

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم

Faculté des Sciences de la Nature et de la
Vie
Département D'agronomie



كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم: الفلاحة

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences de la
Nature et de la Vie

Spécialité: Production Végétale

Thème

L'impact de la pollinisation par l'abeille (*Apis mellifera*)
sur les agrumes dans la wilaya de Mostaganem.

Membres de Jury

President Ghelamallah Amine Pr UAB. Mostaganem

Examineur Benguendouz Abdenour MCB UAB. Mostaganem

Encadreur BENABDELMOUMEN Diilali Pr UAB. Mostaganem

Présenté par

➤ Bouzid Miloud

Année: 2025 /2026

Remerciements

Nous remercions Dieu Tout-Puissant pour la grâce de la santé et du bien-être qu'il nous a accordées afin de commencer et de terminer ce message.

Merci du fond du cœur.

J'adresse mes sincères remerciements à mon superviseur, le Dr Mamoun Al-Jilali, pour sa patience, son attention et ses précieux conseils, ainsi qu'au Dr Qanuna Nour El-Din, dont les aimables conseils ont joué un rôle fondamental dans la réalisation de ce travail et ont contribué à mon développement académique et personnel.

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude à tous les professeurs qui m'ont accompagné tout au long de mon parcours universitaire à l'Université Abdelhamid Ibn Badis, Faculté des Sciences Naturelles et de la Vie, à Mostaganem. Leur soutien, leurs conseils et leur présence constante ont été essentiels à ma réussite.

J'exprime ma plus profonde gratitude à ma famille pour son amour indéfectible, son soutien et sa patience tout au long de ce parcours. Ses encouragements constants et sa présence ont été une source inestimable de motivation et de force pour mener à bien ce projet.

Enfin, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué, d'une manière ou d'une autre, à ce voyage

Cette thèse est non seulement le fruit de mon travail, mais aussi le reflet de tout l'amour, la confiance et le soutien que j'ai reçus.

Merci du fond du cœur.

Résumé

Cette recherche examine le rôle de l'abeille domestique *Apis mellifera* dans l'amélioration de la production des agrumes, plus particulièrement des orangers, dans la région de Bouguirat (wilaya de Mostaganem, Algérie), une importante zone de production agrumicole. L'objectif principal est d'évaluer les perceptions des agriculteurs concernant la contribution de la pollinisation entomophile à la productivité et à la qualité des fruits, ainsi que les facteurs susceptibles d'influencer ce service écosystémique.

L'étude repose sur une revue bibliographique portant sur les agrumes (classification, biologie florale et reproductive, exigences écologiques, importance économique et contraintes phytosanitaires) et sur une enquête réalisée auprès d'agriculteurs de la région. Les résultats montrent que l'ensemble des producteurs reconnaît le rôle essentiel des abeilles dans la pollinisation et observe leur présence durant la période de floraison. La majorité des agriculteurs associe également la présence des abeilles à une meilleure nouaison, à une amélioration du rendement et à une meilleure qualité des fruits. Toutefois, les connaissances relatives aux mécanismes de la pollinisation demeurent inégales et l'utilisation des ruches reste limitée, malgré une forte disposition des producteurs à collaborer avec les apiculteurs.

L'enquête met également en évidence les principales contraintes à l'intégration de l'apiculture dans les vergers d'agrumes, notamment le recours fréquent aux produits phytosanitaires, le manque de formation et d'information sur les pollinisateurs, ainsi que l'insuffisance de la coopération entre agriculteurs et apiculteurs. Les producteurs perçoivent par ailleurs le changement climatique, en particulier la sécheresse et le déficit hydrique, comme un facteur majeur affectant la floraison des agrumes, l'abondance des abeilles et, par conséquent, la production fruitière.

Ces résultats sont en accord avec les travaux récents démontrant que la pollinisation animale améliore la nouaison, le rendement et certaines caractéristiques qualitatives des agrumes, tandis que les pesticides et les changements climatiques constituent des facteurs de risque importants pour les pollinisateurs. Ils soulignent également l'intérêt d'une gestion intégrée associant pratiques apicoles, réduction raisonnée des intrants chimiques, protection des pollinisateurs et adaptation aux contraintes climatiques afin de renforcer la durabilité des systèmes agrumicoles.

Mots-clés : *Apis mellifera*, pollinisation, agrumes, oranger, productivité, rendement, qualité des fruits, apiculture, Bouguirat, Mostaganem, changement climatique, produits phytosanitaires, lutte intégrée, pollinisateurs, biodiversité.

Abstract

This study investigates the role of the honey bee (*Apis mellifera*) in improving citrus production, particularly sweet orange orchards, in the Bouguirat region (Mostaganem Province, Algeria), one of the country's main citrus-growing areas. The main objective was to assess farmers' perceptions of the contribution of insect pollination to fruit yield and quality, as well as the factors influencing this essential ecosystem service.

The study combined a literature review covering citrus classification, floral and reproductive biology, ecological requirements, economic importance, and phytosanitary constraints with a field survey conducted among citrus growers in the study area. The results showed that all surveyed farmers recognized the crucial role of bees in pollination and reported observing them during the flowering period. Most farmers also associated bee activity with improved fruit set, higher yields, and better fruit quality. However, knowledge of the biological mechanisms underlying pollination remained uneven, and the use of managed beehives in citrus orchards was still limited, despite farmers' strong willingness to collaborate with beekeepers.

The survey also identified several constraints limiting the integration of beekeeping into citrus production systems, including the frequent use of plant protection products, insufficient training and awareness regarding pollinators, and limited cooperation between farmers and beekeepers. In addition, farmers perceived climate change, particularly drought and water scarcity, as major factors affecting citrus flowering, bee abundance, and ultimately fruit production.

These findings are consistent with recent studies showing that animal pollination enhances fruit set, yield, and several quality attributes of citrus fruits, while pesticides and climate change represent significant threats to pollinators. The results highlight the importance of adopting an integrated management approach that combines beekeeping, rational pesticide use, pollinator conservation, and climate adaptation to improve the sustainability of citrus production systems.

Keywords: *Apis mellifera*; citrus; sweet orange; pollination; fruit set; yield; fruit quality; beekeeping; Bouguirat; Mostaganem; climate change; pesticides; integrated pest management; pollinators; biodiversity.

.

المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم دور نحل العسل (*Apis mellifera*) في تحسين إنتاج الحمضيات، وبصفة خاصة بساتين البرتقال، في منطقة بوقيرات (ولاية مستغانم، الجزائر)، وهي إحدى أهم المناطق المنتجة للحمضيات في البلاد. وتركز الدراسة على تقييم تصورات المزارعين حول مساهمة التلقيح الحشري في تحسين إنتاجية الأشجار وجودة الثمار، إضافة إلى تحديد العوامل المؤثرة في هذه الخدمة البيئية الأساسية.

اعتمدت الدراسة على مراجعة للمراجع العلمية المتعلقة بتصنيف الحمضيات، وبيولوجيا الأزهار والتكاثر، والمتطلبات البيئية، والأهمية الاقتصادية، والإكراهات الصحية النباتية، إلى جانب إجراء استبيان ميداني شمل مجموعة من مزارعي الحمضيات بالمنطقة. وأظهرت النتائج أن جميع المزارعين يدركون الدور الأساسي للنحل في عملية التلقيح ويلاحظون وجوده خلال فترة الإزهار. كما ربطت أغلبية المزارعين بين نشاط النحل وتحسن نسبة العقد، وزيادة المردود، وتحسن جودة الثمار. ومع ذلك، تبين أن مستوى المعرفة بالآليات البيولوجية للتلقيح يظل متفوّثاً، كما أن استخدام خلايا النحل داخل البساتين لا يزال محدوداً رغم استعداد معظم المزارعين للتعاون مع مربّي النحل.

كما أبرزت الدراسة وجود عدة عوامل تحد من دمج تربية النحل في أنظمة إنتاج الحمضيات، من أهمها الاستخدام المتكرر للمبيدات الزراعية، وضعف التكوين والتوعية المتعلقة بالملقحات، إضافة إلى محدودية التعاون بين المزارعين ومربي النحل. كذلك يرى المزارعون أن التغيرات المناخية، وخاصة الجفاف ونقص الموارد المائية، تؤثر سلباً في إزهار أشجار الحمضيات، ووفرة النحل، وبالتالي في إنتاج الثمار.

وتتوافق هذه النتائج مع الدراسات الحديثة التي تؤكد أن التلقيح الحيواني يساهم في تحسين نسبة العقد، وزيادة المردود، وتحسين بعض الصفات النوعية لثمار الحمضيات، في حين تمثل المبيدات والتغيرات المناخية من أهم العوامل المهددة للملقحات. وتبرز الدراسة أهمية اعتماد إدارة متكاملة تجمع بين تربية النحل، والاستخدام الرشيد للمبيدات، والحفاظ على الملقحات، والتكيف مع التغيرات المناخية، بما يعزز استدامة أنظمة إنتاج الحمضيات.

الكلمات المفتاحية: نحل العسل (*Apis mellifera*)، الحمضيات، البرتقال، التلقيح، عقد الثمار، المردود، جودة الثمار، تربية النحل، بوقيرات، مستغانم، التغيرات المناخية، المبيدات الزراعية، الإدارة المتكاملة للآفات، الملقحات، التنوع البيولوجي.

