau 01 : la classification de pommier	29
Tableau 02 : la classification de poirier	38
Tableau 03 : la fiche technique de verger de pommier et de poirier	43
Tableau 04 : les données de verger	43
Tableau 06 : la densité et la biodiversité des insectes butineurs sur <i>malus domestica</i>	49
Tableau 07 : vitesse de butinage d' <i>apis mellifera</i> dans le verger de pommier pendant le periode de floraison	52
Tableau 08 : Temps moyen dépensée par <i>apis mellifera</i> sur les fleurs de <i>malus domestica</i>	52
Tableau 09 : temps moyen de vol entre deux visites consécutives par <i>apis mellifera</i>	53
Tableau 10 : la densité et la biodiversité des insectes butineurs sur	57
Figure 11: vitesse de butinage d' <i>apis mellifera</i> dans le verger de poirier pendant le periode de floraison	60
Tableau 12: Temps moyen dépensée par <i>apis mellifera</i> sur les fleurs de <i>pyrus communis</i>	61
Tableau 13 : temps moyen de vol entre deux visites consécutives par <i>apis mellifera</i>	



L'introduction

INTRODUCTION

Introduction

Les abeilles jouent un rôle essentiel dans le maintien de la biodiversité et dans la productivité agricole, notamment par leur fonction de pollinisation. Grâce à leurs structures morphologiques spécifiques, elles assurent un transfert efficace du pollen, favorisant ainsi la reproduction des plantes à fleurs (BENAISSA et al, 2018). Parmi ces insectes, *Apis mellifera*, l'abeille domestique, est la plus couramment utilisée dans les systèmes agricoles en raison de sa polyvalence. Toutefois, la majorité des abeilles, bien qu'elles ne produisent pas de miel, jouent un rôle primordial dans la pollinisation (TOUIL et HADJ-HAMOU, 2020).

Certaines espèces fruitières, dites autofertiles, peuvent se féconder sans apport externe de pollen. Cependant, de nombreuses études démontrent que la pollinisation croisée améliore nettement la quantité et la qualité des récoltes (MEBARKI et al, 2017). C'est notamment le cas du pommier et du poirier, deux espèces fruitières majeures dans les vergers algériens, qui sont autostériles et nécessitent la présence d'une autre variété compatible pour assurer leur fécondation. Dans les hautes plaines et zones tempérées de l'Est algérien, en particulier dans la région de Constantine, la culture du pommier et du poirier s'est largement développée grâce à l'adaptabilité de certaines variétés aux conditions climatiques locales. La variété Golden Delicious pour le pommier, et WILLIAM'S Bon Chrétien pour le poirier, sont particulièrement appréciées pour leur rendement et leur tolérance aux variations climatiques (KHELIFA et al, 2019). Malgré cela, les rendements restent souvent inférieurs aux moyennes observées dans les pays développés, ce qui s'explique en grande partie par les contraintes climatiques et le manque de gestion optimisée de la pollinisation. Le développement des arbres fruitiers est fortement influencé par l'interaction entre leur physiologie et les conditions environnementales. Les effets du climat sur la phénologie (floraison, débourrement, feuillaison, etc.) sont bien documentés dans la littérature. Les recherches soulignent notamment l'impact du réchauffement climatique sur la réduction des périodes de gel, l'allongement de la saison de croissance, et le décalage des phases de développement des arbres (BOURBIA et CHERIFI, 2021 ; ROCHETTE et al, 2004 ; YAGOUBI et al, 2008).

Selon DELORME (2013), les événements clés du développement végétal, tels que la floraison ou le débourrement, sont directement influencés par les conditions météorologiques vécues au cours de l'année. Ces stades phénologiques sont donc de bons indicateurs des effets du changement climatique sur la production fruitière. L'observation de ces phénomènes permet également de mieux adapter les pratiques culturales, notamment la gestion des pollinisateurs.

C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail, qui vise à : Synthétiser les résultats des recherches menées dans la région de Constantine sur le comportement de butinage et l'efficacité pollinisatrice des principales espèces d'abeilles, Etudier l'effet des paramètres climatiques, en particulier la température, sur le déroulement de la phénologie du pommier et du poirier, deux espèces stratégiques pour l'arboriculture fruitière locale. Cette étude permettra de mieux comprendre les interactions entre climat, pollinisation entomophile et rendement dans un contexte agro-environnemental spécifique à l'Algérie ?



CHAPITRE I

DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

I. La pollinisation

1. Définition

La majorité des plantes sont des plantes à fleurs et il existe plus de 250000 espèces de plantes à fleurs dans la nature, ou la pollinisation représente la principale stratégie de reproduction des plantes (BENNADJI, 2020).

La pollinisation est un processus biologique essentiel à la reproduction sexuée des plantes à fleurs (angiospermes) et de certaines gymnospermes. Elle consiste au transfert des grains de pollen (produits dans les anthères, parties mâles de la fleur) vers le stigmate (partie femelle), permettant ainsi la fécondation et la formation des graines (HAOUARI, KHESRANI, 2021). Ce processus peut être réalisé de manière abiotique (par le vent ou l'eau) ou biotique (par les animaux, notamment les insectes) (BENNADJI, 2020). D'après les traces fossiles, la pollinisation des plantes se serait mise en place 60 millions d'années avant l'apparition des plantes à fleurs. Des fossiles de mouches-scorpions (*Panorpidées*), datant de 200 Ma, ont été découverts, pollinisant des cônes de gymnospermes montrant déjà des adaptations pour l'attraction des insectes (GIBERNAU, 2016).

2. Les étapes du processus de pollinisation

Les grains de pollen sont produits dans les anthères des étamines. Une fois matures, les anthères libèrent les grains de pollen dans l'environnement par déhiscence. Le pollen contient les gamètes mâles et peut être transporté vers le stigmate. Chaque grain de pollen est protégé par une paroi résistante (exine) qui le protège des conditions environnementales défavorables (EVERT et EICHHORN, 2013). Le pollen est transporté depuis la fleur d'origine (fleur

donatrice) vers le stigmate d'une même fleur ou d'une autre. Ce transport peut se faire de plusieurs manières : Anémophilie (par le vent), Hydrophilie (par l'eau), Zoogamie est réalisée par des animaux, principalement des insectes (abeilles, papillons, coléoptères, etc.), mais aussi des oiseaux (colibris) et des chauves-souris (ACKERMAN, 2000). Pour attirer les pollinisateurs, la fleur développe des stimuli attractifs (couleur, odeur, forme) et des récompenses, principalement nutritives. La plupart des pollinisateurs sont en quête de nourriture, en général du nectar et parfois du pollen. Le pollen s'accroche au corps du pollinisateur lorsqu'il visite la fleur, puis est transporté vers une autre fleur (WILLMER, 2011). Lorsque le pollen atteint le stigmate d'une fleur compatible, il est retenu par une substance collante ou fibreuse présente sur le stigmate. Le processus de reconnaissance entre le pollen et le stigmate évite l'autopollinisation excessive (HERRERO, 2003). Une fois le pollen déposé sur un stigmate réceptif : Le grain de pollen germe en développant un tube pollinique qui pousse à travers le style jusqu'à l'ovule dans l'ovaire. Le tube pollinique transporte les gamètes mâles vers les ovules pour effectuer la fécondation (CHEUNG et AL , 2000). Après la fusion des gamètes mâles et femelles, un zygote se forme. Ce dernier se développe en une graine contenant l'embryon de la future plante, entourée de tissus nutritifs et d'une enveloppe protectrice. Le développement du fruit suit souvent la formation des graines. On observe pour les arbres fruitiers un espace de temps de 4 à 12 jours entre la pollinisation et la fécondation (FLURI, PICKHARDT, COTTIER, JEAN ,2001).

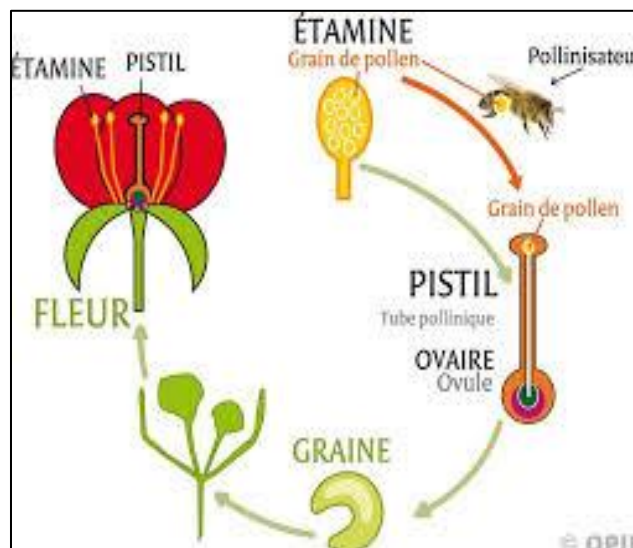


Figure 01 : Les étapes du processus de pollinisation (Anonyme, 2021)

3. Les types de pollinisation

Selon (EL MAATAOUI ET SUCHAIL, 2010) ; Il existe deux types de pollinisation, l'autopollinisation et la pollinisation croisée

- **L'autopollinisation** (autogamie), correspond à la pollinisation entre deux organes reproducteurs d'une même plante. Il peut s'agir des deux organes d'une même fleur dans le cas d'une fleur hermaphrodite ou de deux fleurs différentes d'une même plante dans le cas de plantes monoïques (POTTS et al, 2010).
- **La pollinisation croisée** (=allogamie), quant à elle, correspond au transfert du pollen de l'anthere d'une plante au stigmate d'une autre plante conspécifique. Ce mode de pollinisation est obligatoire chez les plantes dioïques, mais se produit fréquemment chez les plantes monoïques ou à fleurs hermaphrodites car ce type de pollinisation augmente la variabilité génétique de la descendance (POTTS et al, 2010).

Selon (FLURI, PICKHARDT et al 2001) reproduction sexuée et asexuée .Dans le cas de la reproduction sexuée, les plantes (par exemple les coquelicots) grandissent à partir de graines issues d'oosphères (cellules reproductrices femelles) fécondées. Elles contiennent les caractéristiques héréditaires des deux différentes plantes parentes en une nouvelle et unique combinaison. De cette façon, une diversité génétique est conservée. Cette diversité est essentielle pour la capacité d'adaptation à l'environnement, et par là-même pour le maintien de l'espèce. Plusieurs plantes peuvent se reproduire par bouturage, stolons ou tubercules, comme par exemple les fraisiers et les pommes de terre. Dans ces cas de reproduction asexuée, la plante s'épargne un déploiement d'énergie pour la fleur. D'un autre côté, la recombinaison des facteurs héréditaires disparaît, ce qui limite à long terme les chances de survie de l'espèce. Les plantes à graines nues et à graines couvertes La structure des fleurs détermine si l'espèce sera pollinisée par le vent ou par les insectes. Chez les gymnospermes (plantes à graines nues), les ovules sont exposés sur les écailles, tandis que chez les angiospermes (plantes à graines couvertes), ils sont enfermés et protégés dans un ovaire.

4. Modes de pollinisation

Il existe trois modes de pollinisation : l'anémogamie, la zoogamie et l'hydrogamie :

4.1. Anémogamie

L'anémogamie est un mode de pollinisation où le pollen est transporté par le vent, sans intervention animale, souvent de petite taille, léger et adapté pour être transporté par le vent. Cela maximise les chances de pollinisation, étant donné que le vent est un vecteur aléatoire (BEYOU et AL, 2016). Ce processus est caractéristique de certaines plantes dites anémophiles, telles que les graminées, les noisetiers ou les conifères (FRIEDMAN et BARRETT, 2009). En revanche, elle n'a pas besoin de façonner des structures complexes pour attirer des pollinisateurs comme des fleurs colorées, du nectar ou des parfums odorants (GACEM, 2021). Les anthères des fleurs libèrent le pollen dans l'air. Ce processus est souvent optimisé par des structures florales ouvertes ou exposées, facilitant la dispersion aérienne (NIKLAS, 1985). Le stigmate des plantes anémophiles est souvent large, plumeux ou poilu, ce qui augmente la surface de contact pour capturer efficacement le pollen transporté par le vent (ACKERMAN, 2000). Une fois que le pollen atteint le stigmate compatible, il germe et produit un tube pollinique qui atteint l'ovule pour la fécondation. Ce processus est essentiel à la formation des graines (CULLEY et All, 2002).

- **Caractéristiques des fleurs pollinisées par le vent (Pollinisation anémophile)**

D'après (FLURI, PICKHARDT et al, 2001) :

- Péricorolle (calice, corolle) invisible ou manquant
- Longues étamines souvent pendantes et stigmate grand, plumeux, bien accessible
- Forte production de pollen (plusieurs millions de grains)
- Petits grains de pollen aux surfaces lisses, parfois dispositif pour augmenter l'emprise au vent, par exemple des sacs aériens
- Longue durée de vie des fleurs
- Position exposée des fleurs en bout de Fleurs de graminée branche
- Pollen peu collant, pas de nectar
- Pollen à faible valeur nutritive

4.2. Hydrogamie

Quelques rares espèces de plantes aquatiques dispersent leur pollen dans l'eau. Leur pollen est de forme très allongée, ce qui permet aux courants de le transporter d'une plante à l'autre. Ce phénomène reste très marginal et ne concerne que quelques plantes dont le pollen est de forme très allongée (GACEM, 2021).

4.3. Zoogamie

Il est estimé que près de 90% des plantes ont un mode de pollinisation zoogame, et dans ce cas, ce sont les animaux qui transportent le pollen lorsqu'ils visitent les fleurs, souvent afin de s'y nourrir en cherchant nectar et pollen (KLEIN ET AL, 2007). Ces animaux sont appelés pollinisateurs. Il existe plusieurs types de zoogamie, comme l'entomogamie (pollinisation par les insectes), l'ornithogamie (pollinisation par les oiseaux), ou encore la chiroptérogamie (pollinisation par les chauves-souris) (OLLERTON, WINFREE, TARRANT, 2011). La pollinisation zoogame, nécessitant l'intervention d'animaux, résulte d'un mécanisme de coévolution complexe entre plantes et pollinisateurs. Cette interaction est dans une grande majorité de cas mutualiste car elle bénéficie aux pollinisateurs et aux plantes (CHITTKA ET KEVEN, 2001). Comme expliqué précédemment, les plantes apportent des ressources nutritives (pollen et nectar) aux pollinisateurs, et ces derniers permettent la reproduction des plantes grâce au transport de pollen (FAUVIAU, 2023).

- **Caractéristiques des fleurs pollinisées par les insectes d'après (FLURI, PICKHARDT et al, 2001) :**

- Enveloppe florale constituée de calice et corolle, attrayante, avec des signes distinctifs bien visibles (couleur, forme, taille, signes distinctifs pour les insectes)
- Odeur
- Nectar
- Production de pollen relativement faible (quelques 1'000 ou 10'000 grains)
- Pollen collant
- Pollen avec une haute valeur nutritive (jusqu'à 30% de protéine, 10% de graisse, 7% d'amidon, vitamines et sels minéraux)

Fleur de pommier

- Pollen avec surface rugueuse

4.3.1. L'ornithophilie : la pollinisation par les oiseaux

L'ornithophilie est un processus de pollinisation réalisé par les oiseaux, impliquant des interactions spécifiques entre les fleurs et leurs pollinisateurs aviaires (STRAUB, FUTURA, 2010). Le processus d'ornithophilie illustre souvent une relation de coévolution entre les plantes et leurs pollinisateurs aviaires. Par exemple, certaines espèces de plantes ont évolué pour ne fleurir que pendant la période d'activité maximale des oiseaux locaux, maximisant ainsi les opportunités de pollinisation (CRONK et OJEDA, 2008).

- **Caractéristiques des fleurs pollinisées par des vertébrés Par des oiseaux d'après (FLURI, PICKHARDT et al, 2001) :**

- Grandes fleurs
- En général, Les fleurs adaptées à l'ornithophilie se caractérisent souvent par des couleurs vives, comme le rouge ou l'orange, car ces teintes sont plus visibles pour les oiseaux que pour d'autres pollinisateurs
- Sans odeur. Contrairement aux fleurs pollinisées par les insectes, celles adaptées à l'ornithophilie produisent peu ou pas de parfum, car les oiseaux s'appuient davantage sur leur vision que sur leur odorat
- Longue corolle tubulaire. Les fleurs tubulaires, souvent orientées vers le bas ou à l'horizontale, facilitent l'accès au nectar pour les oiseaux munis de becs longs et fins. Ces adaptations réduisent l'accès aux pollinisateurs moins efficaces comme les insectes.
- Très riches en nectar, Ces fleurs produisent généralement de grandes quantités de nectar dilué, qui constitue une source d'énergie essentielle pour les oiseaux.
- Nectar riche en hydrates de carbone, souvent visqueux

4.3.2. La cheiroptérophilie : la pollinisation par les chauves-souris

La cheiroptérophilie fait référence à la pollinisation par les chauves-souris, un processus biologique où ces mammifères, souvent nectarivores ou frugivores, jouent un rôle clé dans la pollinisation de certaines plantes. Ce type de pollinisation est commun dans les régions

tropicales et subtropicales, où de nombreuses plantes ont évolué pour être pollinisées par les chauves-souris (KUNZ et FENTON, 2003). La langue de la chauve-souris, de forme allongée, permet en effet d'atteindre le nectar, ce qui contribue à la pollinisation croisée des plantes (KOOPOWITZ et al., 2003). Selon une étude menée en Équateur par des scientifiques de l'Institut Max-Planck (Munich, Allemagne), il semblerait que les fleurs émettraient une lumière ultraviolette, à laquelle les chauves-souris seraient sensibles. Le mécanisme de réception de la lumière n'est pas encore connu (STRAUB, FUTURA, 2010).

- **Par des chauves-souris d'après (FLURI, PICKHARDT et al., 2001) :**

- Les fleurs adaptées à la pollinisation par les chauves-souris sont souvent grandes et ouvertes, Fleurs robustes, nocturnes, permettant à l'animal d'y accéder facilement pendant son vol.
- Colorées de façon moins voyante, souvent blanches ou verdâtres
- Odeur forte et acide
- Grande quantité de nectar et de pollen
- Nectar et pollen facilement accessibles
- Nectar riche en hydrates de carbone, contient certains acides aminés spécialement appropriés à la diète des chauves-souris., qui ont un métabolisme élevé et nécessitent des apports énergétiques considérables.

4.3.3. L'entomogamie : la pollinisation par les insectes

L'entomogamie désigne un mode de pollinisation dans lequel les insectes, tels que les abeilles, les papillons, les mouches, et d'autres, sont responsables du transfert du pollen entre les fleurs. Ce processus est essentiel pour la reproduction de nombreuses plantes, car il favorise la fertilisation croisée et contribue à la diversité génétique (BENNADJI, 2020). L'entomogamie est le type de pollinisation le plus courant, en particulier pour les plantes à fleurs (KLEIN et al. 2007). Ce mutualisme plantes insectes passionne les biologistes depuis des siècles, et a nourri une abondante littérature : outre le fait qu'il rend possible ou améliore, au moins partiellement, plus d'un tiers de la production végétale composant notre alimentation, il explique aussi la grande diversité de formes, de couleurs et d'odeurs

rencontrées chez les fleurs (STRAUB, FUTURA, 2010). Pour que l'entomogamie procure des avantages par rapport à l'anémogamie, il faut qu'un insecte donné visite les fleurs d'une même espèce avec une certaine récurrence. En effet il ne peut déposer du pollen que s'il en a préalablement accumulé sur le corps, en visitant d'autres fleurs aux anthères déhiscentes. Les plantes entomogames présentent donc des caractères attractifs capables d'influencer l'assiduité relative des anthophiles, c'est-à-dire leur degré de spécialisation (LEFEBVRE, 2017).