Sommaire

Remerciements	
Dédicace	
Résumer	
Abstract	
Sommaire	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	01

Chapitre 01 : Synthèse Bibliographique

1. Généralités sur les agrumes	06
1.1. Définition et importance des agrumes.....	06
1.2. Origine, domestication et diversification du genre <i>Citrus</i>	06
1.3. Caractéristiques morphologiques des agrumes.....	07
1.4. Principales espèces et groupes cultivés.....	07
2. Phénologie et biologie reproductive des agrumes.....	08
2.1. Cycle phénologique des agrumes.....	08
2.2. Floraison, nouaison et maturation des fruits.....	08
2.3. Parthénocarpie, auto-incompatibilité et formation des graines.....	09
3. Importance économique et production des agrumes.....	10
3.1. Production mondiale des agrumes.....	10
3.2. Place des agrumes dans le bassin méditerranéen.....	11
3.3. Production des agrumes en Algérie.....	11
3.4. Importance de la wilaya de Mostaganem dans la filière agrumicole.....	12
4. Exigences pédoclimatiques et culturales des agrumes.....	13
4.1. Température et contraintes thermiques.....	13

4.2. Besoins en eau et gestion de l'irrigation.....	14
4.3. Sol, drainage et potentiel hydrogène.....	14
4.4. Fertilisation minérale et nutrition des arbres.....	15
4.5. Humidité, vent et facteurs microclimatiques.....	15
5. Contraintes phytosanitaires des agrumes.....	16
5.1. Maladies fongiques.....	16
5.2. Maladies bactériennes.....	16
5.3. Maladies virales.....	17
5.4. Principaux ravageurs des agrumes.....	18
6. Pratiques culturales et gestion durable des vergers.....	19
6.1. Taille, irrigation, fertilisation et entretien du sol.....	19
6.2. Protection phytosanitaire intégrée.....	19
6.3. Biodiversité fonctionnelle et services écosystémiques.....	19

Chapitre 02 : Matériel et Méthode

01 . Objectif.....	22
02. Zone d'étude.....	22
03. Model de Travail	23

Chapitre 03 : Résultats et discussion

3.1. Caractéristiques socio-démographiques et expérience des agriculteurs enquêtés.....	34
3.2. Caractéristiques générales des exploitations agrumicoles enquêtées.....	35
3.3. Floraison, chute des fruits, rendement et qualité des oranges.....	38
3.4. Présence des abeilles et perception de leur rôle dans la pollinisation des orangers... ..	41
3.5. Utilisation des ruches et collaboration avec les apiculteurs.....	45
3.6. Effets perçus de la pollinisation sur les critères de qualité des oranges.....	47
3.7. Contraintes limitant l'intégration des abeilles dans les vergers d'orangers.....	49

3.8. Pratiques phytosanitaires et risques perçus pour les abeilles.....	51
3.9 Effets perçus du changement climatique sur la floraison, les abeilles et la production des oranges.....	54
3.10. Besoins en formation, sensibilisation et perspectives de valorisation.....	55
4. Discussion.....	57.

Conclusion général

Les Références bibliographiques

Liste des figures

	Titre	Page
figures 1	Localisation géographique de la wilaya de Mostaganem	23
figures 2	Profil socio-démographique et expérience des agriculteurs producteurs d'oranges enquêt	35
figures 3	Répartition des exploitations selon la superficie plantée en orangers (A), le type d'agriculture pratiqué (B), le type de sol dominant (C) et les principales variétés ou associations variétales cultivées (D).	38
figures 4	Floraison, chute des fruits, rendement et qualité des oranges dans les exploitations enquêtées. Répartition des réponses relatives à la floraison et aux facteurs associés (A), à la période de chute des jeunes fruits (B), aux principales causes des mauvaises récoltes (C) et aux paramètres de qualité des oranges (D). Les valeurs indiquées sur les barres correspondent aux effectifs et aux pourcentages calculés sur un total de 50 répondants	41
figures 5	Présence des abeilles et perception de la pollinisation les vergers d'orangers. Répartition des réponses relatives à la période d'observation des abeilles (A), aux types d'abeilles observés (B), à l'évolution perçue du nombre d'abeilles au cours des dix dernières années (C) et à la perception du rôle de la pollinisation dans la formation des fruits (D). Les valeurs indiquées correspondent aux effectifs et aux pourcentages calculés sur un total de 50 répondants.	44
Figures 6	Effets perçus de la pollinisation sur les critères de qualité des oranges	49
Figures 7	Contraintes limitant l'intégration des abeilles dans les vergers d'orangers	51

figures 8	Effets perçus du changement climatique sur la floraison, les abeilles et la production des oranges	55
figures 9	Besoins en formation et perspectives de valorisation des pratiques favorables aux pollinisateurs	57

Liste des tableaux

	Titre	Page
Tableau 1	Principaux groupes d'agrumes cultivés et importance agronomique	07
tableau 2	Calendrier général de floraison et de maturation des principaux agrumes en climat méditerranéen	09
tableau 3	Données récentes sur la production mondiale d'agrumes	10
tableau 4	Superficie et production des principaux groupes d'agrumes dans la wilaya de Mostaganem	12
tableau 5	Intérêt agronomique et scientifique de la wilaya de Mostaganem	13
tableau 6	Principales exigences pédoclimatiques des agrumes	15
tableau 7	Principales contraintes phytosanitaires des agrumes	18
tableau 8	Facteurs influençant la biodiversité fonctionnelle dans les vergers d'agrumes	20
tableau 9	statistiques descriptives generals	34
tableau 10	Caractéristiques générales des exploitations agrumicoles enquêtées	36
tableau 11	Floraison, chute des fruits, rendement déclaré et qualité des oranges selon les agriculteurs enquêtés	39
tableau 12	Présence des abeilles et perception de leur rôle pollinisateur dans les vergers d'orangers	43
tableau 13	Utilisation des ruches, modalités d'installation et effets agronomiques perçus dans les vergers d'orangers	46
tableau 14	Pratiques phytosanitaires et risques perçus pour abeilles dans les vergers d'orangers.	56

Introduction

Introduction générale

Les agrumes (*Citrus*spp.) constituent l'un des groupes fruitiers les plus importants au monde par leur valeur économique, nutritionnelle, agronomique et agro-industrielle. Ils regroupent plusieurs espèces et hybrides cultivés à grande échelle, notamment l'oranger doux (*Citrus sinensis*), le mandarinier (*Citrus reticulata*), le citronnier (*Citrus limon*), le pamplemoussier et le pomelo. Leur importance dans l'alimentation humaine est liée à leur richesse en eau, en acides organiques, en vitamine C, en fibres alimentaires et en métabolites secondaires à haute valeur biologique, tels que les flavonoïdes, les caroténoïdes, les limonoïdes, les terpènes et les composés phénoliques (Saini et al., 2022 ; Liu et al., 2022 ; Guo et al., 2023). Ces constituants participent à la qualité nutritionnelle, sensorielle et fonctionnelle des fruits, tout en renforçant leur intérêt pour les industries alimentaires, nutraceutiques, pharmaceutiques et cosmétiques (Liu et al., 2022 ; Guo et al., 2023).

La citriculture est particulièrement développée dans les régions tropicales, subtropicales et méditerranéennes, où les conditions thermiques permettent la croissance végétative, la floraison, la nouaison et la maturation des fruits. Les agrumes sont des espèces pérennes, sempervirentes et polycarpiques, dont la floraison peut être annuelle ou multiple selon le génotype et les conditions environnementales (Agustí et al., 2022). Leur productivité dépend d'un équilibre complexe entre le potentiel génétique du cultivar, l'état physiologique de l'arbre, la disponibilité en eau, la fertilité du sol, la nutrition minérale, la gestion de l'irrigation, la pression phytosanitaire et les conditions climatiques au moment des phases reproductives (Agustí et al., 2022 ; Rasera et al., 2023). Dans les zones méditerranéennes, cette culture reste particulièrement sensible aux stress hydriques, aux températures élevées, à la salinité, aux déséquilibres nutritionnels et à l'irrégularité croissante des précipitations (Rasera et al., 2023 ; Kazi-Tani, 2024).

Dans le contexte actuel du changement climatique, la durabilité des vergers d'agrumes constitue un enjeu agronomique majeur. Les stress climatiques peuvent modifier la physiologie de l'arbre, la dynamique de floraison, l'absorption des nutriments, la croissance des fruits, la qualité commerciale et la stabilité des rendements (Agustí et al., 2022 ; Rasera et al., 2023). Rasera et al. (2023) soulignent que les effets du changement climatique sur la citriculture demeurent un champ de recherche prioritaire, notamment en raison de l'exposition croissante des vergers aux stress hydriques et thermiques. En Algérie, cette problématique est particulièrement importante,

car la production d'agrumes dépend fortement de la disponibilité en eau, de l'irrigation et de la capacité des systèmes de production à s'adapter aux sécheresses répétées et aux contraintes climatiques méditerranéennes (Kazi-Tani, 2024).

Cependant, l'amélioration durable de la productivité des agrumes ne peut pas être réduite aux seuls facteurs abiotiques ni aux pratiques culturales classiques. La formation du rendement dépend également de processus biologiques déterminants, notamment la floraison, la pollinisation, la fécondation, la nouaison et le développement initial des fruits (Agustí et al., 2022 ; Montalt et al., 2021). Chez les agrumes, la biologie reproductive est particulièrement complexe : certaines variétés peuvent produire des fruits par autopolinisation ou par parthénocarpie, tandis que d'autres présentent une auto-incompatibilité partielle ou stricte et bénéficient davantage de la pollinisation croisée (Montalt et al., 2021 ; Honsho, 2023 ; Bennici et al., 2024). Cette diversité reproductive explique pourquoi l'effet de la pollinisation sur le rendement, le nombre de fruits, le calibre, la présence de graines et la qualité finale des fruits varie selon l'espèce, le cultivar et les conditions écologiques du verger (Montalt et al., 2021 ; Honsho, 2023).

La pollinisation animale constitue un service écosystémique essentiel dans de nombreux agroécosystèmes fruitiers. Elle favorise le transfert du pollen vers le stigmate, améliore la fécondation, augmente la probabilité de nouaison et peut contribuer à la régularité du rendement et à la qualité des fruits (Dicks et al., 2021 ; Monasterolo et al., 2024). Bien que certains agrumes puissent fructifier sans pollinisation croisée complète, des travaux récents montrent que la contribution des pollinisateurs à la production des agrumes a longtemps été sous-estimée (Monasterolo et al., 2024). En effet, la performance reproductive des fleurs dépend non seulement de leur potentiel génétique, mais aussi de la fréquence des visites florales, de l'efficacité des insectes pollinisateurs, de la synchronisation entre floraison et activité de butinage, ainsi que des conditions météorologiques pendant la période florale (Agustí et al., 2022 ; Monasterolo et al., 2024 ; Nurdiansyah et al., 2024).