Classés par ordre d'importance croissante, ces insectes sont représentés par les coléoptères, les lépidoptères, les diptères et les hyménoptères. A l'intérieur de chaque ordre, la pollinisation est assurée par un certain nombre de familles (SAIDOU, GASMI, 2021).

- **Les Coléoptères**

Sont parmi les premiers pollinisateurs à avoir évolué, leur association avec les plantes remontant à l'ère Mésozoïque. Ils participent principalement à la pollinisation des plantes basales comme les magnoliacées et les nymphéas, mais également de certaines cultures modernes. Selon PROCTOR et AL. (1996), les coléoptères pollinisateurs sont souvent associés à des fleurs robustes, larges, et odorantes, adaptées à leur comportement et morphologie. Et sont attirés par des fleurs ayant une odeur forte et fermentée ou sucrée. Ces odeurs imitent souvent les phéromones ou les substrats alimentaires (GOTTSBERGER, 1990). Leur corps souvent dur et leur capacité à mastiquer des parties florales leur permettent de polliniser des fleurs résistantes. Les grains de pollen adhèrent à leur corps grâce aux poils ou aux fissures dans leur exosquelette (POUVREAU, 2004).

Les coléoptères se nourrissent du nectar, du pollen, et parfois des pétales ou des parties reproductrices des fleurs. Cette activité provoque souvent un transfert accidentel du pollen d'une fleur à une autre (MICHENER, 2000).

- **Les Hyménoptères**

Les Hyménoptères, et notamment les abeilles, sont considérés comme les pollinisateurs les plus efficaces. Selon MICHENER (2007), leur morphologie, leur comportement de collecte du pollen et leur fidélité aux fleurs les rendent indispensables pour de nombreuses espèces végétales, les abeilles montrent une constance florale, visitant préférentiellement les fleurs d'une même espèce lors de leurs déplacements, ce qui maximise le transfert de pollen

compatible (WASER, 1986). Les Hyménoptères ont des structures spécialisées comme les corbeilles à pollen (scopae) et les brosses à pollen, qui leur permettent de collecter et transporter le pollen efficacement (MICHENER, 2007).

-Les abeilles domestiques (*Apis mellifera*) et les abeilles sauvages jouent un rôle majeur dans la pollinisation des cultures agricoles et des plantes sauvages (KLEIN et al, 2007). Elles collectent à la fois le nectar comme source d'énergie et le pollen pour nourrir leur progéniture, ce qui entraîne le transfert du pollen entre les fleurs.

-Les bourdons, grâce à leur capacité de pollinisation vibratile (sonication), sont particulièrement efficaces pour polliniser les plantes à fleurs tubulaires ou celles nécessitant des vibrations pour libérer leur pollen, comme les tomates (VELTHUIS et DOORN, 2006).

-Bien que moins spécialisées que les abeilles, certaines guêpes contribuent également à la pollinisation, notamment des orchidées qui émettent des phéromones sexuelles attractives pour les mâles (POUVREAU, 2004).

Les Hyménoptères pollinisent environ 75 % des cultures vivrières dans le monde et leur disparition aurait des conséquences graves pour la biodiversité et l'agriculture (KLEIN et al, 2007).

- **Les Lépidoptères**

Les lépidoptères assurent la pollinisation d'un large éventail de plantes dans divers écosystèmes, notamment des plantes aux fleurs tubulaires ou parfumées. Ils sont particulièrement importants pour les plantes dont le nectar se trouve profondément dans la fleur, inaccessible aux pollinisateurs ayant des pièces buccales plus courtes (SETTELE et al. 2014). Contrairement aux abeilles, les lépidoptères ne collectent pas de pollen intentionnellement. Cependant, des grains de pollen adhèrent à leurs écailles ou à leur corps velu, facilitant leur transfert entre les fleurs. Les lépidoptères possèdent une longue trompe enroulée qui leur permet de se nourrir de nectar profondément niché dans les fleurs, contribuant ainsi à la pollinisation (POUVREAU, 2004).

Les papillons sont attirés par les fleurs rouges, jaunes et violettes, tandis que les papillons de nuit privilégient les fleurs blanches ou claires visibles dans l'obscurité (KNOPP et KRENN, 2003). Selon OLIVEIRA et al, 2018, Les papillons de jour (comme les espèces des familles

Papilionidae et *Pieridae*) visitent les fleurs ouvertes pendant la journée, souvent colorées et parfumées. Les papillons de nuit, comme les sphinx (*Sphingidae*), pollinisent les fleurs nocturnes à forte odeur, souvent blanches ou pâles, comme celles des jasmins et des cactées.

- **Les Diptères**

Les diptères (mouches, moustiques, syrphes, etc.) constituent un groupe d'insectes important pour la pollinisation. Avec environ 160 000 espèces décrites, ils jouent un rôle crucial dans la reproduction des plantes dans divers écosystèmes, en particulier dans les environnements froids, humides ou montagnards, où les autres pollinisateurs sont moins présents (LARSON et al, 2001). Les Diptères sont considérés comme des pollinisateurs généralistes, visitant une large gamme de plantes. Leur contribution est essentielle pour les cultures agricoles (comme les mangues, les carottes et les cerises) ainsi que pour les plantes sauvages, notamment dans les zones tempérées et subarctiques (KEARNS, 2001).

Les familles *Syrphidae* (mouches syrphes), *Bombyliidae* (mouches bombyles) et *Calliphoridae* (mouches bleues) sont particulièrement actives dans la pollinisation. Leur corps est souvent couvert de poils, permettant aux grains de pollen d'adhérer et d'être transportés et les espèces à longue trompe (comme certains *Bombyliidae*) sont capables de se nourrir de fleurs tubulaires difficiles d'accès (RADER et al, 2016). Contrairement aux abeilles, les diptères ne montrent pas de fidélité florale stricte. Ils visitent une grande variété de fleurs, ce qui contribue à la diversité génétique des plantes mais peut parfois réduire l'efficacité de la pollinisation (OLIVEIRA et al, 2018).

Les Diptères sont attirés par des fleurs odorantes qui émettent des parfums sucrés ou des odeurs imitant la matière organique en décomposition (particulièrement *Calliphoridae* et *Muscidae*) et souvent les fleurs visitées par les diptères ont des couleurs claires (blanches, jaunes) ou contrastantes (POUVREAU, 2004).

5. L'importance agro-écologique et économique de la pollinisation

La pollinisation par les insectes, principalement les abeilles, est cruciale pour la production de nombreuses cultures alimentaires. Environ 75 % des cultures alimentaires dépendent partiellement de la pollinisation animale (KLEIN et al, 2007). L'apport économique de la pollinisation est estimé à plusieurs centaines de milliards de dollars par an à l'échelle mondiale (GALLAI et al, 2009). Ainsi de nombreuses cultures dépendent pour leur

fructification ou l'amélioration de leurs rendements quantitatifs ou qualitatifs de la pollinisation croisée (BOUHOUHOU et SOUALMIA ,2020). En facilitant la production de cultures riches en micronutriments (fruits, légumes, noix), la pollinisation contribue directement à la sécurité alimentaire et à la santé humaine (EILERS et al, 2011). Les pollinisateurs jouent un rôle clé dans la reproduction de 87 % des plantes à fleurs, assurant ainsi la diversité et le fonctionnement des écosystèmes et En favorisant la production de graines et de fruits, elle soutient les populations d'animaux herbivores et frugivores. (OLLERTON et al, 2011).

Selon une étude franco-allemande dirigée par JEAN-MICHEL Salles (CNRS, Montpellier) et BERNARD VAISSIERE (Laboratoire de pollinisation et écologie des abeilles, INRA, Avignon), l'apport des insectes pollinisateurs aux principales cultures mondiales en 2005 peut être évalué à 153 milliards d'euros, ce qui représente 9,5 % de la valeur de la production alimentaire mondiale (SAIDOU et GASMI, 2021). Ces insectes rendent un service gratuit en contribuant à la reproduction sexuée des plantes à fleurs. La diminution du nombre d'individus, constatée un peu partout dans le monde, pourrait avoir des effets très importants sur les cultures vivrières. 35 % du tonnage mondial d'aliments d'origine végétale proviennent de cultures dépendant en partie des pollinisateurs (HAOUARI et KHESRANI, 2021).

II. La faune des apoïdes

1. Position systématique des apoïdes

La systématique des Apoïdes est une branche essentielle de l'entomologie qui s'intéresse à la classification et à l'étude de la diversité de ces pollinisateurs clés. Les Hyménoptères, ordre auquel appartiennent les Apoïdes, se divisent en deux sous-ordres : les Apocrites, caractérisés par un étranglement entre le thorax et l'abdomen, et les Symphytes, dont l'abdomen est directement rattaché au thorax (BOUMAZBAR, FERHAOUI, HAMMOUDI, 2020).

Les Apoïdes, qui relèvent des Apocrites, sont des insectes aculéates possédant un aiguillon chez la femelle et regroupent plus de 20 000 espèces réparties en sept familles principales, distinctes selon la morphologie de leur langue : les abeilles à langue longue (Apidae, Megachilidae) et les abeilles à langue courte (Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Melittidae,

Stenotritidae) (BLONDIAU, 2009). Les Apidae représentent la famille la plus vaste avec environ 5 130 espèces, comprenant des abeilles solitaires comme *Eucera longicornis* et des espèces eusociales avec des castes distinctes, telles que les genres *Apis* et *Bombus* (BLONDIAU, 2009). Les Megachilidae sont reconnaissables par la présence de deux ou trois cellules submarginales sur leurs ailes antérieures et une brosse ventrale chez les femelles pour la collecte du pollen. En revanche, les Halictidae, qui comptent environ 3 500 espèces, présentent divers degrés de socialité et incluent certaines espèces cleptoparasites comme le genre *Sphecodes* (BLONDIAU, 2009). Les Colletidae, plus primitives, sont bien représentées en Australie et en Amérique du Sud et regroupent près de 2 000 espèces caractérisées par une glosse bifide à l'apex (OULD BRAHIM et SADI, 2021). Quant aux Andrenidae, elles regroupent des abeilles fouisseuses exclusivement solitaires, avec des nervures basales légèrement courbées et une nidification souterraine (BLONDIAU, 2009). Enfin, les Melittidae, incluant les Dasypodidae et les Meganomiidae, sont des abeilles rares, souvent associées à des habitats arides, et sont parmi les familles les moins diversifiées (OULD BRAHIM et SADI, 2021). Leur cycle de vie varie selon l'espèce : les abeilles solitaires ne forment pas de colonies et la femelle construit seule son nid, tandis que les espèces sociales, comme les abeilles mellifères, fonctionnent en castes avec des ouvrières et une reine (BLONDIAU, 2009). Certaines espèces ont développé un mode de vie cleptoparasite, pondant leurs œufs dans le nid d'autres abeilles, comme les Nomadinae (BLONDIAU, 2009).

2. Distribution géographique des apoïdes

2.1. Répartition biogéographique des Apoïdes dans le monde

Les Apoïdes sont répartis dans le monde entier, mais leur abondance varie en fonction des conditions climatiques et géographiques. D'après CHABANE (2016), les régions les plus riches en Apoïdes sont les zones chaudes et xériques, notamment celles au climat méditerranéen, comme le bassin méditerranéen et la côte ouest des États-Unis (Californie).

Le Maghreb partage une faune Apoïdienne similaire à celle du bassin méditerranéen, avec des genres et des espèces analogues présents au Maroc, en Algérie, en Tunisie et en Libye. Plusieurs auteurs ont contribué à la classification de cette faune, dont LEPELETIER (1836-1846), LUCAS (1849), PEREZ (1895-1896), SCHIEDEKNECHT (1900), SAUNDERS et MORICE (1901-1911), ALFKEN (1914), DUSMET (1915), SCHULTHESS (1924), GUIGLIA (1942) et BENOIST (1949-1961).

Selon MANSSAR (2017), les Apoïdes sont particulièrement abondants dans les climats tempérés et méditerranéens. En revanche, les régions les plus pauvres en espèces sont : L'extrême sud-africain, les régions arides et les savanes tropicales, L'extrême nord australien, Les savanes équatoriales et l'Afrique de l'Est.

D'après LALMI, MAMACHE et CHIBANI (2019), la diversité des Apoïdes est conditionnée par les changements climatiques et les déplacements continentaux survenus au cours des temps géologiques. Cela a conduit à la formation de six grandes régions biogéographiques :

La région holarctique, subdivisée en Paléarctique (Afrique du Nord, Europe, Asie) et Néarctique (Amérique du Nord), La région afrotropicale (Afrique subsaharienne et Madagascar), La région indomalaise (Inde, Indochine, Malaisie), La région néotropicale (Amérique du Sud et centrale), La région australienne (Australie, Nouvelle-Zélande et îles du Pacifique), La région antarctique, très pauvre en Apoïdes.

Les Apoïdes sont absents des régions de pergélisol (sol gelé en permanence) et dominant dans les milieux terrestres, jouant un rôle clé dans la pollinisation des plantes à fleurs. D'après OUAHAB (2015) et BENACHOUR et HOUARI (2020), la répartition des abeilles varie aussi selon les grandes régions biogéographiques : La région holarctique, qui englobe l'Afrique du Nord, l'Europe et une partie de l'Asie, abrite une diversité importante, avec des genres dominants comme *Andrena* et *Halictus*, La région néotropicale, comprenant l'Amérique du Sud, possède une forte diversité d'espèces, notamment dans les familles Megachilidae et Apidae, L'Afrique subsaharienne est riche en Halictidae et Apidae, mais certaines familles y sont rares. D'un point de vue écologique, la diversité des Apoïdes est influencée par les modifications climatiques et les mouvements continentaux (LALMI, MAMACHE ET CHIBANI, 2019). Les zones arides et tropicales présentent une biodiversité plus faible comparée aux régions méditerranéennes et tempérées. Sur le plan biogéographique, la répartition des Apoïdes dépend des conditions climatiques et des modifications des masses continentales au fil du temps (OUAHAB, 2015). On distingue six grandes régions biogéographiques définies par Wallace : la région holarctique (Paléarctique et Néarctique), la région afrotropicale, la région indomalaise, la région néotropicale, la région australienne, et la région antarctique (OUAHAB, 2015). Les Colletidae sont plus abondantes en Australie et en Amérique du Sud, tandis que les Stenotritidae sont exclusivement australiens. Les Apidae et Megachilidae possèdent une répartition cosmopolite et s'adaptent à

divers habitats (Ouahab, 2015). Ainsi, la diversité et la classification des Apoïdes révèlent leur rôle fondamental dans les écosystèmes.

2.2. Répartition biogéographique des Apoïdes en Algérie

L'Algérie est considérée comme l'un des pays les plus riches en biodiversité, ce qui se reflète clairement dans la diversité et la répartition des Apoïdes, incluant les abeilles solitaires et sociales. Cette richesse est essentiellement liée à la grande variété des conditions climatiques et géographiques qui s'étendent du climat méditerranéen humide au nord jusqu'au climat saharien aride au sud (AGUIB et al., 2008). Les recherches récentes ont mis en évidence une faune Apoïdienne particulièrement diversifiée, notamment dans les régions nordiques et nord-est du pays. Dans le nord-est de l'Algérie, une étude approfondie menée par LOUADI et al. (2008) a permis d'inventorier 382 espèces d'abeilles sauvages appartenant à 55 genres répartis dans six familles principales. Cette diversité a été enregistrée dans huit wilayas, notamment Biskra, Constantine, Annaba, Skikda, Khenchela et Tébessa. La wilaya de Biskra s'est distinguée par la plus grande richesse spécifique (175 espèces), suivie de Constantine (167 espèces), ce qui s'explique par les différences de climat et de végétation locale. Le rapport espèces/genres varie selon les localités, atteignant un maximum à Constantine (4,77 espèces par genre) et un minimum à El Kala (1,35). Les familles les plus représentées sont les Apidae et les Megachilidae, suivies des Halictidae et Andrenidae, tandis que les *Bombus* sont totalement absents à Biskra, et les Colletidae et Melittidae partiellement absentes dans certaines régions (AGUIB et al., 2008). Dans le nord du pays, BENDIFALLAH et al. (2010) ont recensé 120 espèces réparties dans 20 genres, à partir de 4300 spécimens collectés dans quatre régions principales : El Harrach, Boumerdès, Blida et Bouira. La station d'El Harrach a montré la plus grande diversité (64 espèces), attribuée à la richesse floristique, à une longue période d'échantillonnage (16 mois), et à l'irrigation régulière du site. À l'inverse, la station de Boumerdès a présenté la plus faible diversité (17 espèces), probablement en raison de sa proximité de la mer et des vents salins qui affectent la végétation. Les Halictidae étaient la famille la plus diversifiée, suivie des Andrenidae en termes d'abondance. Les familles Melittidae et Colletidae étaient absentes, ce qui confirme les observations antérieures dans d'autres régions algériennes. L'étude a également permis d'identifier quatre nouvelles espèces pour la faune algérienne telles que *Bombus ruderatus siculus*, *Anthophora atriceps*, *Lasioglossum discum aegyptiellum*, entre autres.

Par ailleurs, une étude spécifique menée par AGUIB et al. (2010) sur la tribu des Anthidiini (famille des Megachilidae) a révélé la présence de 20 espèces et 4 sous-espèces en Algérie. L'une des principales contributions de cette recherche fut l'enregistrement de trois espèces nouvelles pour le pays et pour le Maghreb : *Anthidium florentinum*, *Anthidium amabile* et *Pseudoanthidium enslini*. Ces espèces ont été collectées à Constantine et Guelma, principalement sur des plantes de la famille des Lamiacées, notamment *Lavandula officinalis*. Ces résultats confirment l'importance de poursuivre l'exploration taxonomique de la faune Apoïdienne algérienne. Une étude de terrain récente, réalisée dans trois zones bioclimatiques différentes (subhumide, semi-aride et saharienne), a permis de recenser 173 espèces appartenant à 22 genres et 39 sous-genres, à partir de 5160 spécimens collectés. Cinq familles principales ont été identifiées : Megachilidae, Halictidae, Andrenidae, Apidae et Colletidae. L'étude a mis en évidence cinq nouvelles espèces pour l'Algérie, dont *Anthophora plumosa*, *Eucera squamosa* et *Xylocopa pubescens*, ce qui renforce l'idée que la diversité réelle des Apoïdes algériens reste encore sous-estimée (OULD BRAHIM et SADI, 2021). De plus, cette recherche confirme que la diversité Apoïdienne est nettement plus faible dans les zones sahariennes en raison des conditions extrêmes et du manque de ressources florales. Enfin, plusieurs espèces citées au début du XXe siècle par des auteurs tels que Saunders (1908) et Alfken (1914) sont toujours présentes aujourd'hui, soulignant l'importance de poursuivre les études sur cette faune encore méconnue.