Parmi les insectes pollinisateurs, l'abeille domestique (*Apis mellifera*) occupe une position centrale en raison de son abondance, de sa fidélité florale, de sa capacité de butinage et de la possibilité de gérer les colonies à proximité des vergers. Monasterolo et al. (2024) ont montré, dans une étude récente portant sur plusieurs espèces et cultivars de *Citrus*, que *Apis mellifera*

représentait le visiteur floral le plus fréquent des fleurs d'agrumes. La même étude a démontré que les fleurs exposées aux pollinisateurs présentaient une probabilité de nouaison environ 2,4 fois plus élevée que les fleurs exclues des visites d'insectes, et que la pollinisation animale pouvait expliquer près de 60 % du rendement en agrumes à l'hectare (Monasterolo et al., 2024). Ces résultats indiquent que les pollinisateurs ne doivent pas être considérés comme un facteur secondaire, mais comme une composante fonctionnelle directe de la productivité agrumicole.

Des résultats complémentaires ont été rapportés chez le citronnier. Nurdiansyah et al. (2024) ont montré que l'utilisation d'abeilles pollinisatrices améliorait la nouaison, le poids moyen des fruits, le rendement et la productivité estimée du citronnier. Ces données confirment que la conservation ou l'introduction raisonnée de pollinisateurs efficaces peut renforcer la performance reproductive des agrumes, tout en contribuant à la stabilité des rendements. Toutefois, l'efficacité de la pollinisation dépend fortement du contexte écologique et agronomique du verger. La diversité florale environnante, la disponibilité d'habitats semi-naturels, les ressources nectarifères, l'intensité des traitements phytosanitaires, le mode de gestion du sol et la structure du paysage peuvent influencer l'abondance, la diversité et l'activité des insectes pollinisateurs (Dicks et al., 2021 ; Ali-Arous et al., 2024).

Malgré leur importance, les pollinisateurs sont actuellement exposés à plusieurs pressions. Les changements d'occupation du sol, la simplification des paysages agricoles, l'intensification des pratiques culturales, l'usage des pesticides, la réduction des ressources florales, les maladies des colonies et les perturbations climatiques sont reconnus comme des facteurs majeurs du déclin des pollinisateurs (Dicks et al., 2021). Dans les vergers d'agrumes, cette problématique est particulièrement sensible, car la floraison est une période courte et déterminante, durant laquelle l'activité des abeilles peut être perturbée par les conditions météorologiques ou par les interventions phytosanitaires. Ainsi, la gestion des vergers devrait intégrer la protection des pollinisateurs comme une composante de la productivité, au même titre que l'irrigation, la fertilisation, la taille et la lutte contre les bioagresseurs (Dicks et al., 2021 ; Monasterolo et al., 2024).

En Algérie, l'agrumiculture occupe une place stratégique dans les systèmes arboricoles des zones littorales et sublittorales, en particulier dans les régions bénéficiant de conditions méditerranéennes favorables. Toutefois, cette filière reste exposée à des contraintes importantes

liées à la sécheresse, à l'irrigation, aux bioagresseurs et à l'intensification des pratiques culturales (Kazi-Tani, 2024). Les travaux récents menés dans les vergers d'agrumes du nord-ouest algérien montrent que ces agroécosystèmes abritent une entomofaune diversifiée, composée de ravageurs, d'auxiliaires et d'insectes associés à la végétation du verger (Merzoug et al., 2022 ; Ali-Arous et al., 2024). À Mostaganem, Merzoug et al. (2022) ont mis en évidence la présence de parasitoïdes associés aux ravageurs des orangers et citronniers, confirmant l'importance écologique des vergers d'agrumes locaux. Dans la vallée du Chlef, Ali-Arous et al. (2024) ont montré que le mode de conduite des vergers influençait fortement la diversité et l'abondance des insectes, avec une richesse spécifique plus élevée dans les vergers extensifs non désherbés que dans les vergers intensifs désherbés.

Ces résultats suggèrent que les pratiques culturales peuvent modifier la biodiversité fonctionnelle des vergers d'agrumes, y compris les communautés d'insectes potentiellement impliquées dans la pollinisation. Toutefois, malgré l'importance économique des agrumes dans la wilaya de Mostaganem et l'intérêt croissant pour la biodiversité des vergers, la contribution spécifique des abeilles à la pollinisation, à la nouaison, au rendement et à la qualité des fruits reste insuffisamment documentée dans les conditions locales. Cette lacune constitue un problème scientifique et agronomique majeur. En effet, sans quantification locale de l'effet des abeilles, il reste difficile de recommander aux producteurs des pratiques fondées sur des preuves, telles que l'installation raisonnée de ruches, la réduction des traitements phytosanitaires pendant la floraison, la protection des ressources florales spontanées ou la conservation d'habitats favorables aux pollinisateurs.

La présente étude s'inscrit dans cette perspective. Elle vise à évaluer l'impact de la pollinisation par les abeilles, notamment *Apis mellifera*, sur la productivité des agrumes dans la wilaya de Mostaganem. L'étude s'intéresse plus précisément à l'effet de l'activité pollinisatrice sur la fréquence de visite des fleurs, le taux de nouaison, le nombre de fruits par arbre, le rendement, le poids moyen des fruits, le calibre, ainsi que les paramètres de qualité tels que la teneur en solides solubles totaux, l'acidité titrable et le ratio solides solubles/acide. Cette approche permettra de mieux comprendre le rôle des abeilles dans la performance agronomique des agrumes et de contribuer à la mise en place de pratiques agricoles plus durables, conciliant productivité, conservation des pollinisateurs et résilience des vergers agrumicoles locaux.

Chapter 01

Syntheses Bibliographique

1. Généralités sur les agrumes

1.1. Définition et importance des agrumes

Les agrumes regroupent un ensemble d'espèces et d'hybrides appartenant principalement au genre *Citrus*. Ils comprennent notamment l'oranger doux (*Citrus sinensis*), le mandarinier (*Citrus reticulata*), le clémentinier (*Citrus × clementina*), le citronnier (*Citrus limon*), le pomelo (*Citrus paradisi*), le pamplemoussier vrai (*Citrus maxima*) et l'orange amère (*Citrus aurantium*) (Wu et al., 2018 ; Liu et al., 2022 ; Saini et al., 2022). Les agrumes occupent une place importante dans l'alimentation humaine en raison de leur richesse en eau, en acides organiques, en vitamine C, en fibres alimentaires et en métabolites secondaires bioactifs. Parmi ces composés figurent les flavonoïdes, les caroténoïdes, les limonoïdes, les terpènes et les composés phénoliques, qui contribuent à la qualité nutritionnelle, sensorielle et fonctionnelle des fruits (Saini et al., 2022 ; Liu et al., 2022 ; Guo et al., 2023). Les fruits, les zestes, les huiles essentielles et les sous-produits des agrumes présentent également un intérêt agro-industriel. Ils peuvent être valorisés dans les industries alimentaires, nutraceutiques, cosmétiques et pharmaceutiques grâce à leur richesse en molécules aromatiques, antioxydantes et fonctionnelles (Saini et al., 2022 ; Liu et al., 2022).

1.2. Origine, domestication et diversification du genre *Citrus*

Les agrumes sont originaires d'Asie du Sud-Est, avec un centre de diversification situé entre le nord-est de l'Inde, le sud de la Chine, l'Indochine et l'archipel malais. Les analyses génomiques indiquent que la diversité actuelle des agrumes cultivés résulte d'hybridations anciennes entre plusieurs lignées ancestrales, notamment le mandarinier, le pamplemoussier vrai, le cédratier et les papedas (Wu et al., 2018 ; Liu et al., 2022). La plupart des agrumes cultivés aujourd'hui sont donc des formes hybrides. L'oranger doux résulte principalement d'une hybridation ancienne entre mandarinier et pamplemoussier, tandis que le citronnier possède une origine génétique plus complexe impliquant notamment le cédratier et l'orange amère. Cette origine hybride explique la diversité morphologique, physiologique, génétique et reproductive observée chez les agrumes cultivés (Wu et al., 2018 ; Liu et al., 2022).

1.3. Caractéristiques morphologiques des agrumes

Les agrumes sont généralement des arbres ou arbustes pérennes, sempervirents et de taille moyenne. Leur croissance dépend de l'espèce, du cultivar, du porte-greffe, de l'âge de l'arbre et

des conditions pédoclimatiques. Le feuillage est persistant, luisant et riche en glandes à huiles essentielles, ce qui contribue à la valeur aromatique des feuilles, des fleurs et des zestes (Liu et al., 2022 ; Saini et al., 2022). Le système racinaire des agrumes est souvent concentré dans les horizons superficiels du sol. Cette caractéristique rend les arbres sensibles au déficit hydrique, à l'asphyxie racinaire, à la compaction et aux problèmes de drainage. Elle explique aussi l'importance d'une gestion raisonnée de l'irrigation, du sol et de la fertilisation dans les vergers agrumicoles (Kazi-Tani, 2024 ; Rasera et al., 2023). Les fleurs des agrumes sont généralement blanches, parfumées, hermaphrodites et nectarifères. Elles attirent de nombreux insectes floricoles, notamment les abeilles, qui peuvent intervenir dans le transfert du pollen et l'amélioration de la nouaison selon les espèces, les cultivars et les conditions du verger (Agustí et al., 2022 ; Monasterolo et al., 2024). Le fruit des agrumes est une hespéride, caractérisée par une écorce externe riche en glandes oléifères, un albédo spongieux et une pulpe divisée en quartiers contenant des vésicules juteuses. Sa composition biochimique dépend du cultivar, du stade de maturation, du climat, du porte-greffe et des pratiques culturales (Liu et al., 2022 ; Guo et al., 2023).