3. la morphologie

Le corps des Apoïdes, comme chez tous les insectes, est divisé en trois parties principales : la tête, le thorax et l'abdomen. Leur taille varie généralement entre 2 mm et 29 mm, selon les espèces (BENACHOUR et HOUARI, 2020 ; BOUHOUHOU et SOUALMIA, 2020). Certaines espèces comme les bourdons sont densément poilues tandis que les abeilles parasites peuvent être presque glabres, ce qui reflète une adaptation écologique et constitue un critère morphologique important (MANSSAR, 2017 ; BOUDEBAGH et KHETAF, 2019).

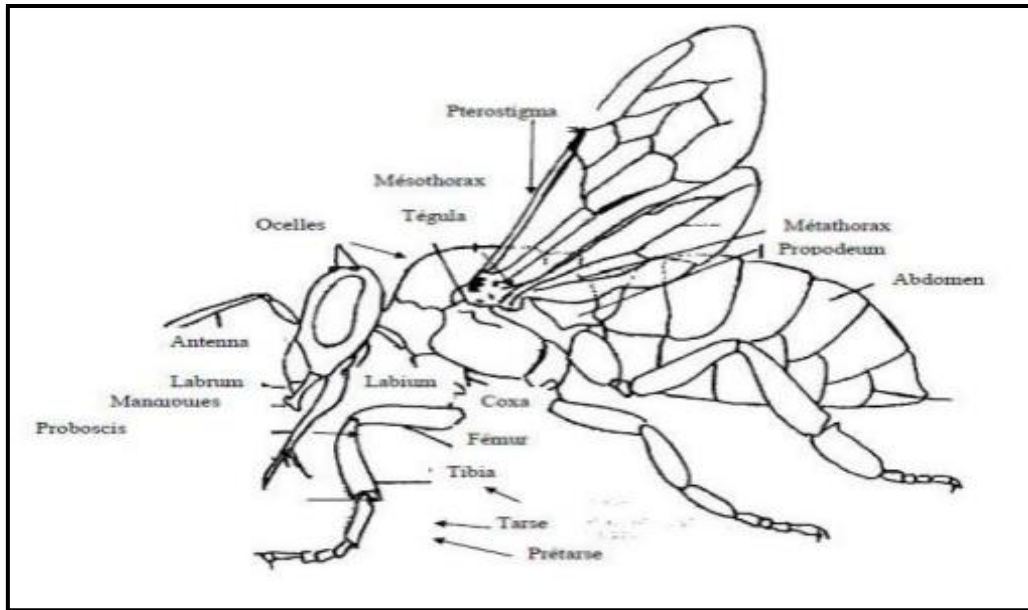


Figure 03 : Morphologie de l'abeille (TOOLE, 1991).

3.1. La tête

La tête est une capsule chitineuse reliée au thorax par un cou flexible, comportant des organes sensoriels (yeux composés, ocelles, antennes), les pièces buccales, des glandes associées et le cerveau (JEANNE, 1998 ; OULD BRAHIM et SADI, 2020 ; OUAHAB, 2024). Les yeux composés sont constitués de milliers d'ommatidies. Trois ocelles sont disposés en triangle sur le sommet de la tête. Chez certaines espèces nocturnes, ces ocelles sont exceptionnellement développés (OUAHAB, 2024).

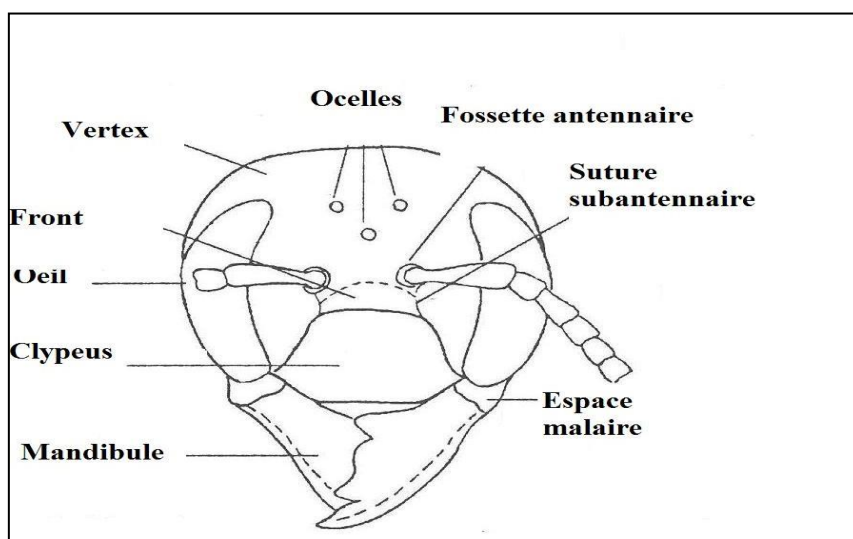


Figure 04 : Tête d'un Megachilidae (Aguib, 2014).

3.1.1. Les antennes

Les antennes sont formées de trois parties : le scape, le pédicelle et le flagelle. Elles comptent 13 articles chez les mâles et 12 chez les femelles (BENACHOUR et HOUARI, 2020 ; BOUHOUHOU et SOUALMIA, 2020). Le flagelle contient des structures sensorielles permettant la détection des odeurs, de la température, de l'humidité, des vibrations, et même des phéromones (CHAPMAN, 1998 ; OUAHAB, 2024).

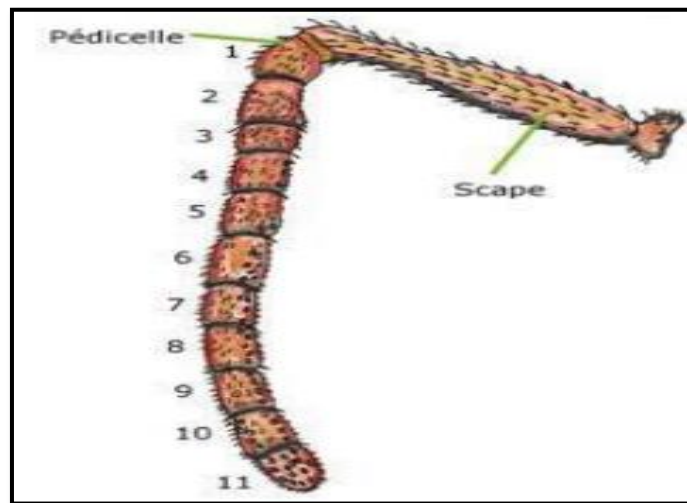


Figure 05 : Structure de l'antenne d'une abeille (ANONYME, 2017)

3.1.2. Les pièces buccales

Les pièces buccales des Apoïdes sont de type broyeur-lécheur. Elles comprennent des mandibules puissantes, les maxilles, la langue (glosse) et le labium. Ces structures forment une trompe extensible utilisée pour aspirer le nectar (BENACHOUR et HOUARI, 2020 ; GULLAN et CRANSTON, 2014).

La longueur de la langue varie considérablement entre les familles :

- Courte chez les Colletidae, Andrenidae, Mellitidae et Halictidae, considérées comme des abeilles plus primitives.
- Longue chez les Megachilidae et Apidae, permettant un accès plus profond au nectar et une spécialisation florale plus étendue (MANSSAR, 2017 ; BOUDEBAGH et KHETAF, 2019).

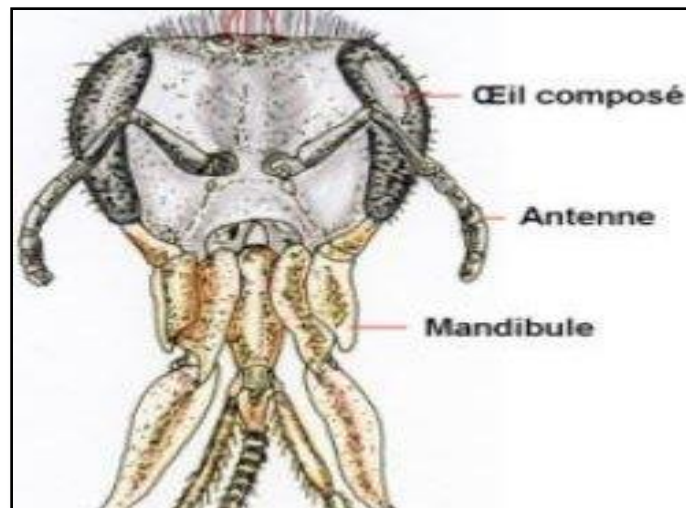


Figure 06: les pièces buccales d'une abeille domestique (PHYLIPPE, 2015).

3.2. Le thorax

Le thorax est divisé en trois segments soudés : prothorax (T1), mésothorax (T2) et métathorax (T3). Chacun porte une paire de pattes. Les ailes sont insérées sur les T2 et T3 (BENACHOUR et HOUARI, 2020 ; Ould Brahim et Sadi, 2020).

3.2.1. Les ailes

Les Apoïdes possèdent deux paires d'ailes membraneuses, transparentes et nervurées. Les ailes postérieures s'accrochent aux antérieures grâce à des crochets appelés hamuli, permettant un vol synchrone et plus stable (OUAHAB, 2024 ; BOUHOUHOU et SOUALMIA, 2020). Les nervures forment des cellules (cubitales, radiales, discoïdales) dont la forme et le nombre sont des critères taxonomiques importants. Certaines espèces peuvent atteindre 35 km/h et voler jusqu'à 3,5 km à une altitude de 10 à 30 mètres (LALMI et al. 2019).

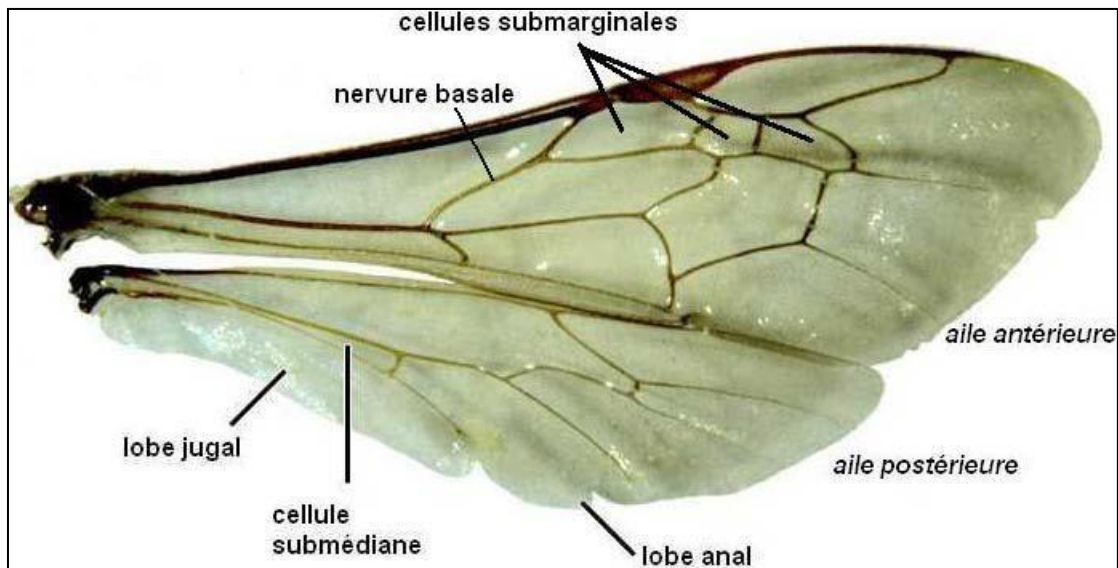


Figure 07 : paire d'aile d'andrenida (TALHI, 2018).

3.2.2. Les pattes

Chaque patte est composée de six articles : coxa, trochanter, fémur, tibia, tarse (à 5 segments) et griffes terminales. Chez les femelles, la patte postérieure est souvent munie d'une brosse à pollen (scopa) située sur le tibia. Chez les Megachilidae, cette brosse est abdominale ; chez les espèces parasites, elle est absente (TRIPLEHORN et JOHNSON, 2005 ; OULD BRAHIM et SADI, 2020). Le tarse est souvent équipé de peignes à pollen et d'un pulvillus (ou arolium) facilitant l'adhérence (BOUHOUHOU et SOUALMIA, 2020).

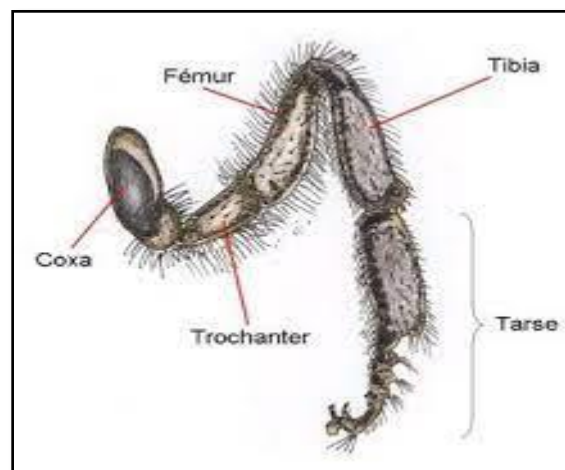


Figure 08 : Pattes d'une abeille ouvrière (FAYET, 2015)

3.3. L'abdomen

L'abdomen comprend en général 6 segments chez les femelles et 7 chez les mâles. Il est relié au thorax par un étranglement fin appelé pétiole (LALMI et al, 2019 ; BOUDEBAGH et KHETAF, 2019). Chaque segment est composé d'un tergite dorsal et d'un sternite ventral, liés par des membranes flexibles (OUAHAB, 2024).

Chez la femelle, l'extrémité abdominale porte un aiguillon venimeux dérivé de l'ovipositeur. Chez le mâle, on trouve des structures génitales composées de gonocoxites et de valves péniennes (RESH et CARDE, 2009). On observe aussi une plaque pygidiale sur le dernier tergite des femelles creusant le sol, utilisée pour tasser la terre lors de la nidification (OUAHAB, 2024). Des critères comme la pilosité, la coloration des segments abdominaux et la longueur des poils sont essentiels pour la différenciation taxonomique (MANSSAR, 2017 ; BOUDEBAGH et KHETAF, 2019).

III. Relation entre les plantes et les abeilles

Depuis le Crétacé, l'évolution des abeilles s'est effectuée en parallèle avec celle des plantes qu'elles pollinisent. L'adaptation morphologique de leurs pièces buccales s'est faite en fonction de la structure des corolles des fleurs qu'elles butinent. Exclusivement dépendantes des fleurs pour leur alimentation, les abeilles tirent leur énergie du nectar, riche en sucres et en eau, et complètent leur régime avec le pollen, source essentielle de nutriments (Louveaux, 1980). Grâce à ces interactions spécifiques avec la flore, elles jouent un rôle crucial dans la préservation des écosystèmes végétaux, aussi bien en régions tempérées que tropicales.

Les travaux menés par CHANSIGAUD (1975), BATRA (1984), ABROL (1988) et JACOB-REMACLE (1989a, 1989b, 1990) ont mis en évidence la contribution significative des abeilles sauvages à la pollinisation des cultures agricoles et des plantes spontanées. Ces dernières années, l'essor des techniques de pollinisation dirigée a renforcé l'intérêt pour les apoïdes auxiliaires dans les domaines de l'agriculture et de l'arboriculture. Depuis l'Antiquité, l'homme a domestiqué le genre *Apis*, mais il est parvenu plus récemment à apprivoiser d'autres espèces d'abeilles sauvages. L'une des premières abeilles utilisées pour la pollinisation a été identifiée en 1930 au Japon par Matsuyama : *Osmia cornifrons*

Radoskowski, une petite abeille brune dont l'efficacité pollinisatrice est estimée 80 fois supérieure à celle d'une ouvrière d'*Apis mellifera*.

Selon MAETA et KITAMURA (1981), cités par PESSON et LOUVEAUX (1984), elle assure à elle seule un tiers de la pollinisation des pommiers japonais. En Belgique, l'entreprise Biobest a développé l'élevage du bourdon *Bombus terrestris* afin de l'intégrer dans la pollinisation des cultures sous serre et en plein champ. Par ailleurs, au Canada et aux États-Unis, les agriculteurs ont domestiqué *Megachile rotundata* FABRICIUS, 1787 (Megachilidae) et *Nomia melanderi* Cockerell (Halictidae) en leur fournissant des nichoirs à proximité des exploitations agricoles (BATRA, 1984).

IV. Le pommier

1. Généralités sur le pommier

Le pommier (*Malus domestica* Borkh.) est un arbre fruitier appartenant à la famille des Rosacées, à la sous-famille des Maloïdées (anciennement Pomoïdées), et au genre *Malus*. Il s'agit d'une espèce dicotylédone largement cultivée pour ses fruits, les pommes, qui constituent l'un des fruits les plus consommés dans le monde (JEAN-MARIE, 2011).

2. Importance économique du pommier

2.1. À l'échelle mondiale

Le pommier est une espèce fruitière cultivée à travers le monde et figure parmi les quatre principales cultures fruitières, aux côtés de la banane, du raisin et des agrumes (FAO, 2008). D'après les données de la FAO (2013), la production mondiale de pommes connaît une augmentation constante. La Chine s'est imposée comme le premier producteur mondial, avec une production avoisinant les 37 millions de tonnes destinées à l'exportation (FAO, 2013).

2.2. En Algérie

Le pommier occupe une place importante dans l'arboriculture fruitière algérienne, notamment dans les régions montagneuses et semi-arides où le climat est favorable à sa

culture. En 2011, la superficie consacrée à cette culture était significative, mais les rendements restaient encore faibles, avec une production moyenne de 74,4 quintaux par hectare (MADR, 2013). Malgré cette production modeste, la culture du pommier connaît un développement progressif en Algérie, notamment grâce à l'introduction de variétés améliorées et à l'optimisation des techniques culturales, incluant l'irrigation et la fertilisation raisonnée (MADR, 2013).

3. Origine du pommier

Le pommier est l'un des arbres fruitiers les plus anciennement cultivés en zones tempérées, tant en Europe que dans le reste du monde (BRETAUDEAU, 1978; CHOUINARD et al, 2000). Il possède l'aire de culture la plus vaste parmi les espèces fruitières connues. Son origine remonte à la préhistoire, environ 13 siècles avant Jésus-Christ. Par la suite, sa culture s'est répandue grâce aux Grecs et aux Romains (HUGARD, 1974). Le berceau du pommier se situerait dans la région du Caucase et sur les rives de la mer Caspienne. Sa culture s'est progressivement étendue vers l'Europe de l'Est, la Russie, puis l'Europe de l'Ouest et l'Afrique du Nord (BRETAUDEAU, 1978)

4. Classification

D'après (HUGARD, 1974) la classification de pommier *Malus domestica* a été comme suit

Tableau 01 : la classification de pommier *Malus domestica*

Règne	plantae
Embranchement	Spermaphytes
Classe	Dicotylédones
Ordre	Rosales
Famille	Rosacées
Sous Famille	Maloïdeae
Genre	Malus
Espec	<i>Malus domestica</i>

5. Caractéristiques botaniques

Le pommier est un arbre caduc dont la hauteur varie généralement entre 2 et 10 mètres, selon la variété et les conditions de culture. Son système racinaire est pivotant dans les premières années avant de devenir fasciculé à l'âge adulte, ce qui lui permet d'exploiter efficacement l'eau et les nutriments du sol. Son feuillage est simple, alterne, et ses feuilles sont de forme elliptique avec des bords finement dentés (JEAN-MARIE, 2011).

L'inflorescence du pommier se compose de deux parties distinctes qui se développent successivement au printemps :

- Une partie basale formée par des feuilles.
- Une partie terminale où se regroupent les fleurs en corymbe.

Chaque fleur possède cinq pétales de couleur blanche à rosée, cinq sépales, plusieurs étamines et un ovaire infère qui donnera naissance au fruit après pollinisation (JEAN-MARIE, 2011).

6. Morphologie du pommier

6.1. Système racinaire

Le système racinaire du pommier joue un rôle essentiel dans l'ancrage et l'alimentation de l'arbre :

- **Racines principales** : Environ les premières années, le pommier développe une racine pivotante. Cependant, cette racine devient généralement moins dominante avec l'âge et est remplacée par un réseau plus développé de racines latérales.
- **Racines secondaires et tertiaires** : Elles se divisent en racines de plus en plus fines, constituant un réseau très ramifié qui favorise l'absorption d'eau et de minéraux du sol.
- **Apparence** : Les racines secondaires sont souvent blanches et fibreuses, adaptées à l'absorption des nutriments. JACKSON, J. E. (2003).

6.2. Le tronc

Le tronc du pommier, souvent droit et robuste, joue un rôle structurant dans la croissance de l'arbre. Il sert de canal de transport pour les nutriments:

- **Taille et forme :** Un tronc mature peut atteindre plusieurs mètres de hauteur, bien que la taille soit souvent contrôlée dans les vergers pour faciliter la récolte. La forme du tronc varie selon la formation de l'arbre.
- **Écorce :** L'écorce, de couleur gris-brun, se fissure et devient plus rugueuse avec l'âge, ce qui aide à protéger l'arbre contre les agressions externes et la perte d'humidité.
- **Sève :** Le tronc permet de transporter la sève brute (eau et minéraux) vers les feuilles et la sève élaborée (produite par la photosynthèse) vers les racines et les autres parties de l'arbre (WESTWOOD, 1993).

6.3. Les branche

Les branches du pommier sont essentielles pour la photosynthèse et la croissance des fruits :

- **Branches charpentières :** Ce sont les branches principales, souvent fortes et robustes, qui portent les rameaux secondaires.
- **Rameaux :** Ce sont des prolongements des branches charpentières, souvent plus fins et porteurs de feuilles et de fleurs. Les rameaux peuvent être courts (rameaux courts) ou longs (rameaux longs), selon l'espèce et le porte-greffe.
- **Ramification :** La ramification est influencée par la variété et les pratiques de taille. L'architecture de la ramification influence l'exposition au soleil, essentielle pour la photosynthèse et la fructification (TROMP, WEBSTER et WERTHEIM, 2005).

6.4. Les bourgeons

Les bourgeons du pommier sont les points de départ de la croissance des nouvelles tiges, feuilles et fleurs :

- **Bourgeons floraux :** Ces bourgeons, généralement situés à l'extrémité des rameaux, sont responsables de la floraison et de la fructification. Ils se forment sur des rameaux latéraux de l'année précédente.
- **Bourgeons à bois :** Ils ne produisent que des branches et des feuilles. Ces bourgeons sont plus fréquents sur les jeunes pousses.
- **Bourgeons mixtes :** Ce sont des bourgeons qui produisent à la fois des feuilles et des fleurs, ce qui est crucial pour la formation de fruits (FAUST, 1989).

6.5. Les feuilles

Les feuilles sont l'organe principal de la photosynthèse et jouent un rôle dans la régulation de l'eau de l'arbre :

- **Forme et structure** : Les feuilles du pommier sont alternes, lancéolées (en forme de lance), et souvent bordées de dents pointues. Leur taille peut varier en fonction de la variété et des conditions de culture.
- **Disposition** : Elles sont disposées sur les rameaux de manière à maximiser l'exposition à la lumière, optimisant ainsi la photosynthèse. Les nervures sont bien marquées, donnant un aspect reticule.
- **Couleur** : La face supérieure des feuilles est d'un vert brillant, tandis que la face inférieure est généralement plus pâle et légèrement pubescente (poilue).
- **Fonctions** : En plus de la photosynthèse, les feuilles participent à la transpiration et à l'échange gazeux, régulant l'entrée de CO₂ et la sortie de l'eau sous forme de vapeur. (KOZLOWSKI, KRAMER, PALLARDY, 1991).

6.6. Les fleurs

Le pommier (*Malus domestica*) est un arbre fruitier qui produit une quantité significative de nectar, surpassant la plupart des autres arbres fruitiers (JEAN, 2020). Cette caractéristique en fait une espèce particulièrement attractive pour les pollinisateurs, notamment les abeilles domestiques (*Apis mellifera*), qui jouent un rôle essentiel dans la reproduction de l'espèce. Les fleurs du pommier sont regroupées en inflorescences appelées corymbes, contenant généralement entre 8 et 11 fleurs. Elles apparaissent à l'extrémité de rameaux courts, appelés brindilles couronnées, ou directement sur les brindilles au niveau des boutons axillaires (COUTANCEAU, 1962). Ces fleurs sont hermaphrodites, c'est-à-dire qu'elles possèdent à la fois des organes mâles (étamines) et femelles (pistil), favorisant une reproduction majoritairement allogame (fécondation croisée). Bien que l'autopollinisation soit possible, la floraison du pommier privilégie une pollinisation croisée, améliorant ainsi la diversité génétique et la qualité des fruits. Après la pollinisation, l'ovaire de la fleur ainsi que les tissus qui l'entourent – comprenant la base des filets des étamines, des pétales et des sépales – subissent une transformation pour donner naissance à un fruit charnu complexe : la pomme. La couleur, la taille et le goût de celle-ci varient selon les variétés cultivées (GALLAIS ET BANNEROT, 1992).

Cette structure florale et son mode de reproduction expliquent la nécessité d'une pollinisation efficace pour assurer un bon rendement fruitier, raison pour laquelle de nombreuses variétés de pommiers sont cultivées en association avec des pollinisateurs compatibles (COUTANCEAU, 1962). GALLAIS, ET BANNEROT, 1992).



Figure 09 : La fleur du pommier (photo personnelle).

V. Le poirier

1. Origine géographique

Originaire d'Asie centrale, le poirier est présent sur de nombreux sites préhistoriques, où l'on a retrouvé des pépins témoignant de son usage ancien. Il était déjà connu dans l'Antiquité, notamment chez les Grecs qui lui attribuaient une valeur symbolique importante. Plus tard, les romains ont largement contribué à sa culture et à sa diffusion dans les régions conquises. Ils ont aussi sélectionné les premières variétés, démontrant ainsi l'intérêt qu'ils portaient à cet arbre fruitier (BERGER, 2008). Le poirier est cultivé depuis les temps anciens aussi bien en Europe qu'en Asie. Des recherches ont confirmé sa présence dès des périodes

très reculées. En Algérie, sa culture remonte également à une époque ancienne, pratiquée par les populations locales (BERGER, 2008).

2. Origine génétique

Le poirier fait partie de la grande famille des Rosacées, à laquelle appartiennent la majorité des arbres fruitiers européens. Toutes les espèces et variétés connues sont regroupées dans le genre *Pyrus*, tel que défini par Linné.

Le genre *Pyrus* comprend une quinzaine d'espèces, toutes originaires de l'ancien monde dans des zones au climat tempéré, situées entre les 38e et 60e degrés de latitude nord. On les trouve depuis l'extrême ouest de l'Europe jusqu'aux régions orientales proches de la Sibérie et de la Chine. Ce sont des arbres ou arbustes souvent épineux lorsqu'ils sont jeunes, dotés de feuilles caduques. Leurs fleurs blanches sont regroupées en corymbes, possèdent vingt étamines à anthères rouges, ainsi que deux à cinq styles libres (KADDOUS ,2015).

Le fruit, en forme de poire ou parfois sphérique, est charnu et contient des loges cartilagineuses. Contrairement à la pomme, sa chair est souvent granuleuse autour des loges. Les graines, ou pépins, deviennent brun-noir à maturité. Trois espèces principales ont contribué à la création des variétés cultivées aujourd'hui : *Pyrus communis* et *Pyrus nivalis* pour les poiriers européens, et *Pyrus serotina* pour les poiriers asiatiques. (Kaddous, 2015).

●Taxonomie

Le poirier appartient à la famille des Rosacées, qui regroupe une grande partie des arbres fruitiers cultivés en Europe. Il est classé dans le genre *Pyrus*, qui comprend environ quinze espèces. Ces espèces sont originaires de zones tempérées de l'ancien monde, situées entre les 38e et 60e degrés de latitude nord, s'étendant de la pointe occidentale de la France jusqu'aux régions orientales proches de la Chine et de la Sibérie. Ce sont des arbres ou des arbustes, souvent épineux à l'état jeune, avec un feuillage caduc. Leurs fleurs, blanches et regroupées en corymbes, possèdent vingt étamines à anthères rouges et de deux à cinq styles libres. Le fruit, généralement en forme de poire, parfois rond, est charnu avec des loges internes cartilagineuses. La chair, granuleuse autour des loges, diffère de celle de la pomme. À maturité, les pépins deviennent brun-noir. Trois espèces principales ont donné naissance aux variétés cultivées : *Pyrus communis* et *Pyrus nivalis* en Europe, et *Pyrus serotina* en Asie.

3. Morphologie et physiologie de poirier

Les racines jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement de l'arbre, assurant la connexion entre l'eau, le sol et la partie aérienne de la plante.

On distingue deux catégories principales de racines :

3.1. Les racines

Les racines ligneuses, dont le diamètre varie de quelques millimètres à plusieurs décimètres. Elles participent à l'exploration du sol par l'arbre et servent également de réserves nutritives. Les racines fines, dont le diamètre se situe entre un dixième de millimètre et un millimètre. Bien que très nombreuses, elles sont également très fragiles et ne vivent généralement qu'une saison de végétation, à l'exception de celles qui se lignifient pour devenir ligneuses. Elles ne représentent que 5 % de la masse totale du système racinaire, mais 90 % de sa longueur (BOUDINAR, MILIANI 2018).

Chez le poirier cultivé, la reproduction se fait par greffage, c'est-à-dire par l'union d'un greffon et d'un porte-greffe. Les porte-greffes du poirier développent des racines dans plusieurs directions : horizontales, obliques et plongeantes. En revanche, les poiriers issus de semis (francs) développent principalement une racine pivotante qui s'enfonce verticalement dans le sol (BOUDINAR, MILIANI 2018).

3.2. Développement racinaire

La croissance des racines est aussi essentielle que celle des rameaux dans le cycle végétatif global de l'arbre. Elle se manifeste souvent sous forme de vagues et peut alterner avec la croissance des pousses, bien que cela ne soit pas systématique (MOEZ, 2006). Chez le poirier, la croissance racinaire est très limitée à une température de 1,5 °C. Elle devient perceptible dès 7 °C et atteint une intensité élevée à 21 °C (MOEZ, 2006).

L'atmosphère du sol influence également cette croissance. Chez le poirier, un taux d'oxygène inférieur à 7 % dans le sol empêche l'allongement des racines. En revanche, un taux compris entre 12 et 15 % permet la formation de nouvelles racines (MOEZ, 2006).

3.3. Les Bourgeons à Bois

Les bourgeons à bois sont de petite taille, insérés au niveau des nœuds. Ils se distinguent par leur forme pointue. Lorsqu'ils se développent, ils donnent naissance à des rameaux. (GUIDE CLAUSE, 2010).

3.4. Les Dards

Les dards sont plus gros que les bourgeons à bois et possèdent également une forme pointue. Ils ont la capacité d'évoluer soit en rameaux, soit en fleurs selon les conditions (GUIDE CLAUSE, 2010).

3.5. Les Bourgeons Floraux (ou Boutons)

Appelés aussi bourgeons d'inflorescence, ils sont responsables de la formation des pousses florales. Contrairement aux bourgeons à bois, ils sont nettement plus arrondis (GUIDE CLAUSE, 2010).

3.6. Les yeux Stipulaires

Chaque bourgeon principal est accompagné de deux petits bourgeons latéraux, appelés yeux stipulaires. Peu visibles, ces derniers peuvent assurer le développement en cas de défaillance du bourgeon principal, notamment à cause du gel ou des insectes (BOUDINAR, MILIANI 2018).

3.7. Les Rameaux : Organes de Fructification

Chez le poirier, les rameaux sont classés en deux grandes catégories selon leur longueur et la nature des bourgeons qu'ils portent : les rameaux longs et les rameaux courts.

3.8. Les Rameaux Longs

Ces rameaux sont majoritairement porteurs de bourgeons à bois. On distingue parmi eux :

- **Les Gourmands** : Ce sont des rameaux très vigoureux qui apparaissent sur du vieux bois, généralement en position verticale. Leur longueur dépasse un mètre (BOUDINAR, MILIANI 2018).
- **Les Rameaux à Bois** : Issus du développement d'un œil à bois, ces rameaux portent eux-

mêmes des yeux à bois latéraux ainsi qu'un bourgeon terminal. Leur longueur moyenne est d'environ 50 cm.

- **Les Rameaux Courts** : Les rameaux courts, de quelques millimètres à quelques centimètres de long, jouent un rôle essentiel dans la fructification du poirier. On distingue plusieurs types spécifiques selon leur forme et la nature de leurs bourgeons.

3.9. Les Brindilles

Ce sont de petits rameaux souples mesurant environ 20 à 25 cm.

Brindille simple : porte un œil à bois à l'extrémité.

Brindille couronnée : porte un bourgeon floral terminal (PIERRE, 1969).

3.10. Les Bourses

Après la chute ou la récolte du fruit, la base du fruit se transforme en une masse charnue appelée bourse, qui sert de réserve nutritive. Elle peut porter divers organes comme des dards ou des brindilles (PIERRE, 1969).

3.11. Les Lambourdes

Il s'agit d'un dard dont le bourgeon terminal à bois s'est transformé en bourgeon floral. De faible croissance, la lambourde montre des marques de cicatrices foliaires en anneaux. (ANONYME, 2010).

3.12. La Coursonne

C'est un groupement de plusieurs organes de fructification (dards, brindilles couronnées, lambourdes, bourgeons floraux) rassemblés sur une même portion de rameau.

3.13. La Chiffonne

Production courte et fine de 5 à 15 cm. Elle porte un œil à bois à l'extrémité, parfois un autre à la base, mais uniquement des bourgeons floraux entre les deux. Après fructification, elle laisse une zone nue, et son œil terminal peut générer une nouvelle chiffonne (BOUDINAR, MILIANI 2018).

3.14. La Fleur

Les fleurs du poirier sont blanches teintées de rose, regroupées en corymbes comportant 5 à 6 fleurs. Chaque fleur est composée de: 5 sépales, 5 pétales, Environ 20 étamines à filets soudés 1 ovaire formé de 5 carpelles, chacun contenant 2 ovules 5 styles, soudés à leur base (TASEI, 1978 IN PESSON ET LOUVEAUX, 1984) La densité florale est estimée entre 5 et 10 millions de fleurs par hectare. (GUIDE CLAUSE, 2010).



Figure 10 : Fleur de poirier (photo personnelle)

3.15. Le Fruit

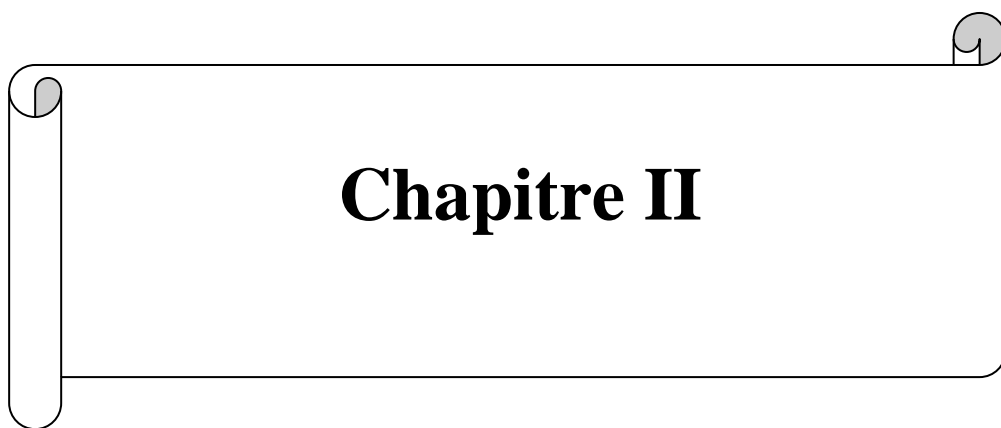
Le réceptacle floral se développe pour former la partie comestible du fruit, qui est une drupe à mésocarpe charnu. Ce mésocarpe entoure cinq loges cartilagineuses, contenant des carpelles cornés où sont fixés les pépins. Le fruit est recouvert d'un épiderme mince et possède une pulpe épaisse. Sa taille, couleur (verte, jaune, rouge ou panachée) et saveur (sucrée ou acidulée) varient selon les variétés (GUIDE CLAUSE, 2010).

4. Classification

Selon (GUIDE CLAUSE, 2010) La classification de poirier *Malus communis* a été comme suit

Tableau 02 : La classification de poirier *Malus communis*

Règne	plantae
Embranchement	Spermaphytes
Classe	Dicotylédones
Ordre	Rosales
Famille	Rosacées
Sous Famille	Maloïdeae
Genre	Pyrus
Espece	<i>Pyrus communis.</i>

A decorative horizontal scroll graphic with a light gray fill and a black outline. The scroll is unrolled in the center, with the top and bottom edges curling upwards at the left and right ends. The text "Chapitre II" is centered within the unrolled portion.

Chapitre II

CHAPITRE II

MATERIEL ET METHODES

1. Présentation Générale de la Wilaya de Constantine

La wilaya de Constantine, codifiée sous le numéro 25, est située dans le nord-est de l'Algérie. Elle couvre une superficie d'environ 2 288 km² et comprend 12 communes réparties sur 6 daïras. Son chef-lieu est la ville de Constantine, l'une des plus anciennes et prestigieuses du pays. La wilaya se trouve à une latitude d'environ 36.3650° N et une longitude de 6.6147° E. Le relief de la région est dominé par les hauts plateaux et les zones montagneuses, avec des altitudes variant de 300 mètres à plus de 600 mètres selon les zones, ce qui lui confère une diversité géographique et un climat relativement modéré.