1.4. Principales espèces et groupes cultivés

Les agrumes cultivés présentent une grande diversité spécifique et variétale. Les oranges douces, les mandarines, les clémentines, les citrons, les pomelos et les oranges amères occupent des fonctions différentes selon les marchés, les usages alimentaires, les objectifs industriels et les conditions de production (Wu et al., 2018 ; Liu et al., 2022 ; Saini et al., 2022).

Tableau 1. Principaux groupes d'agrumes cultivés et importance agronomique

Groupe d'agrumes	Espèces principales	Utilisation principale	Importance agronomique
Oranges douces	<i>Citrus sinensis</i>	Consommation fraîche, jus	Groupe majeur de la production agrumicole mondiale
Mandarines et clémentines	<i>Citrus reticulata</i> , <i>Citrus</i> × <i>clementina</i>	Fruits de table	Fruits appréciés pour leur goût, leur parfum et leur facilité d'épluchage

Citrons	<i>Citrus limon</i>	Consommation, transformation, industrie	Production étalée, forte valeur culinaire et industrielle
Pomelos / pamplemousses	<i>Citrus paradisi</i> , <i>Citrus maxima</i>	Consommation fraîche, jus	Importance variable selon les marchés
Orange amère	<i>Citrus aurantium</i>	Porte-greffe, arômes, marmelade	Intérêt agronomique, industriel et traditionnel

Source : Wu et al. (2018), Liu et al. (2022) et Saini et al. (2022).

2. Phénologie et biologie reproductive des agrumes

2.1. Cycle phénologique des agrumes

La phénologie des agrumes correspond à l'enchaînement des stades de développement de l'arbre au cours de l'année. Elle comprend la reprise végétative, l'émission de nouvelles pousses, l'induction florale, la différenciation des bourgeons, la floraison, la nouaison, la croissance des fruits, la maturation et la récolte (Agustí et al., 2022).

Les agrumes sont des espèces pérennes, sempervirentes et polycarpiques. Selon le génotype et les conditions climatiques, ils peuvent fleurir une fois au printemps ou présenter plusieurs vagues de floraison au cours de l'année. L'induction florale est favorisée par les basses températures et, dans certains cas, par un stress hydrique modéré ; elle précède généralement le débourrement de plusieurs semaines à quelques mois (Agustí et al., 2022).

La connaissance des stades phénologiques est essentielle pour raisonner les pratiques culturales. L'irrigation, la fertilisation, la taille, la protection phytosanitaire et la gestion de la pollinisation doivent être adaptées aux périodes sensibles, notamment la floraison, la nouaison et le grossissement des fruits (Agustí et al., 2022 ; Rasera et al., 2023).

2.2. Floraison, nouaison et maturation des fruits

La floraison constitue une étape déterminante dans la construction du rendement des agrumes. Elle dépend de facteurs génétiques, nutritionnels, climatiques et hormonaux. La nouaison correspond au passage de la fleur vers un jeune fruit en développement, et cette phase conditionne directement le nombre final de fruits portés par l'arbre (Agustí et al., 2022 ; Monasterolo et al., 2024).

Chez les agrumes, une grande partie des fleurs peut chuter naturellement après floraison. Le rendement final dépend donc moins du nombre total de fleurs que de la capacité de l'arbre à assurer une nouaison suffisante et à maintenir les jeunes fruits jusqu'à la récolte. Cette étape est fortement influencée par la disponibilité en assimilats, les conditions climatiques et, selon les cultivars, la qualité de la pollinisation (Agustí et al., 2022 ; Monasterolo et al., 2024).

La maturation varie selon l'espèce, le cultivar, le porte-greffe, la charge en fruits et les conditions climatiques. La qualité commerciale est généralement évaluée par le calibre, le poids moyen, la couleur, la teneur en solides solubles totaux, l'acidité titrable, le ratio sucre/acide et l'état sanitaire des fruits (Liu et al., 2022 ; Guo et al., 2023).

Tableau 2. Calendrier général de floraison et de maturation des principaux agrumes en climat méditerranéen

Espèce ou groupe	Floraison principale	Maturation générale	Remarque agronomique
Orange douce	Mars–mai	Novembre–mars	Forte variabilité selon les variétés
Clémentine	Mars–avril	Octobre–janvier	Groupe généralement précoce
Mandarine	Mars–mai	Octobre–février	Sensible au cultivar et aux conditions climatiques
Citron	Floraisons multiples possibles	Presque toute l'année selon conditions	Production souvent échelonnée
Pomelo	Mars–mai	Décembre–avril	Maturation généralement plus tardive

Source : adapté de Agustí et al. (2022), Montalt et al. (2021) et Monasterolo et al. (2024).

2.3. Parthénocarpie, auto-incompatibilité et formation des graines

La biologie reproductive des agrumes est complexe. Certaines variétés peuvent produire des fruits par parthénocarpie, c'est-à-dire sans fécondation complète, tandis que d'autres dépendent davantage de la pollinisation et de la fécondation pour assurer une bonne nouaison (Montalt et al., 2021 ; Honsho, 2023). L'auto-incompatibilité, observée chez plusieurs mandarines, pamplemousses et hybrides apparentés, limite l'autofécondation et favorise la pollinisation croisée. Ce mécanisme influence à la fois la nouaison, la formation des graines et la qualité commerciale des fruits (Montalt et al., 2021 ; Honsho, 2023 ; Bennici et al., 2024). La

pollinisation croisée peut améliorer la nouaison et le rendement, mais elle peut aussi augmenter le nombre de graines dans certains cultivars. La gestion de la pollinisation doit donc tenir compte du cultivar, des objectifs commerciaux, de la présence des pollinisateurs et de la disposition variétale dans le verger (Montalt et al., 2021 ; Monasterolo et al., 2024).

3. Importance économique et production des agrumes

3.1. Production mondiale des agrumes

Les agrumes figurent parmi les cultures fruitières les plus importantes à l'échelle mondiale. Leur production est dominée par les oranges, les mandarines et tangerines, les citrons et limes, ainsi que les pamplemousses. Cette importance s'explique par leur forte consommation en frais, leur transformation industrielle en jus et concentrés, et leur place dans les échanges agricoles internationaux (Liu et al., 2022 ; USDA/FAS, 2026). Pour la campagne 2025/2026, la production mondiale d'oranges fraîches est projetée à environ 45,9 millions de tonnes. Cette évolution est principalement liée à la progression attendue de la production au Brésil et en Égypte, malgré des baisses prévues dans d'autres zones productrices. Les mandarines et tangerines représentent également un groupe majeur, avec une production mondiale projetée à environ 38,4 millions de tonnes, tandis que les citrons et limes atteindraient environ 10,1 millions de tonnes (USDA/FAS, 2026). Dans l'hémisphère Nord, la production totale d'agrumes pour la campagne 2025/2026 est estimée à 27 397 239 tonnes, soit une diminution de 1,51 % par rapport à la campagne précédente. Les oranges représentent environ 51 % de ce volume, suivies par les petits agrumes, les citrons et les pamplemousses. Ces tendances montrent que la citriculture mondiale reste fortement exposée aux contraintes climatiques, aux maladies émergentes, aux fluctuations du marché et aux différences régionales de productivité (WCO, 2025 ; Rasera et al., 2023).

Tableau 3. Données récentes sur la production mondiale d'agrumes

Indicateur	Valeur récente	Observation
Production mondiale d'oranges fraîches	≈ 45,9 millions de tonnes	Projection 2025/2026
Production mondiale de mandarines/tangerines	≈ 38,4 millions de tonnes	Projection 2025/2026
Production mondiale de citrons/limes	≈ 10,1 millions de tonnes	Projection 2025/2026

Production d'agrumes de l'hémisphère Nord	27 397 239 tonnes	Prévision 2025/2026
Évolution prévue de l'hémisphère Nord	-1,51 %	Par rapport à 2024/2025
Part des oranges dans l'hémisphère Nord	≈ 51 %	Groupe dominant

Source : synthèse de l'auteur à partir de USDA/FAS (2026) et WCO (2025).

3.2. Place des agrumes dans le bassin méditerranéen

Le bassin méditerranéen constitue une région majeure de production et d'exportation d'agrumes frais. Les conditions climatiques méditerranéennes favorisent la qualité commerciale des fruits, mais elles exposent aussi les vergers aux contraintes hydriques, aux fortes températures estivales, à la salinité et à l'irrégularité des précipitations (Rasera et al., 2023 ; Kazi-Tani, 2024). Le changement climatique représente un facteur de risque pour la citriculture méditerranéenne. Les stress hydriques et thermiques peuvent affecter la floraison, la nouaison, la croissance des fruits, la qualité du jus, la coloration et la productivité globale des vergers. Dans ce contexte, l'amélioration de la gestion de l'eau, la sélection de matériel végétal adapté et la conservation des services écosystémiques deviennent des leviers essentiels de durabilité (Agustí et al., 2022 ; Rasera et al., 2023 ; Kazi-Tani, 2024).

3.3. Production des agrumes en Algérie

En Algérie, l'agrumiculture constitue une filière importante de l'arboriculture fruitière. Elle est principalement localisée dans les régions littorales et sublittorales, où les conditions méditerranéennes permettent le développement des orangers, clémentiniers, mandariniers et citronniers (Kazi-Tani, 2024). La filière algérienne reste exposée à plusieurs contraintes, notamment la disponibilité limitée en eau, l'hétérogénéité des pratiques culturales, la pression phytosanitaire, le vieillissement de certains vergers, la salinité locale des sols et les effets croissants des sécheresses. La gestion de l'irrigation constitue ainsi un enjeu majeur pour la durabilité de la production agrumicole nationale (Kazi-Tani, 2024 ; Rasera et al., 2023). Selon les données agricoles nationales rapportées dans les analyses récentes, la production algérienne d'agrumes reste dominée par les oranges, suivies par les citrons, les mandarines, les clémentines et les pomelos. Cette structure reflète l'orientation dominante du système de production vers le marché du fruit frais et la forte importance commerciale des oranges dans les vergers nationaux (Kazi-Tani, 2024).

3.4. Importance de la wilaya de Mostaganem dans la filière agrumicole

La wilaya de Mostaganem constitue l'un des pôles agrumicoles importants de l'Ouest algérien. Elle bénéficie d'un climat méditerranéen favorable, d'une tradition arboricole ancienne et d'une diversité de vergers d'orangers, citronniers, clémentiniers et autres agrumes (Kazi-Tani, 2024 ; Merzoug et al., 2022). Les vergers d'agrumes de Mostaganem ne représentent pas seulement des systèmes de production fruitière. Ils constituent aussi des agroécosystèmes où interagissent les plantes cultivées, les ravageurs, les parasitoïdes, les auxiliaires et les insectes floricoles. Merzoug et al. (2022) ont notamment mis en évidence la présence de parasitoïdes associés aux ravageurs des orangers et citronniers dans la région de Mostaganem. Les données locales disponibles indiquent que la wilaya possède plusieurs milliers d'hectares d'agrumes, avec une production importante dominée par les orangers. Ces données renforcent l'intérêt d'étudier la durabilité des vergers locaux, notamment à travers les interactions entre conduite culturale, biodiversité fonctionnelle et pollinisation (DSA Mostaganem, 2024 ; Merzoug et al., 2022 ; Ali-Arous et al., 2024).

Tableau 4. Superficie et production des principaux groupes d'agrumes dans la wilaya de Mostaganem

Groupe agrumicole	Superficie complantée (ha)	Superficie en rapport (ha)	Production (qx)
Orangers Thomson	1 689,00	1 557,00	513 810
Autres orangers	2 770,36	2 578,00	822 882
Mandariniers	16,50	16,50	4 276
Citronniers	257,00	243,50	77 433
Clémentiniers	777,84	690,50	170 086
Total agrumes	5 592,00	5 085,56	1 588 487

Source : Direction des Services Agricoles de Mostaganem, campagne agricole 2023/2024.

Tableau 5. Intérêt agronomique et scientifique de la wilaya de Mostaganem

Élément	Importance pour la filière agrumicole
---------	---------------------------------------

Situation géographique	Région littorale de l'Ouest algérien, favorable aux cultures méditerranéennes
Conditions climatiques	Climat méditerranéen propice à la floraison et à la maturation des agrumes
Importance agronomique	Présence de vergers d'orangers, citronniers, clémentiniers et autres agrumes
Biodiversité associée	Présence de ravageurs, parasitoïdes, auxiliaires et insectes floricoles
Intérêt scientifique	Zone pertinente pour étudier les interactions entre vergers, insectes et pollinisation

Source : synthèse de l'auteur à partir de Kazi-Tani (2024), Merzoug et al. (2022), Ali-Arous et al. (2024) et DSA Mostaganem (2024).

4. Exigences pédoclimatiques et culturelles des agrumes

4.1. Température et contraintes thermiques

Les agrumes sont adaptés aux climats chauds à doux, mais leur croissance, leur floraison et leur fructification sont fortement influencées par la température. Les températures modérées favorisent la croissance végétative et le développement des fruits, tandis que les températures extrêmes perturbent la physiologie de l'arbre (Agustí et al., 2022 ; Rasera et al., 2023). La plage thermique généralement favorable à la croissance des agrumes se situe approximativement entre 22 et 33 °C, bien que les seuils exacts varient selon l'espèce, le cultivar et le porte-greffe. Les basses températures peuvent endommager les feuilles, les fleurs, les jeunes fruits et les rameaux, tandis que les fortes températures estivales accentuent l'évapotranspiration, augmentent les besoins hydriques et peuvent réduire la nouaison (Agustí et al., 2022 ; Rasera et al., 2023). La période de floraison est particulièrement sensible aux contraintes thermiques. Les stress de chaleur ou de froid peuvent affecter la viabilité du pollen, la réceptivité du stigmate, la croissance du tube pollinique, la fécondation et la chute des jeunes fruits. Ces perturbations peuvent se traduire par une baisse du taux de nouaison et une irrégularité du rendement (Agustí et al., 2022 ; Monasterolo et al., 2024).

4.2. Besoins en eau et gestion de l'irrigation

L'eau est l'un des facteurs les plus déterminants de la production des agrumes. Elle intervient dans la photosynthèse, le transport des nutriments, la régulation thermique, la croissance végétative et le grossissement des fruits. Les besoins hydriques varient selon l'âge des arbres, le porte-greffe, la densité de plantation, le type de sol, le climat et le stade phénologique (Kazi-Tani, 2024 ; Rasera et al., 2023). Les périodes les plus sensibles au déficit hydrique sont la floraison, la nouaison et la croissance active des fruits. Un déficit prolongé peut entraîner une diminution de la floraison, une chute des jeunes fruits, une réduction du calibre, une baisse du rendement et une altération de la qualité commerciale. À l'inverse, un excès d'eau peut favoriser l'asphyxie racinaire et les maladies du collet (Kazi-Tani, 2024 ; Rasera et al., 2023). Dans les zones méditerranéennes, l'irrigation localisée, notamment le goutte-à-goutte, constitue une stratégie importante pour améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau, limiter les pertes et adapter les apports hydriques aux besoins réels des arbres. Cette approche est particulièrement importante en Algérie, où la sécheresse et les contraintes d'irrigation constituent des facteurs limitants majeurs de la production agrumicole (Kazi-Tani, 2024).

4.3. Sol, drainage et potentiel hydrogène

Les agrumes se développent mieux dans des sols profonds, bien drainés, aérés et riches en matière organique. Le drainage est essentiel, car les racines des agrumes sont sensibles à l'asphyxie et aux maladies favorisées par l'excès d'humidité, notamment les maladies à *Phytophthora* (Kazi-Tani, 2024 ; Moyo et al., 2025). Le pH du sol influence directement la disponibilité des éléments minéraux. Les sols légèrement acides à neutres sont généralement favorables à la nutrition des agrumes. Une fourchette proche de 5,5 à 7,5 est souvent considérée comme favorable, bien que la tolérance varie selon le porte-greffe et les conditions locales. Un pH trop élevé peut limiter la disponibilité du fer, du zinc et du manganèse, entraînant des chloroses et une baisse de vigueur (Rasera et al., 2023 ; Kazi-Tani, 2024). La correction du pH, l'apport de matière organique et le suivi régulier des analyses de sol et de feuilles constituent des pratiques essentielles pour maintenir la fertilité du verger et limiter les déséquilibres nutritionnels. Ces pratiques sont particulièrement importantes dans les systèmes méditerranéens soumis à la sécheresse, à l'irrigation localisée et parfois à la salinité (Rasera et al., 2023 ; Kazi-Tani, 2024).

4.4. Fertilisation minérale et nutrition des arbres

La fertilisation des agrumes doit être raisonnée selon les besoins de l'arbre, le stade phénologique, le rendement visé, la fertilité du sol et les analyses foliaires. L'azote favorise la croissance végétative, le phosphore intervient dans l'enracinement et le métabolisme énergétique, tandis que le potassium joue un rôle important dans le calibre, la teneur en sucres, la coloration et la qualité commerciale des fruits (Rasera et al., 2023 ; Kazi-Tani, 2024). Une fertilisation déséquilibrée peut affecter la croissance, la nouaison, la qualité des fruits et la résistance aux stress. Un excès d'azote peut stimuler une végétation excessive au détriment de la floraison ou de la qualité commerciale, tandis qu'une carence en potassium peut réduire le calibre et la qualité des fruits. Dans le contexte du changement climatique, la nutrition minérale devient encore plus importante, car les stress hydriques, thermiques et salins peuvent modifier l'absorption et le transport des nutriments (Rasera et al., 2023).

4.5. Humidité, vent et facteurs microclimatiques

L'humidité relative de l'air influence la transpiration, le fonctionnement stomatique, la croissance des fruits et le développement de certaines maladies. Une humidité faible associée à des températures élevées et à des vents secs augmente l'évapotranspiration et peut provoquer un stress hydrique. À l'inverse, une humidité excessive peut favoriser certaines maladies fongiques (Rasera et al., 2023 ; Moyo et al., 2025). Le vent constitue également un facteur microclimatique important. Des vents forts peuvent provoquer la chute des fleurs et des jeunes fruits, casser les rameaux, blesser l'épiderme des fruits et réduire leur qualité commerciale. L'installation de brise-vents naturels ou artificiels peut donc être nécessaire dans les zones exposées, en particulier lorsque les vergers sont situés dans des milieux ouverts ou soumis à des vents secs (Rasera et al., 2023 ; Kazi-Tani, 2024).

Tableau 6. Principales exigences pédoclimatiques des agrumes

Facteur	Condition favorable	Risque en cas de déséquilibre
Température	Environ 22–33 °C selon cultivar et contexte	Gel, stress thermique, chute florale, faible nouaison
Eau	Apports réguliers adaptés au stade phénologique	Chute des fruits, faible calibre, asphyxie racinaire

Sol	Sol profond, drainé, aéré et fertile	Racines faibles, maladies du collet, faible croissance
pH	Environ 5,5–7,5 selon sol et porte-greffe	Chloroses, toxicités, faible absorption minérale
Vent	Faible à modéré	Blessures, chute des fleurs et des fruits
Humidité	Modérée	Stress hydrique ou maladies fongiques

Source : synthèse de l’auteur à partir de Agustí et al. (2022), Rasera et al. (2023), Kazi-Tani (2024) et Moyo et al. (2025).