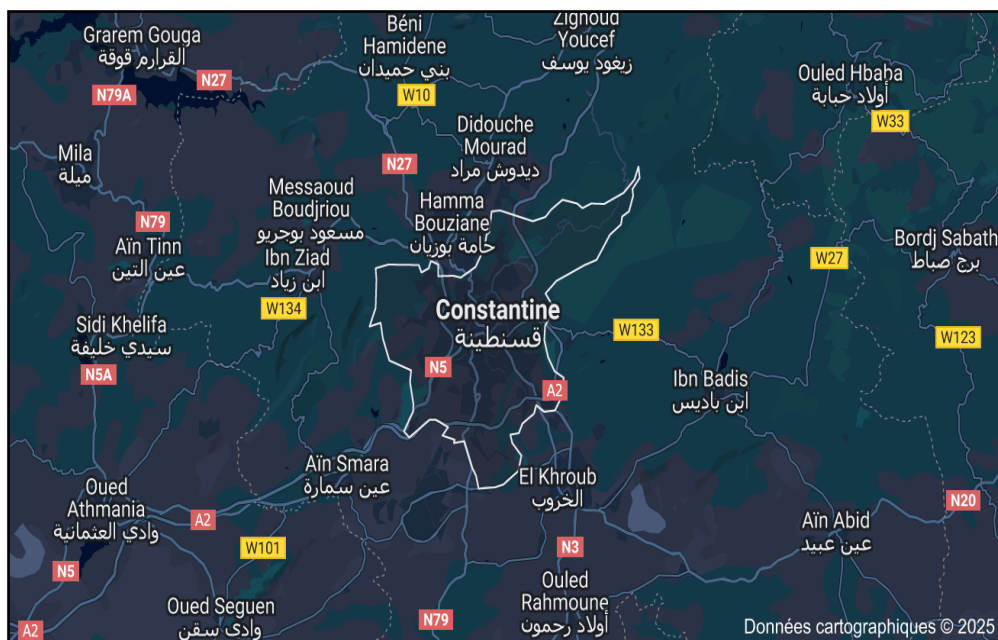


Figure 11 : carte géographique de la wilaya de Constantine.

2. Présentation de la région d'étude

2.1. Situation géographique

2.1.1. Site d'El Khroub

L'étude est réalisée également au niveau de la commune de El Khroub (Latitude 36.2667° N, Longitude 6.6833° E).

La commune d'El Khroub, située à l'est de la wilaya de Constantine, est l'une des plus grandes de la région en termes de superficie et de population, couvrant environ 244 km² et comptant plus de 179 000 habitants (recensement de 2008). Elle se trouve à une altitude de près de 650 mètres et à environ 20 km du chef-lieu Constantine. El Khroub est un centre urbain en plein essor et constitue également le siège de la daïra du même nom.

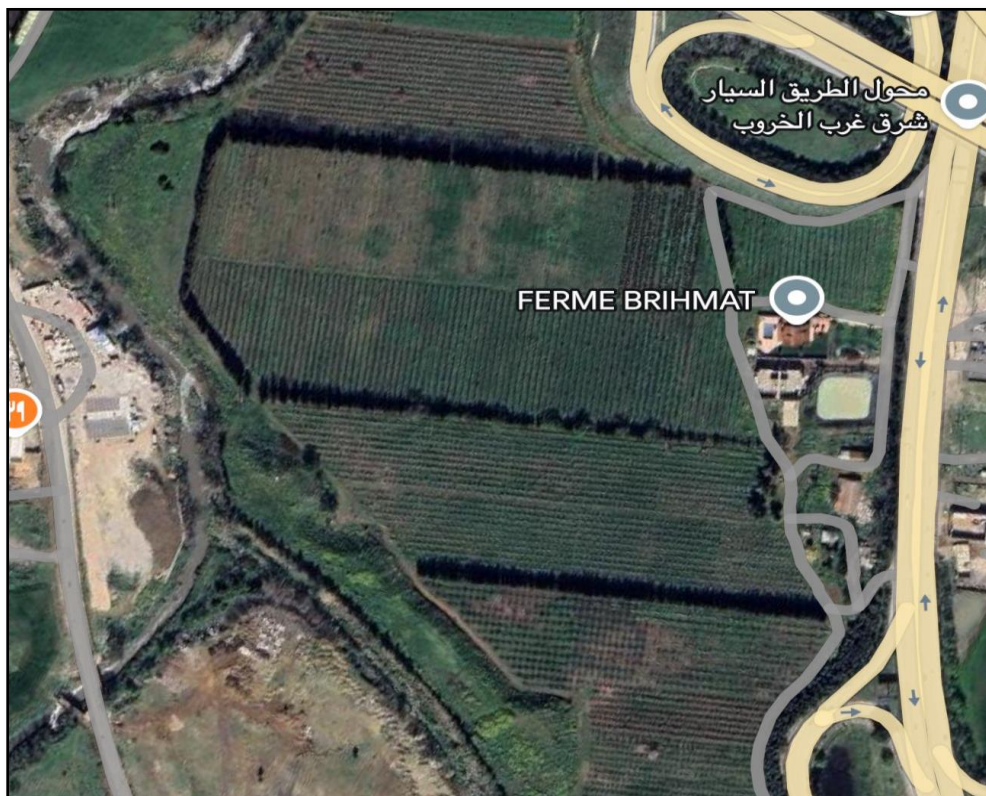


Figure 12 : Localisation du site El Khroub (vergé du pommier et poirier).

2.2. Données climatiques

- Les températures moyennes varient de $6,8^{\circ}\text{C}$ en janvier à 35°C en juillet et août.

- Les précipitations sont concentrées entre l'automne et le printemps, avec un pic en hiver (environ 60 mm en janvier et décembre), alors que l'été reste très sec. En septembre, par exemple, le climat est encore chaud (jusqu'à 27 °C) avec peu de jours de pluie.
- Le vent souffle modérément, principalement du nord, et l'ensoleillement reste important presque toute l'année.

2.3. Réseau hydrographique

2.3.1. Cours d'eau principaux

- **Oued Rhumel** : traverse Constantine et influence la région d'El Khroub.
- **Oued Boumerzoug** : borde El Khroub et fait partie d'un important sous-bassin hydrographique.

2.3.2. Sources et nappes souterraines

- **Sources karstiques** : (comme Aïn Fesguia et Aïn Boumerzoug) alimentent la région en eau potable.

Aquifères du Miopliocène et du Quaternaire sont exploités pour l'eau potable et l'irrigation.

Retenues collinaires utilisées pour l'irrigation (5 à El Khroub).

2.4. Végétation

2.4.1. Végétation dominante

Le paysage végétal d'El Khroub est principalement composé de :

- **Plaines agricoles** : Ces zones sont dominées par des cultures céréalières (blé, orge) et des plantations d'oliviers, reflétant l'importance de l'agriculture dans l'économie locale.
- **Forêts clairsemées** : Des zones boisées, notamment la forêt de Baaraouia, abritent des essences telles que le pin d'Alep et le chêne vert. Ces forêts offrent des espaces propices aux activités de plein air comme la randonnée.
- **Végétation steppique** : En périphérie, la végétation devient plus clairsemée, avec des espèces adaptées à la sécheresse telles que l'alfa (*Stipa tenacissima*) et diverses plantes xérophiiles.

- **Espèces végétales notables :**

Parmi les espèces présentes dans la région, on peut citer :

- **Pin d'Alep (*Pinus halepensis*)** : Essence résineuse adaptée aux sols secs, fréquemment utilisée dans les programmes de reboisement.
- **Chêne vert (*Quercus ilex*)** : Arbre à feuillage persistant, typique des forêts méditerranéennes.
- **Olivier (*Olea europaea*)**: Cultivé pour sa production d'huile, il est emblématique des paysages agricoles de la région.
- **Alfa (*Stipa tenacissima*)** : Plante herbacée utilisée traditionnellement dans la fabrication de cordages et de papier.

2.4.2. Zones d'intérêt écologique

La forêt de Baaraouia, située à proximité d'El Khroub, constitue un espace naturel important pour la biodiversité locale. Elle offre un habitat à diverses espèces animales et végétales et représente un lieu de détente pour les habitants.

3. caractérisation de station d'étude et plantes étudiées

Nous avons choisi un verger de pommier et de poirier d'une superficie de (30 hectares).

Tableau 03 : la fiche technique de verger pommier et poirier

Plantes	Variétés	Date de semis	Date de début	Système de plantation
Pommier	<i>Malus domestica</i>	8 Avril 2025	17 mai 2025	En ligne (par rangée)
Poirier	<i>Pyrus communis</i>	26 Mars 2025	30 avril 2025	En ligne (par rangée)

Tableau 04 : les données techniques de verger

Critères	Pommier	Poirier
Superficie de verger	5 hectares	1.5 hectares
Nombre d'arbres	2500	550
Distance entre les arbres voisins	4×2.5m	4×1.5m
Végétation spontanée	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Asteraceae</i> • <i>Boragoofficinalis L</i> • <i>Asteriscus maritimus L</i> • <i>MalvasylvertrisL</i> • <i>Papaver rhoeas L</i> • <i>Cornillasp</i> • <i>Brassicafruticulosa L</i> • <i>Calendula arvensis L</i> • <i>Senecionebrodensis L</i> • 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Asteraceae</i> • <i>Boragoofficinalis L</i> • <i>Asteriscus maritimus L</i> • <i>MalvasylvertrisL</i> • <i>Papaver rhoeas L</i> • <i>Cornillasp</i> • <i>Brassicafruticulosa L</i> • <i>Calendula arvensis L</i> • <i>Senecionebrodensis L</i>
Nombre total d'arbres pris pour étude	6 arbres	6 arbres



Figure 13 : Photo de verger de pommier (photo personnelle).



Figure 14 : Photo de verger de poirier (photo personnelle).

4. Les sorties

4.1. Le pommier

Tableau 05: les données climatiques et les date de sortie de pommier

Date	T°(c)	Pluie	Vent	Humidité
8 avril	20.4	0.2 mm	11.9 km/h	60.9 %
16 avril	17.0	8.0 mm	20.9 km/h	75.6 %
18 avril	20.3	0.3 mm	16.7 km/h	63.9 %
21 avril	18.9	1 mm	21.4 km/h	69.3 %
26 avril	22.0	0.4 mm	16.1 km/h	59.1 %
27 avril	22.8	0.7 mm	17.1 km/h	63.7 %
29 avril	23.9	0.7 mm	15.7 km/h	64.4 %
1 mai	21.6	0.0 mm	19.7 km/h	63.9 %
8 mai	24.1	2.2 mm	21.0 km/h	64.9 %

15 mai	23.5	2.9 mm	20.1 km/h	64.7 %
17 mai	26.6	0.6 mm	20.3 km/h	57.3%

4.2. Le poirier

Tableau 05: les données climatiques et les date de sortie de poirier

Date	T°(C)	Pluie	Vent	Humidité
26 mars	17.3	0.9 mm	20.6 km/h	66.3 %
1 avril	18.1	0.7 mm	19.4 km/h	68 %
6 avril	18.9	0.9 mm	17 km/h	66.1 %
10 avril	18.6	2.1 mm	17.3 km/h	66.6 %
14 avril	18.6	2.2 mm	20.4 km/h	68.6 %
17 avril	18.6	0.5 mm	18.6 km/h	71 %
19 avril	21.7	0.2 mm	20.3 km/h	55.4 %
22 avril	19.4	2.9 mm	19.6 km/h	66.3 %
26 avril	23.1	0.8 mm	18.6 km/h	62.7 %
28 avril	22.7	2.8 mm	17.7 km/h	63.15 %
30 avril	21.6	1.8 mm	21.6 km/h	65.7 %

7. Matériel et methods

7.1. Sur terrain

A. Matériel utilisé

- Filet entomologique (épuisette)
- Tubes de collecte et flacons étiquetés
- Loupe binoculaire pour l'identification
- Chronomètre et fiches de notation
- Appareil photo numérique pour la documentation visuelle
- Cages d'exclusion (filets fins) pour les essais de nouaison

B. Méthodologie

1. Observation et collecte des insectes butineurs

Des observations ont été réalisées durant toute la période de floraison des deux vergers. Chaque jour, les insectes visiteurs ont été comptabilisés sur un échantillon aléatoire de 10 arbres par espèce fruitière, pendant trois plages horaires :

- Le matin (9h-11h)
- Le midi (12h-14h)
- L'après-midi (15h-16h)

Les insectes visitant activement les fleurs ont été capturés à l'aide de filets entomologiques et conservés pour identification. Chaque individu a été identifié au niveau de la famille et, si possible, au genre ou à l'espèce.

2. Efficacité des butineurs

Nous avons mené une évaluation approfondie de l'efficacité des butineurs pour les espèces les plus prédominantes. Un échantillon de 50 individus d'*apis mellifera* a été observé afin d'estimer le nombre moyen de fleurs visitées par minute en secondes, ainsi que le nombre moyen de fleurs visitées par arbre. Parallèlement, le temps moyen passé par 50 abeilles sur chaque fleur a été mesuré, de même que le temps moyen de vol entre deux visites consécutives. Les 50 individus d'*apis mellifera* ont été répartis sur cinq sessions d'observés par sortie. Cette méthode a permis une collecte progressive et représentative des données tout en limitant le biais lié aux conditions environnementales variable.

Nous avons mesuré le volume de nectar à différentes heures de la journée après avoir encapsulé une vingtaine de boutons floraux, puis enregistré les données à l'aide d'un micro capillaire de 5µl.



Figure 15 : Ensachement des fleurs de pommier pour réaliser le paramètre de nectar (Photo personnel).

Nous avons également compté le nombre de fleurs épanouies sur les arbres ciblés, afin de suivre l'évolution de la floraison au fil du temps .cette approche a permis d'établir une corrélation claire entre l'intensité florale et l'activité butineuse, notamment par l'observation d'un pic d'épanouissement floral coïncidant avec le pic de fréquentation des abeilles.



Figure 16 : Photo de fleur de pommier (photo personnelle).



Figure 17: Photo de fleur de poirier (photo personnelle).

7.2. Sur laboratoire

• Les étalages :

Les spécimens récoltés sont montés et épinglés. L'étalage est réalisé sur une plaque de polystyrène dans le but de rendre visibles les caractères nécessaires à leur identification.

Ils sont fixés à l'aide d'épingles entomologiques :

Au niveau du milieu du thorax chez les hyménoptères ;

Au niveau de l'élytre droit chez les coléoptères ;

Sur le thorax droit chez les diptères.

• La loupe binoculaire :

Pour l'identification et la détermination des spécimens, nous avons utilisé une loupe binoculaire (grossissement de 25×10 à 30×10) accompagnée d'une clé d'identification disponible au laboratoire.

• Les étiquetages :

Chaque spécimen est muni d'au moins une étiquette, généralement deux, regroupant les informations nécessaires.

- **Préparation des boîtes de collection :**

L'inventaire des apoïdes de la région d'étude a été effectué. Après l'étiquetage et l'identification, les spécimens sont classés par ordre, par famille, par genre, puis par espèce dans des boîtes de collection.



Figure 18 : Boîte de collection de pommier (photographie originale).



Figure 19 : Boîte de collection de poirier (photographie originale).



Chapitre III

CHAPITRE III

LES RESULTATS

I. Le pommier

1. Les insectes butineurs de pommier

Lors de la période de floraison du *Malus domestica*, s'étendant entre avril et mai 2025, nous avons observé l'activité de quatre ordres principaux d'insectes floricoles : Diptera (diptères), Hymenoptera (hyménoptères), Lepidoptera (lépidoptères), Coleoptera (coléoptères). L'analyse des données a révélé que l'ordre des Hyménoptères représente le groupe dominant et le principal agent pollinisateur, avec un total de **1671** individus recensés. Parmi eux, *Apis mellifera* (l'abeille domestique) constitue l'espèce la plus abondante avec un total de 1572 individus, assurant la majorité des visites florales et jouant un rôle central dans la pollinisation du pommier. Les autres espèces appartenant aux ordres restants ont été observées en proportions moindres, jouant un rôle secondaire et étant considérées comme des visiteurs occasionnels des fleurs de pommier.

Tableau 06 : La densité et biodiversité des insectes butineurs sur *Malus domestica*

Insectes butineurs	N	%
1- Hyménoptères		
• Apidae		
- <i>Apis mellifera</i> (LINNAEUS,1758).	1572	94.07%
- <i>Eucira</i> sp	2	0.11%
• Vespidae		
- <i>Vespula germanica</i> (FABRICUS ,1793)	3	0.17%
• Cerambycidae		
- <i>Clytus arietis</i> (LINNAEUS ,1758)	9	0.53%
Total	1586	94.55%

2- Coléoptères <ul style="list-style-type: none"> • Chrysomelidae - <i>Lachnaia italica</i> - <i>Chysonela populaire</i> • Pyrrhocoridae - <i>Pynchocoridae apterus</i> • Scarabaeidae - <i>Tropirotia squdlidae</i> • Cerambycidae - <i>Tragidion coquus</i> 		
	27	1.61%
	16	0.95%
	8	0.47%
	1	0.05%
	1	0.05%
	53	3.13%
3- Lépidoptères <ul style="list-style-type: none"> • Pieridae - <i>Pieries repae</i> - <i>Euchloe ausomia</i> • Nymphalidae - <i>Parange aegeria</i> 		
	18	1.07%
	7	0.41%
	4	0.23%
Total	29	1.71%
4- Diptères <ul style="list-style-type: none"> • Syrphidae - <i>Eristal gluarte</i> - <i>Eristalis tenax</i> 		
	2	0.11%
	1	0.05%
Total	3	0.61%
Total final	1671	100%

2. Activité journalière de l'abeille domestique sur les fleurs du pommier

Les résultats des observations sur six pommiers de variété *Malus domestica* durant la période de floraison ont montré une augmentation progressive du nombre de visites d'abeilles au fur et à mesure de l'avancement de la journée. Le nombre le plus bas a été enregistré entre

09h00 et 10h00 avec 98 visites, puis il a augmenté progressivement pour atteindre un pic entre 13h00 et 14h00 avec 1296 visites, suivi d'une diminution vers la fin de l'après-midi.

Cette répartition horaire reflète un schéma d'activité typique des abeilles, où les conditions climatiques favorables comme la température et la lumière influencent positivement leur comportement de butinage. La tranche horaire de l'après-midi représente ainsi la période optimale pour la pollinisation.

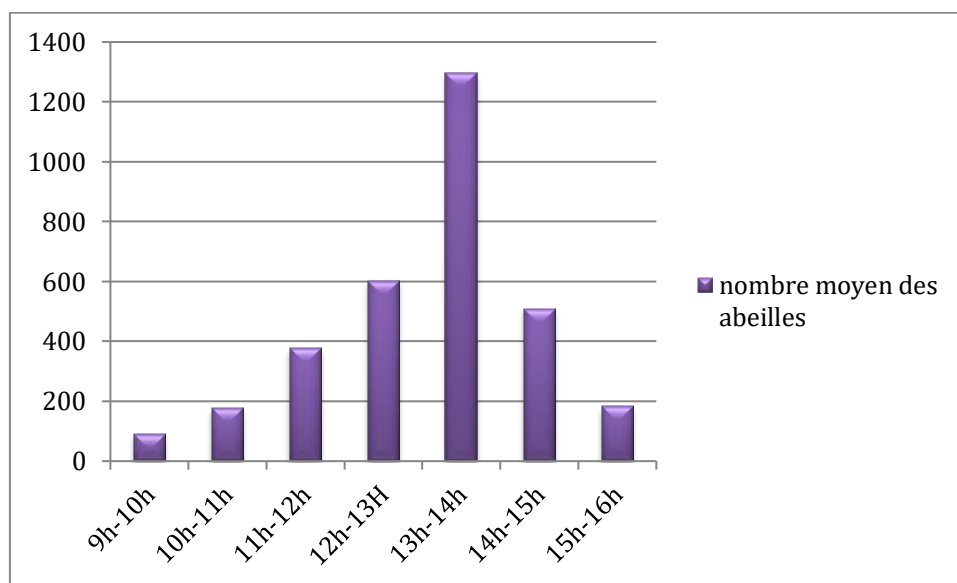


Figure 20 : Nombres moyens de visites enregistrées par *Apis mellifera* à différentes heures de la journée.