5. Contraintes phytosanitaires des agrumes

5.1. Maladies fongiques

Les maladies fongiques constituent une contrainte majeure pour la production des agrumes. Elles peuvent affecter les racines, le collet, les feuilles, les rameaux et les fruits, entraînant des pertes de rendement, une réduction de la vigueur des arbres et une baisse de la qualité commerciale (Moyo et al., 2025). La tache noire des agrumes, causée par *Phyllosticta citricarpa*, provoque des lésions sur l’écorce des fruits et réduit leur valeur commerciale. Cette maladie est importante dans plusieurs zones de production et sa sévérité dépend notamment du stade de développement du fruit au moment de l’infection (Moyo et al., 2025). Les maladies à *Phytophthora*, notamment la gommosse et la pourriture racinaire, sont favorisées par les sols mal drainés, les excès d’eau et les blessures au niveau du collet. Elles provoquent un dépérissement progressif de l’arbre, une baisse de vigueur et une réduction du rendement (Kazi-Tani, 2024 ; Moyo et al., 2025).

5.2. Maladies bactériennes

Les maladies bactériennes des agrumes figurent parmi les plus préoccupantes à l’échelle mondiale. Le Huanglongbing, ou greening des agrumes, associé principalement à *Candidatus Liberibacter asiaticus*, est considéré comme l’une des maladies les plus destructrices de la citriculture (Hu et al., 2025 ; Tardivo et al., 2025). Le Huanglongbing provoque un jaunissement asymétrique des feuilles, une déformation des fruits, une altération de la qualité du jus, un dépérissement progressif et une forte baisse du rendement. Sa gestion repose sur la surveillance, la lutte contre les vecteurs, l’utilisation de matériel végétal sain et le développement de stratégies de protection intégrée (Hu et al., 2025 ; Tardivo et al., 2025). Le chancre bactérien

des agrumes, causé par *Xanthomonas citri*, provoque des lésions sur les feuilles, les rameaux et les fruits. Il réduit la qualité commerciale des fruits et nécessite une gestion phytosanitaire stricte, notamment par l'utilisation de plants sains, l'élimination des foyers infectieux et la réduction des sources d'inoculum (Hu et al., 2025).

5.3. Maladies virales

Les maladies virales représentent une contrainte majeure pour la productivité, la longévité et la durabilité sanitaire des vergers d'agrumes. Parmi elles, la tristeza des agrumes, causée par le Citrus tristeza virus (CTV), est considérée comme l'une des maladies virales les plus importantes de la citriculture mondiale. Le CTV est un virus phloémien transmis principalement par greffage et par certains pucerons vecteurs. Il peut provoquer différents syndromes selon la souche virale, le cultivar, le porte-greffe et les conditions de culture, notamment le dépérissement rapide, le jaunissement des plantules et le stem pitting (Shang et al., 2024 ; Ali-Arous et al., 2024).

L'impact du CTV peut être particulièrement sévère lorsque des variétés sensibles sont greffées sur des porte-greffes vulnérables, notamment l'oranger amer. Les symptômes peuvent inclure un affaiblissement progressif de l'arbre, une chlorose, une réduction de la vigueur, une baisse du rendement, une diminution de la qualité des fruits et, dans les cas graves, la mort des arbres. En raison de la diversité génétique des isolats de CTV, la détection moléculaire et sérologique constitue un outil essentiel pour surveiller la maladie et limiter sa propagation dans les régions productrices (Shang et al., 2024). En Algérie, la présence du CTV et de ses vecteurs a été signalée dans certaines zones agrumicoles. Dans la vallée du Chlef, Ali-Arous et al. (2024) ont confirmé la présence d'isolats appartenant aux génotypes T30 et VT, dont une souche virulente de type VT. Ces résultats soulignent la nécessité d'une surveillance phytosanitaire renforcée dans les bassins agrumicoles algériens, notamment dans les régions où coexistent vergers anciens, matériel végétal hétérogène et vecteurs aphidiens efficaces (Ali-Arous et al., 2024). La gestion des maladies virales des agrumes repose principalement sur la prévention. Elle implique l'utilisation de plants certifiés, l'élimination des arbres infectés, le contrôle des pucerons vecteurs, la surveillance régulière des vergers et la mise en place de programmes de certification sanitaire. Ces mesures sont indispensables pour limiter la dissémination du CTV et préserver la productivité à long terme des vergers d'agrumes (Shang et al., 2024 ; Ali-Arous et al., 2024).

5.4. Principaux ravageurs des agrumes

Les vergers d'agrumes sont attaqués par plusieurs groupes de ravageurs, notamment les mineuses, les cochenilles, les pucerons et les mouches des fruits. Ces ravageurs peuvent réduire la surface foliaire, affaiblir les arbres, altérer la qualité des fruits et favoriser la transmission de certains agents pathogènes (Merzoug et al., 2022 ; Ali-Arous et al., 2024). La mineuse des feuilles des agrumes (*Phyllocnistiscitrella*) provoque des galeries dans les jeunes feuilles, ce qui affecte surtout les jeunes plants. Les cochenilles peuvent provoquer miellat, fumagine et dégradation commerciale des fruits. Les pucerons sont importants à la fois par leurs dégâts directs et par leur rôle potentiel dans la transmission de virus (Merzoug et al., 2022 ; Ali-Arous et al., 2024). La gestion des ravageurs repose sur la surveillance, le piégeage, la lutte biologique, les traitements raisonnés et la conservation des auxiliaires. Dans les vergers de Mostaganem, la présence de parasitoïdes associés aux ravageurs des agrumes montre l'importance de préserver la biodiversité fonctionnelle plutôt que de dépendre uniquement des traitements chimiques (Merzoug et al., 2022).

Tableau 7. Principales contraintes phytosanitaires des agrumes

Type de contrainte	Agent ou ravageur	Effets principaux
Maladie fongique	<i>Phyllostictacitricarpa</i>	Tache noire, lésions sur fruits, baisse de qualité commerciale
Maladie fongique	<i>Phytophthoraspp.</i>	Gommose, pourriture racinaire, dépérissement
Maladie bactérienne	<i>Candidatus Liberibacter asiaticus</i>	Huanglongbing, dépérissement, fruits déformés, baisse du rendement
Maladie bactérienne	<i>Xanthomonas citri</i>	Chancre citrique, lésions sur feuilles, rameaux et fruits
Maladie virale	Citrus tristeza virus	Déclin, stem pitting, jaunissement, baisse de rendement
Ravageur	<i>Phyllocnistiscitrella</i>	Galeries dans les jeunes feuilles
Ravageur	Cochenilles	Affaiblissement, miellat, fumagine, dégradation des fruits
Ravageur	<i>Ceratitiscapitata</i>	Pourriture interne des fruits mûrs

Source : synthèse de l'auteur à partir de Moyo et al. (2025), Hu et al. (2025), Tardivo et al. (2025), Shang et al. (2024), Merzoug et al. (2022) et Ali-Arous et al. (2024).

6. Pratiques culturales et gestion durable des vergers

6.1. Taille, irrigation, fertilisation et entretien du sol

La conduite d'un verger d'agrumes repose sur l'intégration de plusieurs pratiques culturales adaptées au cycle phénologique de l'arbre. La taille permet d'équilibrer la végétation, d'améliorer l'aération du couvert, de faciliter la pénétration de la lumière et de réduire certains foyers de maladies (Agustí et al., 2022 ; Rasera et al., 2023). L'irrigation doit être ajustée selon les besoins de l'arbre, les conditions climatiques et le stade phénologique. La fertilisation doit être raisonnée à partir des analyses du sol et du feuillage. L'entretien du sol doit limiter la concurrence hydrique excessive tout en préservant la structure, la matière organique et la biodiversité utile (Kazi-Tani, 2024 ; Rasera et al., 2023).

6.2. Protection phytosanitaire intégrée

La protection phytosanitaire intégrée vise à réduire les pertes dues aux maladies et aux ravageurs tout en limitant les impacts négatifs des traitements chimiques. Elle repose sur la surveillance régulière des vergers, l'identification correcte des bioagresseurs, l'utilisation de seuils d'intervention, la conservation des auxiliaires et le choix de produits moins nocifs (Merzoug et al., 2022 ; Ali-Arous et al., 2024). Cette approche est particulièrement importante dans les vergers d'agrumes, car les traitements appliqués pendant la floraison peuvent perturber l'activité des pollinisateurs. La gestion phytosanitaire doit donc être compatible avec la conservation des insectes utiles, notamment les abeilles, les parasitoïdes et les prédateurs naturels (Dicks et al., 2021 ; Monasterolo et al., 2024).

6.3. Biodiversité fonctionnelle et services écosystémiques

Les vergers d'agrumes ne sont pas uniquement des systèmes productifs. Ce sont aussi des agroécosystèmes abritant des ravageurs, des parasitoïdes, des prédateurs et des pollinisateurs. Cette biodiversité peut fournir des services écosystémiques importants, tels que la régulation naturelle des ravageurs et la pollinisation (Dicks et al., 2021 ; Ali-Arous et al., 2024). Les pratiques culturales influencent fortement cette biodiversité. Ali-Arous et al. (2024) ont montré que les systèmes de conduite des vergers d'agrumes dans le nord-ouest algérien influencent la diversité et l'abondance des insectes. Les vergers extensifs non désherbés présentaient une

entomofaune plus diversifiée que les vergers intensifs désherbés, ce qui montre l'effet majeur de la gestion du verger sur la biodiversité fonctionnelle (Ali-Arous et al., 2024).