3. La floraison de la plante

La courbe montre une évolution parallèle entre le nombre de fleurs épanouies et le nombre d'abeilles visiteuses au cours de la période de floraison. Le nombre de fleurs a augmenté progressivement à partir du 8 avril, atteignant un pic le 27 avril (3600 fleurs), ce qui coïncide parfaitement avec le pic d'activité des abeilles (1572 individus). Cela met en évidence une corrélation étroite entre l'intensité de la floraison et la fréquentation des pollinisateurs. Après ce pic, une baisse progressive a été observée aussi bien dans le nombre de fleurs que dans la présence des abeilles, reflétant la fin progressive de la floraison et la diminution de l'attractivité des arbres pour les insectes pollinisateurs.

Cette synchronisation entre les deux courbes constitue un indicateur positif de l'efficacité de la pollinisation naturelle, notamment grâce au rôle central de l'espèce *Apis mellifera* comme principal pollinisateur.

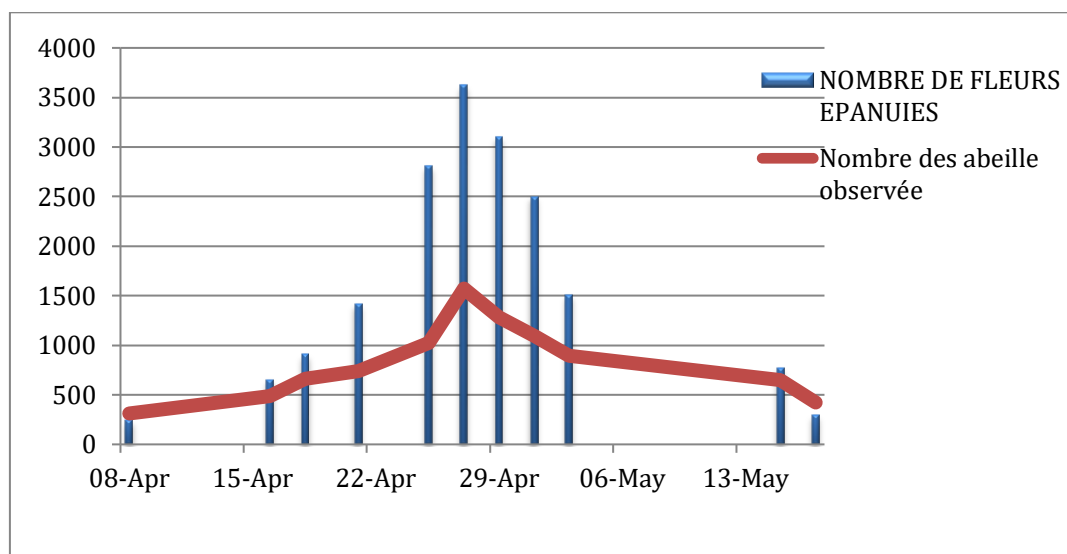


Figure 21 : Évolution du nombre des fleurs épanouies et le nombre des abeilles observée selon les sorties sur *Malus domestica*.

4. La vitesse de butinage

Les résultats de notre étude sur la vitesse de butinage ont montré que *Apis mellifera* est un pollinisateur rapide, capable de visiter un grand nombre de fleurs $12,7 \pm 2.68$ par minute et par arbre $9,9 \pm 3.21$

Tableau 07: vitesse de butinage d'*Apis mellifera* dans le verger de pommier pendant la période de floraison.

L'espèce	Nombre d'individu	Nombres moyens de fleurs visitées /min	Nombres moyens de fleurs visitées par arbre
<i>Apis mellifera</i>	50	$9,9 \pm 3.21$	$10,7 \pm 6.65$

5. Le temps dépensé sur la fleur

Apis mellifera dépense un temps relativement court sur les fleurs de *Malus domestica* avec une moyenne de 3.27 ± 1.17 secondes.

Tableau 08 : Temps moyen (en secondes) dépensé par *Apis mellifera* sur les fleurs de *Malus domestica*

L'espèce	Nombre d'individu	Temps dépensé (s)
<i>Apis mellifera</i>	50	3.27 ± 1.17

6. Le temps de vol entre deux visites consécutives

Le temps de vol entre deux visites consécutives a été mesuré chez 50 individus d'*Apis mellifera* observés dans une grande parcelle de pommiers située au sein d'un verger diversifié. Il a été observé que cette espèce se déplace à un rythme modéré entre les fleurs, avec un temps moyen de 2.78 ± 1.27 secondes.

Tableau 09 : Temps moyen de vol entre deux visites consécutives par *Apis mellifera*.

L'espèce	Nombre d'individu	La moyenne de Temps de vol
<i>Apis mellifera</i>	50	$2,78 \pm 1.27$

7. Objet de visite

Durant la période de floraison du *Malus domestica*, la majorité des visites des abeilles domestiques (*Apis mellifera*) de 231 individus ont été motivées par la recherche de nectar, représentant **52.8 %** des individus observés. Environ **23.4 %** des abeilles se sont orientées exclusivement vers la collecte de pollen, tandis que **23.8 %** ont combiné la récolte de nectar et de pollen au cours de la même visite. Ces résultats indiquent une préférence marquée pour le nectar, bien que la collecte conjointe des deux ressources demeure significative.

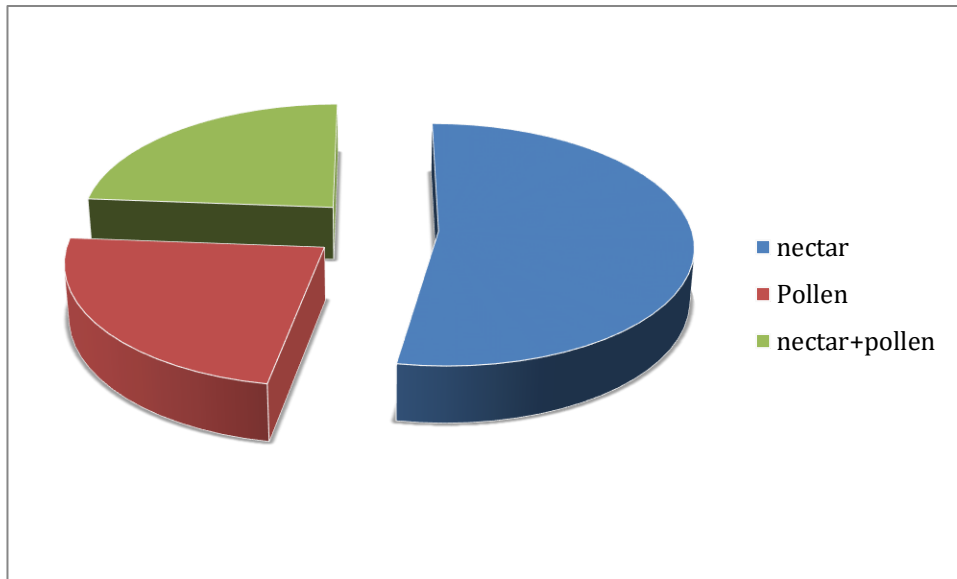


Figure 22 : pourcentage des produits floraux récoltés par *Apis mellifera* sur *Malus domestica*

7. Les mouvements des butineurs les plus abondants entre les rangées

Les résultats de l'observation de 183 abeilles (*Apis mellifera*) dans un verger de pommiers ont montré que la majorité des déplacements se faisaient vers le premier arbre voisin sur la même rangée (A), avec un taux de **54,6 %**, ce qui reflète une préférence des abeilles pour les déplacements courts et linéaires. Le déplacement vers le deuxième arbre de la même rangée (B) était moins fréquent (**20,2 %**), ce qui s'explique par la diminution de la probabilité de visite avec l'augmentation de la distance, malgré le maintien dans la même direction. En revanche, le déplacement vers des arbres adjacents mais situés sur d'autres rangées (C) représentait **14,8 %**, bien que la distance (4 m) soit plus courte que dans le cas de B, ce qui indique une préférence des abeilles pour rester sur la même ligne plutôt que de changer d'orientation. Enfin, les déplacements vers des arbres éloignés (D) étaient les moins fréquents (**9,8 %**), ce qui concorde avec le comportement naturel des abeilles visant à économiser leur énergie lors de la recherche de nourriture.

A : 1^{er} arbre voisin de la même rangée (distance = 5m).

B : 2^{ème} arbre voisin de la même rangée (distance = 10m).

C : arbres adjacents de rangée différentes (distance = 4m).

D: vois lents (distance > 10).

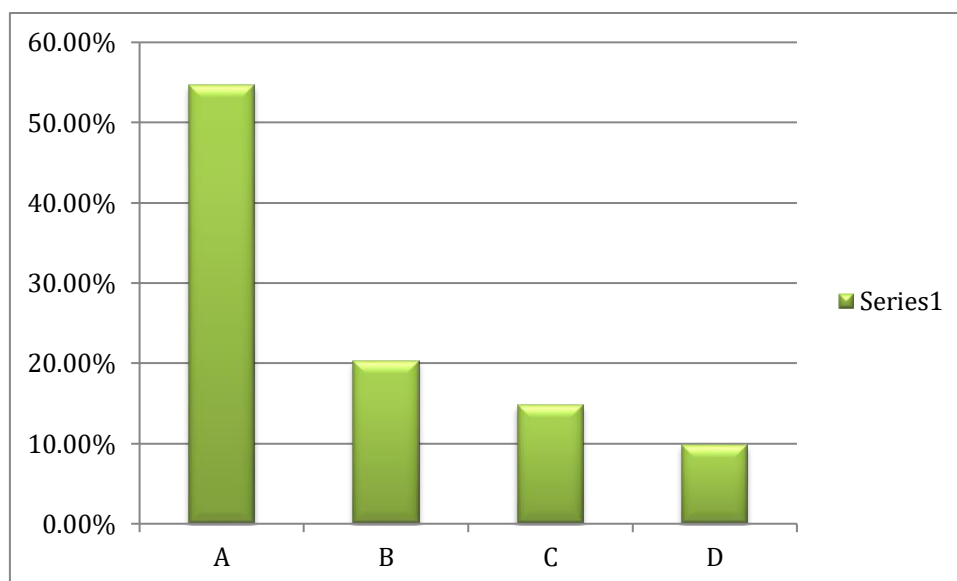


Figure 23: Histogramme du pourcentage d'abeilles domestique en fonction du sa distance de vol parcourue sur le pommier.

9. Efficacité pollinisatrice

9.1. Etude d'activité des pollinisateurs en fonction à la sécrétion du nectar

Le tableau montre une progression naturelle des quantités de nectar sécrétées au cours de la journée.

Les valeurs sont faibles le matin (de 9h à 10h), avec une moyenne de 0,23 μL par fleur, puis augmentent progressivement pour atteindre un pic entre 13h et 14h, avec une moyenne de 0,94 μL , avant de diminuer de nouveau jusqu'à 16h. Ce schéma reflète l'activité des glandes nectarifères, influencée par des facteurs environnementaux tels que la température et la lumière. D'après les observations sur le terrain, il a été constaté que le pic d'activité des abeilles coïncide parfaitement avec le pic de sécrétion du nectar, ce qui indique que les abeilles sont naturellement attirées par les périodes où les fleurs produisent le plus de nectar, contribuant ainsi à une pollinisation plus efficace.

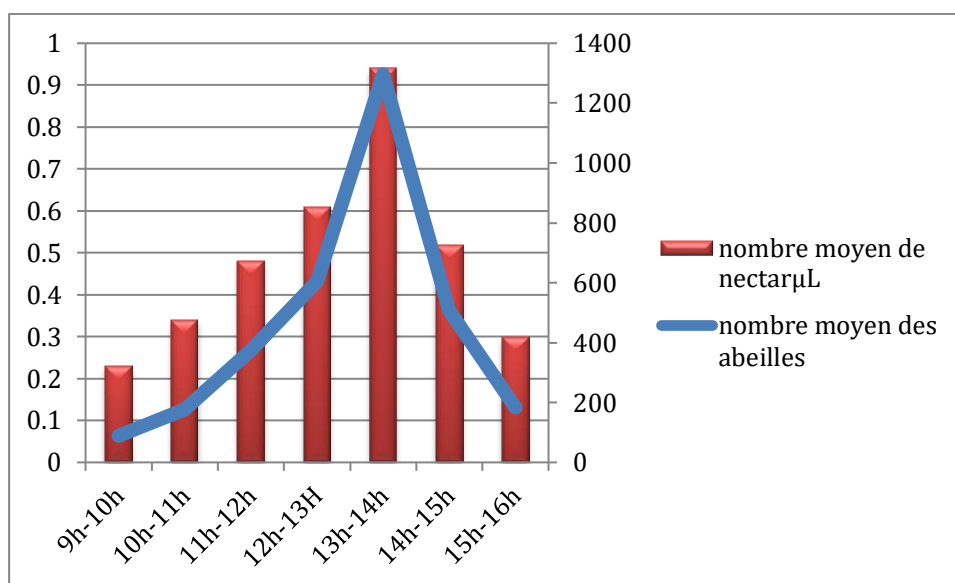


Figure 24: Quantité moyenne de nectar dans les fleurs de pommier a différentes heures de la journée.

II. Le poirier

1. Les insectes butineurs de poirier

L'étude des insectes floricoles visitant les fleurs du poirier (*Pyrus communis*) a révélé la présence de quatre ordres principaux : Hyménoptères, Lépidoptères, Coléoptères, et Diptères. Parmi ces derniers, les Hyménoptères représentaient de loin le groupe le plus abondant et actif. L'espèce *Apis mellifera*, l'abeille domestique, a été identifiée comme le principal pollinisateur, avec une moyenne maximale d'activité atteignant 1467 individus observés entre 12h et 13h. Cette forte fréquentation coïncide avec la période de floraison maximale, notamment autour du 17 avril, où le nombre de fleurs ouvertes a également atteint son apogée.

Les autres groupes d'insectes butineurs, bien que présents, étaient significativement moins nombreux. Les Diptères, ainsi que certains Coléoptères floricoles et Lépidoptères diurnes, ont

été observés de manière sporadique, souvent en dehors des heures de forte activité des abeilles.

Ce déséquilibre en faveur des Hyménoptères, en particulier *A. mellifera*, souligne l'importance cruciale de cette espèce dans la pollinisation du poirier, et suggère une dépendance écologique significative à son activité pendant la période de floraison

Tableau 10: La densité et biodiversité des insectes butineurs sur *pyrus communis*.

Insectes butineurs	N	%
1- Hyménoptères		
• Apidae		
- <i>Apis mellifera</i> (LINNAEUS,1758)	1467	91.06%
- <i>Eucira</i> sp	6	0.37%
• Vespidae		
- <i>Vespula germanica</i> (FABRICIUS, 1793)	32	1.99%
Total	1505	93.42%
2- Coléoptères		
• Chrysomelidae		
- <i>Lachnaia italica</i>	34	2.11%
- <i>Chysonela populaire</i>	19	1.18%
• Buprestidae		
- <i>Anthaxia</i> sp	8	0.5%
• pentatomidae		
- <i>Nezara veridula</i>	3	0.19%
• Coccinellidae		
- <i>Adalia bipunctata</i>	11	0.68%
• Noctuidae		
- <i>Spodoptera</i> sp	4	0.25%
Total	79	4.91%

3- Lépidoptères <ul style="list-style-type: none"> • Pieridae - <i>Pieris repae</i> • <i>Nymphalidae</i> - <i>Pararge aegeria</i> 		
	16	0.99%
	5	0.31%
	21	1.30%
4- Diptères <ul style="list-style-type: none"> • Syrphidae - <i>Eristalis peutrax</i> - <i>Eristalis tenax</i> 	3	0.19%
	2	0.12%
	5	0.31%
	1610	100%

2. Activité journalière de l'abeille domestique sur les fleurs du poirier

L'analyse des moyennes horaires montre que l'activité des abeilles commence progressivement dès le matin et atteint son pic entre 12h00 et 13h00, avant de diminuer progressivement jusqu'à la fin de la journée.

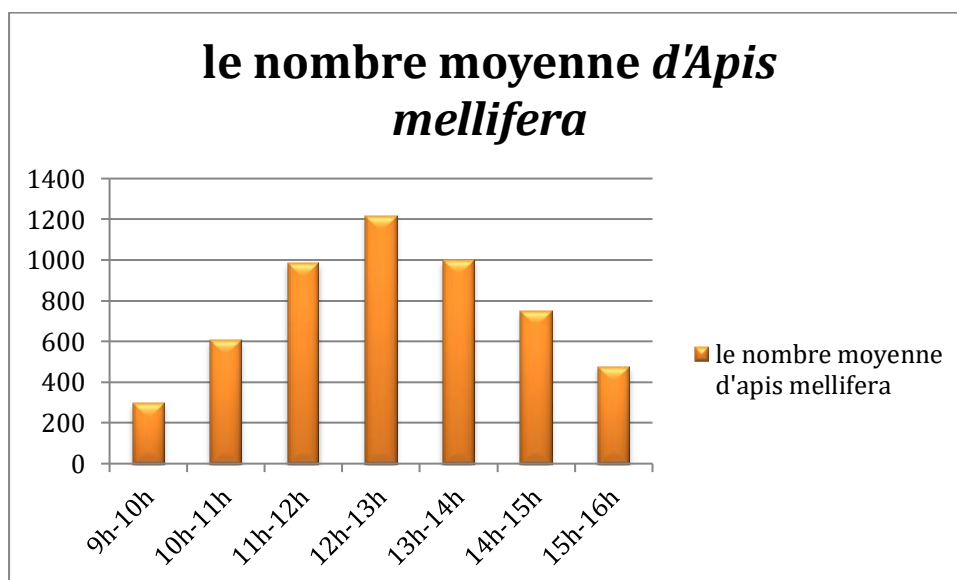


Figure 25 : Nombres moyens de visites enregistrées par *Apis mellifera* différentes heures de la journée.

3. La floraison de la plante

L'analyse conjointe du nombre de fleurs ouvertes et de l'activité des abeilles sur le poirier montre une forte corrélation entre l'intensité de la floraison et la présence des pollinisateurs.

La floraison a commencé de manière modérée le 26 mars avec 323 fleurs ouvertes, pour augmenter progressivement jusqu'à atteindre un maximum le 19 avril avec 2649 fleurs, marquant ainsi le pic de floraison. Ce même jour, le nombre le plus élevé d'abeilles a été enregistré (1467 individus), ce qui met en évidence la synchronisation entre la floraison maximale et l'activité maximale des abeilles. Après cette date, la chute progressive du nombre de fleurs, jusqu'à 217 le 30 avril, s'est accompagnée d'une diminution parallèle du nombre d'abeilles, ce qui reflète une dynamique écologique naturelle entre ressource florale et pollinisateurs.

Ces résultats confirment que l'attractivité florale constitue un facteur déterminant dans l'intensité de la pollinisation par les abeilles dans les vergers de poiriers.