Tableau 8. Facteurs influençant la biodiversité fonctionnelle dans les vergers d'agrumes

Facteur	Effet potentiel sur la biodiversité fonctionnelle
Intensité du désherbage	Réduction ou maintien des ressources florales spontanées
Usage des pesticides	Impact négatif possible sur pollinisateurs, auxiliaires et parasitoïdes
Présence de flore spontanée	Ressources alimentaires pour insectes floricoles et auxiliaires
Diversité paysagère	Maintien des habitats et refuges pour insectes utiles
Gestion de l'irrigation et du sol	Influence indirecte sur végétation, microclimat et activité biologique
Proximité de ruches	Augmentation potentielle de l'activité pollinisatrice

Source : adapté de Dicks et al. (2021), Merzoug et al. (2022), Ali-Arous et al. (2024) et Monasterolo et al. (2024).

Chapiter 02 :

Materiel et Methods

Chapter 01 : Materiel et Methods

01 . Objectif

Les objectifs de mon travail de thèse consistent à l'impact de la pollinisation, notamment celle effectuée par les abeilles, sur la productivité des agrumes dans la wilaya de Mostaganem. Cette étude cherche à examiner de quelle manière l'activité des abeilles, en leur qualité de pollinisateurs naturels, impacte la production et la qualité des fruits. Elle facilitera également la détermination des méthodes agricoles idéales qui déterminent l'action pollinisatrice des abeilles, dans le but d'augmenter l'efficacité de la reproduction florale et d'amplifier le rendement des vergers d'agrumes dans cette zone, tout en participant à la croissance durable du secteur agricole local.

02. Zone d'étude

La wilaya de Mostaganem se trouve dans la partie nord-ouest de l'Algérie, sur la côte méditerranéenne, entre les importantes wilayas côtières de l'ouest. localisation est stratégique, étant à peu près 350 km à l'ouest d'Alger et près de 80 km est d'Oran, ce qui la place entre la capitale du pays et le pôle économique majeur de l'ouest algérien. Sa limite nord est la mer Méditerranée, l'ouest est délimité par la wilaya d'Oran, l'est par celle de Chlef, tandis que le sud est bordé par les wilayas de Relizane et Mascara. Administrativement et géographiquement, Mostaganem est incluse dans les wilayas de l'ouest du Tell. Un climat méditerranéen et des sols fertiles, propices en particulier à la culture de fruits et d'agrumes, caractérisent cette région. Grâce à sa situation en bord de mer, elle est aussi un acteur clé dans les transactions maritimes et les opérations portuaires à l'échelle régionale (Institut National d'Études de Stratégie Globale – INESG, 2025 ; Ministère de l'Intérieur algérien, 2024).

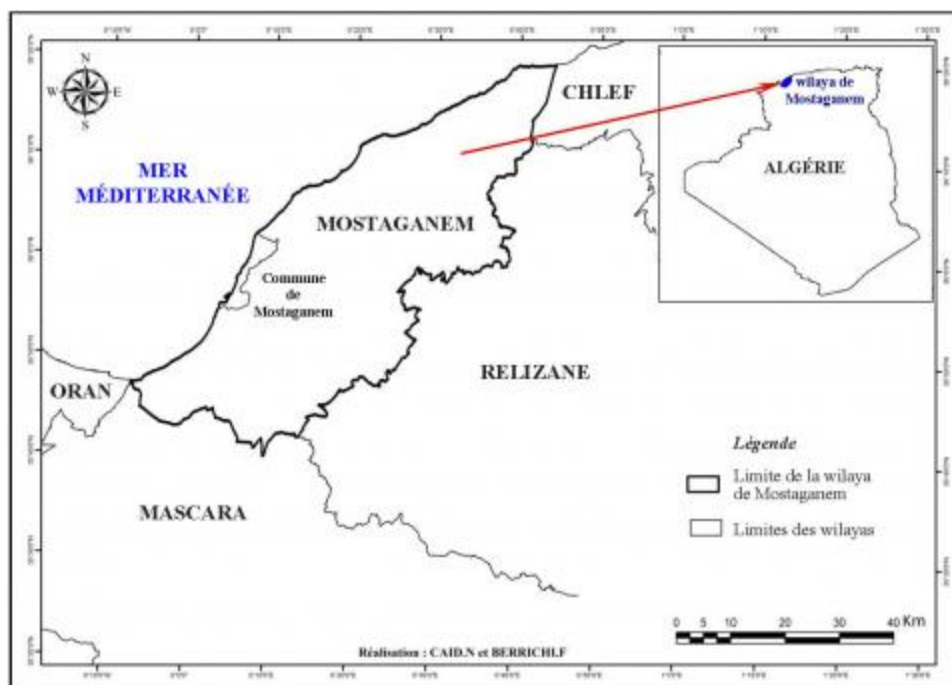


Figure 01 : Localisation géographique de la wilaya de Mostaganem (openedition 2019)

03. Model de Travail

L'importance des abeilles dans la pollinisation des orangers

Impact sur la chute des fruits et la production d'oranges (2016-2026)

Date de l'entretien :/...../2026

PARTIE 1 : INFORMATIONS GÉNÉRALES SUR L'EXPLOITATION

1. Age de l'agriculteur

.....

2. Depuis combien d'années cultivez-vous des orangers ?

.....
.....

2. Quelle est la superficie totale de votre exploitation dédiée aux orangers ?

..... hectares

3. Quelles sont les principales variétés d'oranges que vous cultivez ?

.....
.....

4. Y a-t-il des sources d'eau naturelles (rivières, mares) à proximité de vos vergers

☐ Oui ☐ No

5. À quelle distance se trouvent les plus proches ruches (les vôtres ou celles d'un voisin) de vos vergers ? mètres / kilomètres

6. Pratiquez-vous l'agriculture ?

Biologique, conventionnelle raisonnée

7. Décrivez brièvement le type de sol de votre verger.

.....

8. Comment gérez-vous l'enherbement entre les rangs de vos orangers

.....

9. Utilisez-vous des produits phytosanitaires (insecticides, fongicides) ? Si oui, à quelles périodes de l'année ?

.....

PARTIE 2 : CONNAISSANCES ET OBSERVATIONS SUR LES ABEILLES

1. Selon vous, quel est le rôle principal des abeilles dans la nature ?

.....

2. Pensez-vous que les abeilles sont importantes spécifiquement pour la culture des orangers ? Pourquoi ?

.....

3. Observez-vous souvent des abeilles dans vos vergers ?

☐ Oui ☐ No

4. À quelle période de l'année voyez-vous le plus d'abeilles dans vos orangers ?

Mars avril mai juin

5. Quels types d'abeilles observez-vous le plus souvent (abeilles domestiques, bourdons, abeilles sauvages, solitaires) ?

.....

6. Avez-vous remarqué une évolution du nombre d'abeilles dans vos champs au cours des 10 dernières années ?

☐ Augmentation ☐ Diminution ☐ Stable

7. Si vous avez constaté une diminution, à quoi l'attribuez-vous ?

.....

8. Connaissez-vous le phénomène d'effondrement des colonies d'abeilles ?

☐ Oui ☐ No

9. Avez-vous déjà été contacté par un apiculteur souhaitant installer des ruches dans votre verger ?

☐ Oui ☐ No

10. Seriez-vous prêt à collaborer avec un apiculteur ?

☐ Oui ☐ No

11. Avez-vous déjà suivi une formation ou une information sur les pollinisateurs ?

☐ Oui ☐ No

12. Observez-vous d'autres insectes (mouches, coléoptères) butiner les fleurs d'oranger ?

☐ Oui ☐ No

13. Pensez-vous que l'utilisation de pesticides affecte la présence des abeilles ?

☐ Oui ☐ No

14. Adaptez-vous vos traitements phytosanitaires en fonction de la présence des abeilles ou de la floraison

☐ Oui ☐ No

15. Avez-vous remarqué si les abeilles préfèrent certaines variétés d'orangers plutôt que d'autres ?

☐ Oui ☐ No

PARTIE 3 : LA POLLINISATION DES ORANGERS

1. Selon vous, la fleur d'oranger a-t-elle besoin de quelque chose pour devenir un fruit ?

☐ Oui ☐ No

2. Pensez-vous que le vent est suffisant pour assurer une bonne pollinisation de vos orangers ?

☐ Oui ☐ No

3. À votre avis, quel est l'impact d'une bonne pollinisation par les insectes sur la qualité des oranges?

.....

4. Avez-vous déjà observé la différence entre une fleur bien pollinies et une autre qui ne l'est pas ?

☐ Oui ☐ No

5. Pensez-vous que la forme du fruit (bien formé ou difforme) peut être liée à la pollinisation

☐ Oui ☐ No

6. Comment décririez-vous l'intensité de la floraison de vos orangers ces dernières années ?

☐ Constante ☐ Variable

7. Une mauvaise météo pendant la floraison (pluie, vent fort, froid) a-t-elle, selon vous, un impact sur la venue des abeilles ?

.....

8. Et sur la transformation des fleurs en fruits ?

☐ Oui ☐ No

9. Pensez-vous que la présence d'autres plantes en fleurs autour du verger (haies, jachères) attire plus les abeilles ?

☐ Oui ☐ No

10. Avez-vous entendu parler de la "coulure" ou "chute des fruits" chez les agrumes ?

☐ Oui ☐ No

11. À quel moment après la floraison observez-vous généralement cette chute des jeunes fruits ?

Avril mais jeun

12. Diriez-vous que cette chute est un phénomène normal ou problématique ?

☐ Oui ☐ No

13. Selon vous, quels sont les facteurs qui influencent cette chute des fruits ?

.....

14. Pensez-vous qu'une mauvaise pollinisation peut être une cause de la chute des fruits ?

☐ Oui ☐ No

15. Avez-vous déjà mis en relation le nombre de fruits tombés avec la présence d'insectes pollinisateurs ?

☐ Oui ☐ No

.....

16- Connaissez-vous l'utilisation des fleurs d'oranger tombées au sol

.....

PARTIE 4 : IMPACT SUR LA PRODUCTION ET LA QUALITÉ DES ORANGES

1. Comment évalueriez-vous le rendement moyen de votre verger (en kilos ou tonnes par hectare) au cours des 10 dernières années ?