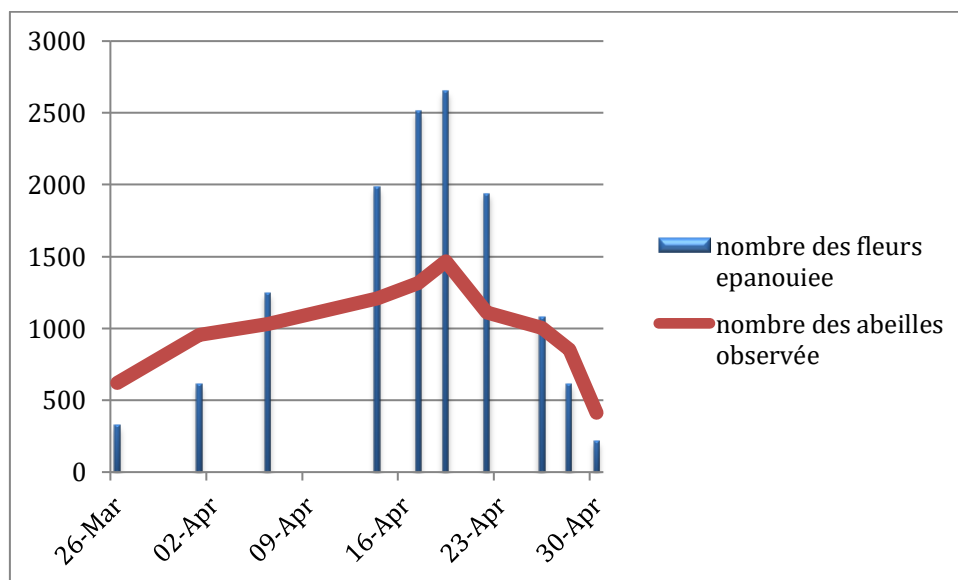


Figure 26: Évolution du nombre des fleurs épanouies et le nombre des abeilles observée selon les sorties sur *pyrus communis*.

4. La vitesse de butinage

Le nombre moyen de fleurs visitées par *Apis mellifera* a été estimé à 11.53 ± 1.45 fleurs/minute et à 8.78 ± 2.54 fleurs visitées par arbre, indiquant une activité de butinage régulière dans le verger.

Tableau 11: vitesse de butinage d'*Apis mellifera* dans le verger de *Pyrus communis* pendant la période de floraison.

L'espèce	Nombre d'individu	Nombres moyens de fleurs visitées /min	Nombres moyens de fleurs visitées par arbre
<i>Apis mellifera</i>	50	11.53 ± 1.45	8.78 ± 2.54

5. Le temps dépensé sur la fleur

Le temps moyen (en secondes) dépensé par *Apis mellifera* sur les fleurs de *Pyrus communis* a été enregistré avec une moyenne de 3.38 ± 0.47 secondes. Cela reflète une interaction relativement courte avec chaque fleur, favorisant ainsi l'efficacité de la pollinisation et la rapidité de déplacement entre les fleurs.

Tableau 12: Temps moyen (en secondes) dépensé par *Apis mellifera* sur les fleurs de *Pyrus communis*

L'espèce	Nombre d'individu	Temps dépensé (s)
<i>Apis mellifera</i>	50	3.38 ± 0.47

6. Le temps de vol entre deux visites consécutives

Le temps moyen de vol entre deux visites consécutives par *Apis mellifera* a été estimé à 3.03 ± 0.35 secondes, traduisant une capacité de déplacement rapide entre les ressources florales.

Tableau 13 : Temps moyen de vol entre deux visites consécutives par *Apis mellifera*

L'espèce	Nombre d'individu	La moyenne de Temps de vol
<i>Apis mellifera</i>	50	3.03±0.35

7. Objet de visite

Durant la floraison du poirier (*Pyrus communis*), la majorité des visites d'*Apis mellifera* ont été motivées par la recherche de nectar, représentant environ **45.4 %** des individus observés. Environ **24.4 %** des abeilles se sont focalisées exclusivement sur la collecte de pollen, tandis que **30.2 %** ont combiné la récolte de nectar et de pollen lors de la même visite. Ces résultats révèlent une préférence globale pour le nectar, tout en mettant en évidence l'importance écologique des deux ressources florales pour l'espèce.

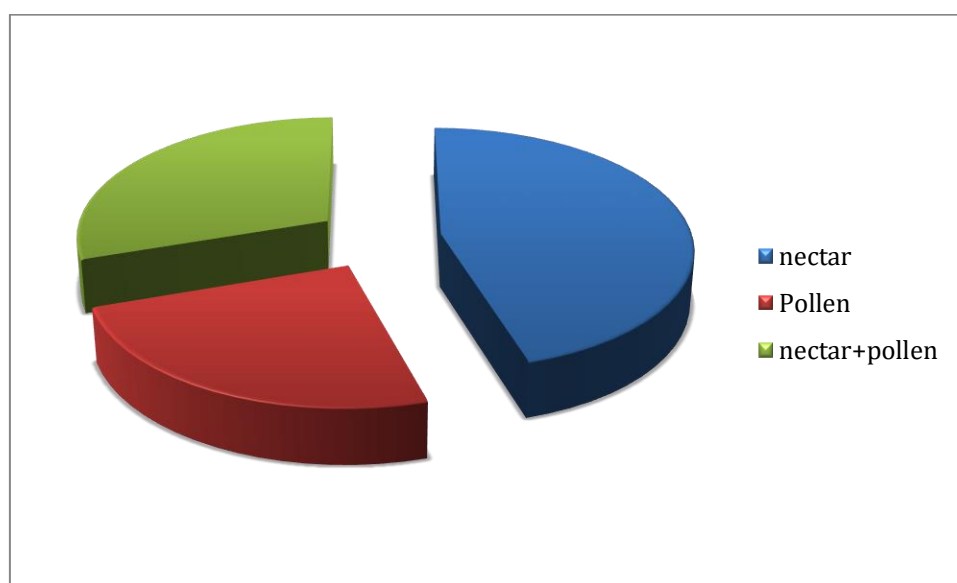


Figure 25: pourcentage des produits floraux récoltés par *Apis mellifera* sur *Pyrus communis*

8. Les mouvements des butineurs les plus abondants entre les rangées

L'analyse des mouvements d'*Apis mellifera* entre les arbres de *Pyrus communis* a montré que **38.4 %** des individus ont préféré se déplacer vers les arbres adjacents d'une rangée différente (4 m), contre **32.0 %** vers le premier arbre voisin de la même rangée (5 m), et **23.2 %** vers le deuxième arbre du même rang (10 m). Les mouvements lents ou indéfinis ont

représenté **6,4 %** des cas observés. Ces résultats suggèrent que la distance et l'agencement des arbres influencent significativement les trajets de butinage.

A : 1^{er} arbre voisin de la même rangée (distance = 5m).

B : 2^{ème} arbre voisin de la même rangée (distance = 10m).

C : arbres adjacents de rangée différentes (distance = 4m).

D: vois lents (distance > 10).

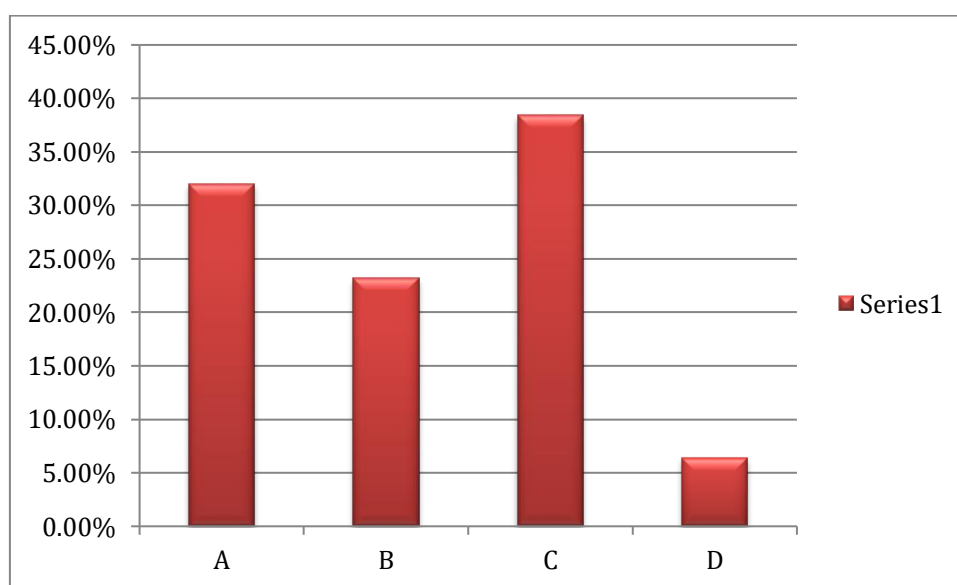


Figure 26: Histogramme du pourcentage d'abeilles domestique en fonction du sa distance de vol parcourue sur *Pyrus communis* .

9. Efficacité pollinisatrice

9.1. Etude d'activité des pollinisateurs en fonction à la sécrétion du nectar

Les taux de sécrétion de nectar dans les fleurs de poirier ont varié entre 0,16 μ L et 0,47 μ L par heure, atteignant un pic entre 12h00 et 13h00. Cette période coïncide également avec l'activité maximale d'*Apis mellifera*, traduisant une synchronisation écologique entre l'offre florale et le comportement de butinage de l'abeille domestique.

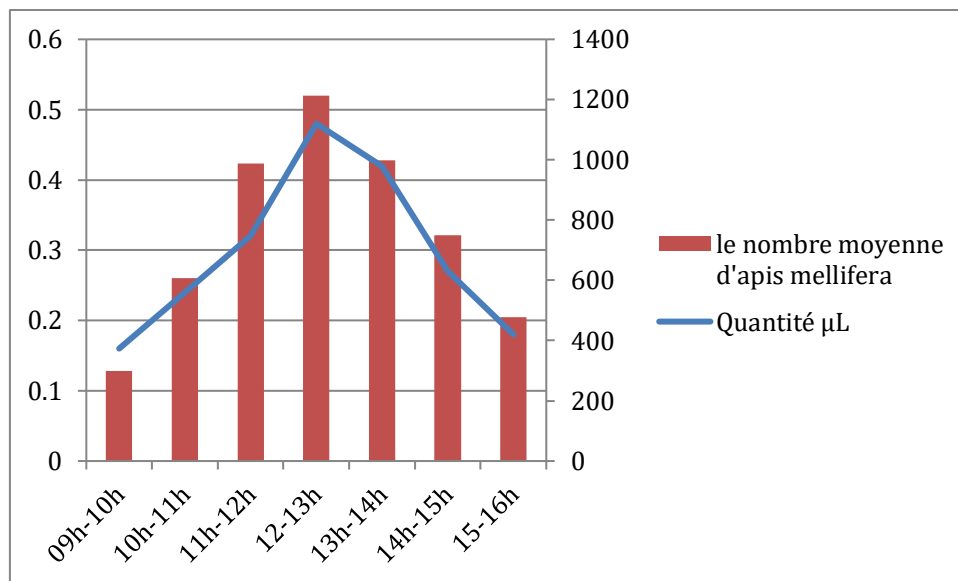


Figure 27 : Quantité moyenne de nectar dans les fleurs de poirier a différentes heures de la journée.



Chapitre VI

CHAPITRE VI

DISCUSSION ET CONCLUSION

I. Discussion

Les observations menées dans la région de Constantine sur les deux plantes étudiées ; le pommier (*Malus domestica*) et le poirier (*Pyrus communis*) pendant la période de la floraison (mars – avril et mai), nous ont permis de recenser quatre groupes d'insectes butineurs ; à savoir les Hyménoptères, les Lépidoptères et les Coléoptères et les Diptères pour le pommier et pour le poirier les mêmes ordres. Les Hyménoptères apoïdes sont les visiteurs les plus abondants sur les fleurs.

Nos résultats ont révélé une forte prédominance d'*Apis mellifera* sur les fleurs de pommier, représentant 94,07 % des insectes floricoles observés, avec un pic d'activité entre 13h et 14h, totalisant 1296 visites durant cette tranche horaire. Ce résultat est en accord avec les travaux de Talhi (2018), qui a enregistré 15 443 individus d'*Apis mellifera* dans des vergers de pommier, avec un pic similaire entre 14h et 15h, et une préférence marquée pour la collecte de pollen (75,03 %). Notre étude se distingue toutefois par une dominante nectarifère (52,8 %) contre 23,4 % pour le pollen, ce qui pourrait être lié à la variété de pommier observée, au stade de floraison ou à la météorologie locale. Cette tendance est appuyée par les observations de Kabouche (2024), qui a noté une préférence de 74,69 % pour le nectar dans son site d'étude, avec une forte présence de pollinisateurs secondaires comme *Eucera* et *Andrena*. Delaplane et Mayer (2000) ont montré que le rôle d'*Apis mellifera* dans les vergers de pommier est essentiel, avec une efficacité optimale lorsqu'elle constitue plus de 90 % des butineurs, ce qui est exactement notre cas. De plus, Free (1993) et McGregor (1976) soulignent l'importance de l'adéquation entre l'intensité florale et l'abondance des butineurs pour garantir une bonne fructification.

Les vitesses de butinage obtenues dans notre étude ($12,7 \pm 2,68$ fleurs/min) sont très proches de celles rapportées par Talhi et Kabouche, mais aussi de celles trouvées par Vicens et Bosch

(2000) en Espagne, où *Apis mellifera* a visité entre 11 et 13 fleurs/minute selon la variété de pommier.

Sur le poirier (*Pyrus communis*), nos observations ont démontré une forte présence d'*Apis mellifera*, représentant 91,06 % des visiteurs floraux, avec un pic d'activité entre 12h et 13h, totalisant 1467 visites. Cette période correspond à la phase de floraison maximale (le 19 avril) où 2649 fleurs étaient ouvertes, démontrant une synchronisation parfaite entre la phénologie de la plante et le comportement du pollinisateur. Concernant les ressources collectées, 45,4 % des abeilles butinaient le nectar, 24,4 % récoltaient le pollen, tandis que 30,2 % effectuaient une collecte mixte. Cette répartition est comparable aux données rapportées par Vicens & Bosch (2000) et Abrol (2012), qui indiquent une flexibilité comportementale d'*Apis mellifera* en fonction de la morphologie des fleurs et de la concentration en ressources nectarifères. La vitesse de butinage sur poirier était de $11,53 \pm 1,45$ fleurs/minute, avec une moyenne de $8,78 \pm 2,54$ fleurs/arbre, un temps de $3,38 \pm 0,47$ secondes par fleur et de $3,03 \pm 0,35$ secondes entre deux visites. Ces valeurs sont en cohérence avec celles mentionnées par Pacini et al. (2003) qui ont estimé le nectar produit par les fleurs de poirier entre 0,3 et 0,6 μL , et avec les temps observés par Nicolson & Human (2013) sur des espèces à nectar modéré. Quant aux mouvements, nous avons observé une prédominance des déplacements vers les arbres de rangées différentes (C : 38,4 %), ce qui peut être expliqué par une répartition plus dispersée des fleurs ou une densité florale plus faible. Cela confirme les théories adaptatives d'orientation spatiale développées par Waddington (2001).

Les mouvements d'*Apis mellifera* sur pommier ont suivi le modèle $A > C > B > D$, identique à celui rapporté par Talhi (2018), ce qui suggère une stratégie énergétique optimale. Sur poirier, la préférence vers les rangées adjacentes ($C > A > B > D$) reflète probablement une distribution différente des fleurs ou une accessibilité variée. Ces observations complètent les modèles proposés par Seeley (1985) et Waddington (2001) sur la mémoire spatiale des abeilles.

II. Conclusion

À travers cette étude, le rôle essentiel joué par *Apis mellifera* dans la pollinisation des arbres fruitiers à floraison abondante, en particulier le pommier et le poirier, a été clairement mis en évidence. Nos résultats ont montré que l'abeille ne se contente pas de visiter les fleurs,

mais qu'elle organise son comportement spatio-temporel avec précision, en réponse à la densité florale et à la concentration en nectar — témoignant ainsi d'une adaptation écologique profonde entre la plante et son pollinisateur.

La comparaison de nos données avec les travaux scientifiques antérieurs, tant locaux qu'internationaux, confirme que les dynamiques observées sur le terrain s'inscrivent dans un schéma écologique global. Ce schéma démontre que la réussite agricole ne repose pas uniquement sur les intrants techniques, mais aussi sur les interactions naturelles entre les cultures et les pollinisateurs. Comprendre ces interactions, tel que l'a permis cette recherche, constitue une étape fondamentale vers une agriculture durable, fondée sur l'équilibre entre productivité et préservation de la biodiversité. Ainsi, la pérennité des systèmes agroécologiques est étroitement liée à la protection des pollinisateurs au premier rang desquels figure l'abeille qui s'impose de plus en plus comme un acteur-clé, à la fois écologique et économique, dans l'agriculture contemporaine.

LES REFERENCES

- **Ackerman, J. D. (2000).** "Abiotic pollen and pollination: ecological, functional, and evolutionary perspectives." *Plant Systematics and Evolution*, 222(1-4), 167-185.
- **AGUIB sihem, LOUADI kamel, TERZO, BENACHOUR karima, BERCH, MAGHNI& BENARFA, 2008,** article scientifique sur Les Hyménoptères Apoidea de l'Algérie orientale avec une liste d'espèces et comparaison avec les faunes ouest-paléarctiques Bulletin de la Société entomologique de France, 113 (4) : 459-472
- **AGUIB sihem , LOUADI kamel & SCHWARZ ,2010 .** Article scientifique sur Les Anthidiini (Megachilidae, Megachilinae) d'Algérie avec trois espèces nouvelles pour ce pays: Anthidium (Anthidium) florentinum (FABRICIUS, 1775), Anthidium (Proanthidium) amabile ALFKEN, 1932 et Pseudoanthidium (Exanthidium) enslini (ALFKEN, 1928), Entomofauna ZEITSCHRIFT FÜR ENTOMOLOGIE Band 31, Heft 12: 121-152
- **Anderson, A. B., Overal, W. L., et Henderson, A. 1982,** Pollination ecology of a forest palm, *Elaeis oleifera* (Arecaceae). *Biotropica*, 14(1), 1-6.
- **Arthur FAUVIAU 2023,** thèse de doctorat sur Abeilles sauvages et pollinisation en milieux urbanisés : approches expérimentales et méta analytiques à grande échelle, Université Spécialité Sciences écologiques et agronomiques 167P
- **BENACHOUR Rafik, HOUARI Imed Eddine ,2020,** Révision des travaux sur la faune apoïdienne de la région de Khenchela, Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master Spécialité : Biologie et Contrôle des Populations d'Insectes ,46P
- **Benaissa, M., Haddad, A., & Touahria, M. (2018).** Rôle écologique et économique des abeilles dans la pollinisation des cultures fruitières. *Revue Algérienne des Sciences Agronomiques*, 12(2), 45-56.
- **BENNADJI Djihane, 2020,** L'algorithme de Pollinisation des Fleurs, université Mohamed khider, Biskra faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie département de mathématiques, 55p
- **Blondiau, L., 2009.** Faunistique des apoïdes apiformes solitaires (Hymenoptera : Apidae) de la commune d'Eyne (Pyrénées-Orientales, France). Mémoire de fin d'études, Université de Mons-Hainaut, Faculte des sciences - laboratoire de zoologie 69 p.
- **Bendifallah Leila , Louadi Kamel et Doumandji Salah Eddine ,2015 .**Article scientifique sur Apoidea et leur Diversité au Nord d'Algérie ** *PhD Département de Biologie. Faculté des Sciences. Université M'hamed Bougara. Boumerdes, ALGÉRIE

****Professeur Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université Mentouri. Constantine, ALGÉRIE**
Laboratoire de Zoophytatrie. Département de Zoologie Agricole et Forestière. École Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach – Alger, ALGÉRIE

- **Boumazbar Rokia ,ferhaoui yousra ,hammoudi mohamed abdelmalek, 2020** , Révision des travaux sur la faune apoïdienne (Hymenoptera : Megachilidae) dans la région de Constantine Biologie Evolution et Contrôle des Populations d'insectes umc
- **BOUHOUHOU Lamia, SOUALMIA Dallel ,2020**, Biodiversité des insectes pollinisateurs du pommier (*Malus communis* L) (Rosaceae) dans la région de Constantine (Résumé des travaux précédents). umc 29P
- **Bourbia, H., & Chérif, M. (2021)**. Impacts du changement climatique sur la phénologie des arbres fruitiers dans le nord de l'Algérie. *Climat et Agriculture*, 9(2), 73-84.
- **Cheung, A. Y., Wang, H., & Wu, H. M. (2000)**. A floral transmitting tissue-specific glycoprotein attracts pollen tubes and stimulates their growth. *Cell*, 82(3), 383-393.
- **Culley, T. M., Weller, S. G., & Sakai, A. K. (2002)**. "The evolution of wind pollination in angiosperms." *Trends in Ecology & Evolution*, 17(8), 361-369.
- **Chittka, L., & Kevan, P. G. (2001)**. Flower colour as a signal in communication between plants and pollinators: The role of ultraviolet. *Evolutionary Ecology Research*, 3(5), 705–718.
- **Cronk, Q. C. B., & Ojeda, I. (2008)**. Bird-pollinated flowers in an evolutionary and molecular context. *Journal of Experimental Botany*, 59(4), 715-727.
- **Darwin, C. (1862)**. The Various Contrivances by which Orchids are Fertilised by Insects. John Murray.
- **Delorme, B. (2013)**. Phénologie des espèces fruitières en climat méditerranéen. *Institut Méditerranéen de l'Arboriculture*, 11(1), 15-27.
- **Darwin, C. 1862** . On the Various Contrivances by which British and Foreign Orchids are Fertilised by Insects. John Murray.
- **Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (2013)**. *Raven Biology of Plants* (8th Edition). W.H. Freeman and Company.
- **Eilers, E. J., Kremen, C., Greenleaf, S. S., et al. (2011)**. Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply. *PLoS ONE*, 6(6), e21363.

- **Faegri, K., & van der Pijl, L. 1979.** The Principles of Pollination Ecology. Pergamon Press.
- **Friedman, J., & Barrett, S. C. H. (2009).** "The evolution of plant reproductive systems: how often are transitions irreversible?" *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1654), 985-992.
- **Gottsberger, G. 1990,** Flowers and beetles in the South American tropics. *Botanical Acta*, 103(6), 360-365.
- **Grant, V. 1983.** The systematic and geographical distribution of hawkmoth flowers in the temperate North America. *Botanical Gazette*, 144(3), 439-449.
- **Gallai, N., Salles, J. M., Settele, J., & Vaissière, B. E. (2009).** Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68(3), 810-821.
- **HAOUARI Mohammed Moufdi KHESRANI Kamilia, 2021,** Contribution à l'étude de l'impact de la pollinisation entomophile sur le rendement de deux cultures : le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) et la lentille (*Lens culinaris* Medik.) dans la région d'El Baaraouia (Constantine), Université des Frères Mentouri Constantine, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, 81P
- **Herrero, M. (2003).** Male and female synchrony and the regulation of mating in flowering plants. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 358(1434), 1019-1024.
- **HAOUARI Mohammed Moufdi ,KHESRANI Kamilia, 2021,** Contribution à l'étude de l'impact de la pollinisation entomophile sur le rendement de deux cultures : le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) et la lentille (*Lens culinaris* Medik.) dans la région d'El Baaraouia (Constantine) ,umc 58
- **Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H. 2007,** Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303–313.
- **Kunz, T. H., & Fenton, M. B. (2003).** Bat Ecology. University of Chicago Press.
- **Koopowitz, H., Sussman, R. W., & Patton, J. L. (2003).** Chiropterophily: The Pollination of Bats. *American Journal of Botany*, 90(11), 1549-1557.
- **Khelifa, R., Benabed, M., & Saidi, S. (2019).** Comportement agronomique des variétés de pommier et poirier en région steppique. *Journal Algérien de l'Agriculture Durable*, 7(3), 110- 118.

- **Knopp, M. C., & Krenn, H. W. 2003.** Efficiency of fruit juice feeding in Nymphalidae (Lepidoptera): A functional approach. *Oecologia*, 135(3), 373-378.
- **Kearns, C. A. 2001.** Pollination by flies. In C. A. Kearns & D. W. Inouye (Eds.), *Pollinators, Flowers, and the Ecological Web* University Press of Colorado. (84-105).
- **LALMI Fadi Karim, MAMACHE Selma, CHIBANI Houria Malek, 2019.** Contribution à l'étude de la biodiversité des Abeilles (hymenoptera : apoidae) de la region de Djabel-ouahch et sidi mcid (wilaya constantine), Mémoire de Master en Biologie Animale bcpi umc.41P
- **Larson, B. M. H., Kevan, P. G., & Inouye, D. W. 2001.** Flies and flowers: Taxonomic diversity of anthophiles and pollinators. *The Canadian Entomologist*, 133(4), 439-465.
- **Marc Gibernau et Angélique Quilichini, 2016, Pollinisation : des insectes mais aussi des vertébrés** Par Dossier Pollens, abeilles et compagnie - Jardins de France 643
- **Michener, C. D. 2007,** *The Bees of the World.* Johns Hopkins University Press.
- **Melle Ould Brahim Yasmine -M elle Sadi Kamelia 2021,** Diversité des Apoïdes dans quatre stations suivant un gradient altitudinal dans la région de Tizi-Ouzou Mémoire de fin d'étude En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie Spécialité : Ecologie Animale, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques. 93P
- **MANSSAR Mostefa ,2017,** diversité et abondance des apidae et halictidae (hymenoptera : apoïdea) du nord est algérien et détermination de leur choix floraux (données des collections de référence du lbea),Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master Spécialité : Biologie, Evolution et Contrôle des Populations d'Insectes umc;31p
- **Mebarki, A., Djemai, I., & Mouhouche, B. (2017).** Effet de la pollinisation croisée sur le rendement du pommier en zone semi-aride. *Cahiers Agricultures*, 26(4), 251-259.
- **Nilsson, L. A. 1992,** Orchid pollination biology. *Trends in Ecology & Evolution*, 7(8), 255-259.
- **Niklas, K. J. (1985).** "Wind pollination: ecological and evolutionary perspectives." *Trends in Ecology & Evolution*, 1(8), 253-258.
- **NAIT CHABANE Sadia 2016,** mémoire fin d'études En vue de l'obtention du diplôme de Master en Agronomie Spécialité : Protection des plantes cultivées 46P

- **Oliveira, M. O., et al. 2018.** The role of Diptera in pollination. *Current Opinion in Insect Science*, 27, 26-32.
- **Ollerton , j.winfree;R., Tarrant,s 2011,** how many flowering plants are pollinated by animals *oikos* , 120 (3) 321-326
- **Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011).** How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3), 321-326.
- **Ould Brahim Yasmine - Sadi Kamelia 2021,** Diversité des Apoïdes dans quatre stations suivant un gradient altitudinal dans la région de Tizi-Ouzou, UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU. Mémoire de fin d'étude En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie Spécialité : Ecologie Animale .93P
- **OUAHAB Youssouf ,2015,** Ecologie et Dynamique des Arthropodes Distribution spatio-temporelle des abeilles sauvages (Hyménoptera ; Apoidea) à travers les Monts de Tlemcen UNIVERSITE ABOUBAKR BELKAÏD–TLEMCEM Département d'Ecologie et Environnement Laboratoires de recherche « Zoophytatrie» " Valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique " MEMOIRE En vue de l'obtention du Diplôme de Magister .137P
- **Peter Fluri, Anne Pickhardt, Valérie Cottier, Jean-Daniel, (2001),** La pollinisation des plantes à fleurs par les abeilles - Biologie, Écologie, Économie, Charrière Agroscope Liebefeld-Posieux, Centre de recherche apicole, CH-3003 Bern 25P
- **2017, Origine** de la diversité des insectes pollinisateurs d'altitude : le cas des diptères Empidinae dans le Parc National du Mercantour Vincent Lefebvre THESE de DOCTEUR DU MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE Spécialité : « Ecologie / Entomologie » 201P
- **Proctor, M., Yeo, P., & Lack, A. 1996.** The Natural History of Pollination. HarperCollins Publishers.
- **Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., et al. 2010,** Global pollinator declines: trends, impacts, and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345-353.
- **Rader, R., et al. (2016).** Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *PNAS*, 113(1), 146-151.
- **Rochette, P., Bélanger, G., & Allard, G. (2004).** Impacts des changements climatiques sur les cultures pérennes. *Revue de Climatologie Agricole*, 5(1), 22-35.
- **SAIDOU DJIHAD, GASMI ROUMAÏSSA, 2021,** Contribution à la connaissance de l'Entomofaune pollinisatrice de pois chiche (*Cicer arietinum* L) et de Luzerne

(*Medicago sativa* L) dans la région de Mila (Commune de Oued Athmania (Djebel Aougueb), Université Mentouri Constantine 1, spécialité biologie et contrôle de population et insecte ,81P UMC

- **Settele, J., et al. 2014.** Butterflies and Climate Change. Cambridge University Press.
- **SAIDOU DJIHAD, GASMI ROUMAÏSSA ,2021,** Contribution à la connaissance de l'Entomofaune pollinisatrice de pois chiche (*Cicer arietinum* L) et de Luzerne (*Medicago sativa* L) dans la région de Mila (Commune de Oued Athmania (Djebel Aougueb) umc 57
- **Thien, L. B. 1980,** Patterns of pollination in the primitive angiosperms. Biotropica, 12(1), 1-13.
- **Touil, A., & Hadj-Hamou, M. (2020).** Diversité des abeilles sauvages et leur potentiel pollinisateur en Algérie. Bulletin de la Recherche Agronomique, 8(1), 33-40.
- **Velthuis, H. H. W., & van Doorn, A. 2006,** A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. Apidologie, 37(4), 421–451.
- **Von Frisch, K. 1967.** The Dance Language and Orientation of Bees. Harvard University Press.
- **Waser, N. M. 1986.** Flower constancy: definition, cause, and measurement. The American Naturalist, 127(5), 593-603.
- **Willmer, P. (2011).** Pollination and Floral Ecology. Princeton University Press.
- **Yagoubi, E., Mahfouf, H., & Belkheir, M. (2008).** Évolution des saisons de gel et croissance végétale en Algérie. Études Climatologiques Maghrébines, 3(2), 88-101.

الملخص

التلقيح عملية أساسية لتكاثر النباتات المزهرة، ويلعب دورًا أساسيًا في إنتاج الفاكهة. تركز هذه الأطروحة على دراسة تلقيح التفاح (*Malus domestica*) والكمثرى (*Pyrus communis*)، وهما نوعان من الفاكهة لهما أهمية اقتصادية كبيرة في المناطق المعتدلة. الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تحليل آليات التلقيح، وأنواع الملقحات المشاركة، بالإضافة إلى العوامل الحيوية وغير الحيوية التي تؤثر على نجاح الإخصاب في هذين النوعين. وقد أولي اهتمام خاص للتلقيح الخلطي، وهو ضروري في غالبية أصناف التفاح والكمثرى، نظرًا لعقمها الذاتي الجزئي أو الكلي. تستند الدراسة إلى مراجعة متعمقة للأدبيات، بالإضافة إلى مسح ميداني أُجري في العديد من البساتين. تُبرز النتائج الأهمية الحاسمة للحشرات الملقحة، وخاصة نحل العسل (*Apis mellifera*) والنحل البري، في إنتاج الفاكهة. الظروف المناخية أثناء الإزهار، وتنوع الأصناف، وتوافق حيوب اللقاح، وكثافة وترتيب أشجار الملقحات، كلها عوامل تؤثر بشكل كبير على عقد الثمار. تُسلط هذه الرسالة الضوء أيضًا على التحديات المرتبطة بتراجع الملقحات، وتُقدّم توصيات لتحسين التلقيح، مثل إنشاء سياجات مزهرة، وإدخال خلايا النحل، والإدارة المستدامة للبساتين. ختامًا، يُعدّ الفهم السليم للتفاعلات بين أنواع الفاكهة وملقحاتها، بالإضافة إلى الإدارة المناسبة للبساتين، أمرًا أساسيًا لضمان إنتاج أمثل ومستدام للتفاح والكمثرى.

الكلمات المفتاحية: كفاءة الملقحات، التلقيح، فصيلة الأبويّات، *Malus domestica*، *Pyrus communis*، *Apis mellifera*، التزاوج الحشري.

Abstract

Pollination is an essential process for the reproduction of flowering plants and plays a fundamental role in fruit production. This thesis focuses on the study of pollination of apple (*Malus domestica*) and pear (*Pyrus communis*), two fruit species of major economic importance in temperate regions. The main objective of this work is to analyze the pollination mechanisms, the types of pollinators involved, as well as the biotic and abiotic factors influencing the success of fertilization in these two species. Particular attention was paid to cross-pollination, necessary in the majority of apple and pear varieties, due to their partial or total self-sterility. The study is based on an in-depth literature review as well as a field survey conducted in several orchards. The results highlight the crucial importance of pollinating insects, particularly honeybees (*Apis mellifera*) and wild bees, in fruit production. Climatic conditions during flowering, varietal diversity, pollen compatibility, and the density and arrangement of pollinator trees are all factors that have a significant impact on fruit set. This thesis also highlights the challenges associated with pollinator decline and offers recommendations for improving pollination, such as the creation of flowering hedges, the introduction of beehives, and sustainable orchard management. In conclusion, a sound understanding of the interactions between fruit species and their pollinators, as well as appropriate orchard management, is essential to ensure optimal and sustainable apple and pear production.

Keywords: Pollinator efficiency, pollination, apoidae, *Malus domestica*, *Pyrus communis*, *Apis mellifera*, entomogamy.

Résumé

La pollinisation est un processus essentiel à la reproduction des plantes à fleurs et joue un rôle fondamental dans la production fruitière. Ce mémoire porte sur l'étude de la pollinisation du pommier (*Malus domestica*) et du poirier (*Pyrus communis*), deux espèces fruitières d'importance économique majeure dans les régions tempérées. L'objectif principal de ce travail est d'analyser les mécanismes de pollinisation, les types de pollinisateurs impliqués, ainsi que les facteurs biotiques et abiotiques influençant la réussite de la fécondation chez ces deux espèces. Une attention particulière a été portée à la pollinisation croisée, nécessaire chez la majorité des variétés de pommiers et de poiriers, en raison de leur autostérilité partielle ou totale. L'étude repose sur une revue bibliographique approfondie ainsi que sur une enquête de terrain menée dans plusieurs vergers. Les résultats mettent en évidence l'importance cruciale des insectes pollinisateurs, en particulier des abeilles domestiques (*Apis mellifera*) et sauvage, dans la production fruitière. Les conditions climatiques durant la floraison, la diversité variétale, la compatibilité pollinique, ainsi que la densité et la disposition des arbres pollinisateurs sont autant de facteurs ayant un impact significatif sur le taux de nouaison. Le mémoire souligne également les enjeux liés au déclin des pollinisateurs et propose des recommandations pour améliorer la pollinisation, telles que l'aménagement de haies fleuries, l'introduction de ruches et la gestion durable des vergers. En conclusion, une bonne connaissance des interactions entre les espèces fruitières et leurs pollinisateurs, ainsi qu'une gestion adaptée des vergers, sont indispensables pour garantir une production optimale et durable de pommes et de poires.

Mots clés : Efficacité pollinisatrice, la pollinisation, apoïdes , *Malus domestica* , *pyrus communis*, *Apis mellifera* , entomogamie.

Année universitaire : 2024-2025	Présenté par : BENGUEDOUAR Aïda hadil MAICHE Sara
Etude de la faune pollinisatrice du pommier (<i>Malus domestica</i>) et du poirier (<i>Pyrus communis</i>.) dans la wilaya de Constantine	
Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en 2025	
<p>La pollinisation est un processus essentiel à la reproduction des plantes à fleurs et joue un rôle fondamental dans la production fruitière. Ce mémoire porte sur l'étude de la pollinisation du pommier (<i>Malus domestica</i>) et du poirier (<i>Pyrus communis</i>), deux espèces fruitières d'importance économique majeure dans les régions tempérées. L'objectif principal de ce travail est d'analyser les mécanismes de pollinisation, les types de pollinisateurs impliqués, ainsi que les facteurs biotiques et abiotiques influençant la réussite de la fécondation chez ces deux espèces. Une attention particulière a été portée à la pollinisation croisée, nécessaire chez la majorité des variétés de pommiers et de poiriers, en raison de leur autostérilité partielle ou totale. L'étude repose sur une revue bibliographique approfondie ainsi que sur une enquête de terrain menée dans plusieurs vergers. Les résultats mettent en évidence l'importance cruciale des insectes pollinisateurs, en particulier des abeilles domestiques (<i>Apis mellifera</i>) et sauvage, dans la production fruitière. Les conditions climatiques durant la floraison, la diversité variétale, la compatibilité pollinique, ainsi que la densité et la disposition des arbres pollinisateurs sont autant de facteurs ayant un impact significatif sur le taux de nouaison. Le mémoire souligne également les enjeux liés au déclin des pollinisateurs et propose des recommandations pour améliorer la pollinisation, telles que l'aménagement de haies fleuries, l'introduction de ruches et la gestion durable des vergers. En conclusion, une bonne connaissance des interactions entre les espèces fruitières et leurs pollinisateurs, ainsi qu'une gestion adaptée des vergers, sont indispensables pour garantir une production optimale et durable de pommes et de poires.</p>	
Mots-clefs: Efficacité pollinisatrice, la pollinisation, les apoides , <i>malus domestica</i> , <i>pyrus communis</i> , <i>apis mellifera</i>	
Laboratoires de recherche : laboratoire de bio systématique et écologie des arthropodes (U Constantine 1 Frères Mentouri).	
Président du jury : Dr FRAHTIA (MA(B) / MA(A) / MC(B) / MC(A) / PROF - UFM Constantine 1), Encadrant : Dr AGUIB Sihem (MA(B) / MA(A) / MC(B) / MC(A) / PROF - UFM Constantine 1). Examineur(s) : Dr BAKIRI (MA(B) / MA(A) / MC(B) / MC(A) / PROF - UFM Constantine 1).	
Rapporteur : Dr AGUIB Sihem	