☐ Stable ☐ En hausse ☐ En baisse Précision : tonnes/hectare en moyenne

2. Avez-vous des parcelles que vous considérez comme plus productives que d'autres

☐ Oui ☐ No

3. Si oui, à quoi attribuez-vous ces différences de productivité ?

.....

4. Au cours des 10 dernières années, avez-vous eu des années de très mauvaise récolte ?

.....

5. Si oui, quelles en ont été les causes principales selon vous (gel, sécheresse, maladies, manque de fruits noués) ?

.....

6. Comment jugez-vous la qualité gustative de vos oranges (sucrée, acidulée, juteuse) ?

.....

7. Cette qualité est-elle constante d'une année sur l'autre ?

☐ Oui ☐ No

8. Trouvez-vous que le calibre (la taille) de vos oranges est satisfaisant ?

☐ Oui ☐ No

9. Observez-vous beaucoup de petits fruits ou de fruits difformes (mal formés) dans votre production ? ☐ Oui ☐ No

10. Si oui, sur quelles parcelles cela arrive-t-il le plus souvent ?

.....
11. À votre avis, qu'est-ce qui influence le calibre final d'une orange ?

.....
12. Les critères de qualité (calibre, aspect) sont-ils importants pour le prix de vente de vos oranges ?

☐ Oui ☐ No

13. Avez-vous remarqué un lien entre la présence de ruches à proximité et la régularité de la forme de vos fruits ?

☐ Oui ☐ No

14. Et avec le nombre de pépins à l'intérieur du fruit ?

☐ Oui ☐ No

15. Pensez-vous qu'une orange issue d'une fleur bien pollinisée est plus lourde ou plus juteuse

☐ Oui ☐ No

16. Avez-vous déjà fait le test de comparer la production d'arbres isolés de ceux situés près d'une haie fleurie ?

.....
17. Comment expliquez-vous la formation des fruits "sans pépins" (si votre variété en produit)

.....
18. La conservation des oranges après récolte vous semble-t-elle meilleure certaines années ?

☐ Oui ☐ No

19. Cela pourrait-il être lié, selon vous, à la façon dont le fruit s'est formé ?

☐ Oui ☐ No

PARTIE 5 : COMPARAISON AVEC ET SANS RUCHES

1. Avez-vous déjà installé (ou fait installer par un apiculteur) des ruches dans votre verger pour la pollinisation ?

☐ Oui ☐ No

2. Si oui, depuis combien d'années le faites-vous ?

.....

3. Si non, seriez-vous intéressé à l'idée de le faire pour voir l'impact sur votre production ?

☐ Oui ☐ No

4. Si vous avez des ruches, combien de ruches installez-vous généralement par hectare ?

..... ruches/hectare

5. À quel moment de l'année les ruches sont-elles installées dans le verger ?

.....

6. Combien de temps restent-elles sur place ?

.....

7. Avez-vous noté une différence dans la quantité de fruits récoltés les années avec ruches par rapport aux années sans ruches ?

☐ Oui ☐ No

8. Si oui, pouvez-vous estimer cette différence en pourcentage ?

..... % d'augmentation / diminution

9. Avez-vous noté une différence dans le calibre des fruits les années avec ruches ?

☐ Oui ☐ No

10. Avez-vous noté une différence dans la forme des fruits (moins de fruits difformes) les années avec ruches ?

☐ Oui ☐ No

11. Avez-vous observé une différence dans le taux de chute des jeunes fruits les années avec ruches ?

☐ Oui ☐ No

12. Pensez-vous que les fruits sont plus homogènes (uniformes en taille et forme) les années avec pollinisation assistée par les ruches ?

☐ Oui ☐ No

13. Avez-vous constaté une différence dans la précocité de la récolte (les fruits mûrissent-ils plus tôt ?) les années avec ruches ?

☐ Oui ☐ No

14. Si vous avez plusieurs parcelles, comparez-vous la production de celles proches des ruches à celles qui en sont éloignées ?

.....

15. Quelle est la différence que vous observez ?

.....

16. Avez-vous déjà essayé de compter le nombre de fruits noués sur une branche avant la chute naturelle, avec et sans ruches ?

.....

17. Pensez-vous que la présence des ruches a un impact sur la durée de la floraison ?

☐ Oui ☐ No

18. Avez-vous déjà eu des problèmes avec les ruches (piqûres sur les ouvriers, comportement des abeilles) ?

☐ Oui ☐ No

19. Trouvez-vous que la collaboration avec un apiculteur est facile à mettre en place ?

☐ Oui ☐ No

. PARTIE 6 : PERSPECTIVES ET DÉFIS POUR L'AVENIR

1. Comment voyez-vous l'avenir de votre exploitation dans les 10 prochaines années ?

.....

2. Le changement climatique (sécheresses, chaleurs plus précoces) vous inquiète-t-il pour la floraison de vos orangers ?

☐ Oui ☐ No

3. Pensez-vous que les épisodes de sécheresse affectent la production de nectar des fleurs et donc l'attrait pour les abeilles ?

☐ Oui ☐ No

4. Quel serait pour vous le principal frein à l'installation de ruches (coût, temps, manque d'information, peur des piqûres) ?

.....

5. Si vous ne mettez pas de ruches, seriez-vous prêt à mieux protéger les populations d'abeilles sauvages en réduisant les pesticides ?

☐ Oui ☐ No

5. Seriez-vous prêt à valoriser vos oranges avec un label ou une mention "produit en partenariat avec des apiculteurs" ou "favorable aux pollinisateurs" ?

☐ Oui ☐ No

6. Aimeriez-vous en savoir plus sur le lien précis entre pollinisation et rendement de votre verger ?

☐ Oui ☐ No

7. Seriez-vous prêt à participer à une étude ou un essai sur une partie de votre exploitation pour mesurer précisément l'impact des abeilles ?

☐ Oui ☐ No

8. Quelle information supplémentaire aimeriez-vous avoir concernant les abeilles et la pollinisation?

.....

9. Pour vous, l'abeille est-elle un allié indispensable ou un élément secondaire de votre production?

.....

9. Conseilleriez-vous à d'autres arboriculteurs de faire appel à des apiculteurs ?

☐ Oui ☐ No

10. Y a-t-il une évolution dans la réglementation sur l'utilisation des pesticides qui vous inquiète ou vous satisfait concernant la protection des abeilles ?

.....

PARTIE 7 : QUESTIONS OUVERTES ET BILAN

1. Si vous deviez résumer en une phrase l'importance des abeilles pour votre production d'oranges, que diriez-vous ?

.....

2. Y a-t-il un aspect de la relation entre l'abeille et l'oranger que vous aimeriez mieux comprendre ?

.....

3. Que faudrait-il faire, selon vous, pour améliorer la situation des abeilles dans votre région ?

.....

4-Rendement par hectare au cours des 3 dernières années.....

.....

5- les pratiques agricoles en orange

5.1. Préparation du sol.....

5.2. Plantation des orangers.....

5.3. Fertilisation.....	
5.4. Irrigation.....	
5. 5. Protection contre les maladies et ravageurs.....	
Lutte chimique (pesticides)	
Lutte biologique.....	
Lutte intégrée contre les ravageurs et maladies.....	
6. Récolte et stockage.....	

Chapter 03 :

Résultats et discussion

Chapitre 02 : Résultats et Discussion

3.1. Caractéristiques socio-démographiques et expérience des agriculteurs enquêtés

L'enquête a été conduite auprès de 50 agriculteurs producteurs d'oranges, dans le but de caractériser le profil des répondants et leur niveau d'expérience dans la conduite des vergers agrumicoles. L'âge des agriculteurs variait de 27 à 69 ans, avec une moyenne de $47,96 \pm 11,93$ ans et une médiane de 45,5 ans. Ces résultats indiquent que l'échantillon étudié est majoritairement constitué d'agriculteurs adultes, appartenant principalement à des classes d'âge professionnellement actives et disposant d'une expérience pratique importante dans le secteur agricole (Tableau 1).

Tableau 09 : statistiques descriptives générales

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne $\pm$ SD	Médiane
Âge des agriculteurs	27	69	$47,96 \pm 11,93$	45,5
Ancienneté dans la culture des oranges	10	50	$28,76 \pm 11,66$	26

La répartition des enquêtés par classes d'âge montre une prédominance de la catégorie 35–44 ans, qui représentait 36 % de l'ensemble des répondants. Elle était suivie par la classe 55–64 ans avec 20 %, tandis que les classes 45–54 ans et ≥ 65 ans représentaient chacune 16 %. Les agriculteurs âgés de 34 ans ou moins ne représentaient que 12 % de l'échantillon (Figure 1A). Cette distribution suggère une représentation dominante des producteurs d'âge intermédiaire, accompagnée d'une participation relativement limitée des jeunes agriculteurs dans l'échantillon enquêté.

L'ancienneté dans la culture de l'oranger variait de 10 à 50 ans, avec une moyenne de $28,76 \pm 11,66$ ans et une médiane de 26 ans (Tableau 1). La classe d'ancienneté la plus représentée était celle de 20–29 ans, regroupant 36 % des agriculteurs, suivie par la classe 40–50 ans, qui représentait 32 % des répondants. Les classes 10–19 ans et 30–39 ans représentaient chacune 16 % de l'échantillon (Figure 1B). Ces résultats mettent en évidence une forte présence d'agriculteurs expérimentés, dont une proportion importante possède plus de deux décennies de pratique dans la culture des oranges.

Dans l'ensemble, le profil des enquêtés traduit un niveau élevé d'expérience agricole, ce qui renforce la valeur interprétative des perceptions recueillies. En effet, l'ancienneté des répondants leur confère un recul pratique suffisant pour apprécier les changements observés dans les vergers, notamment en ce qui concerne la floraison des orangers, la présence des abeilles, l'efficacité de la pollinisation, l'évolution du rendement et l'intérêt potentiel de l'intégration des ruches dans les systèmes de production agrumicole.

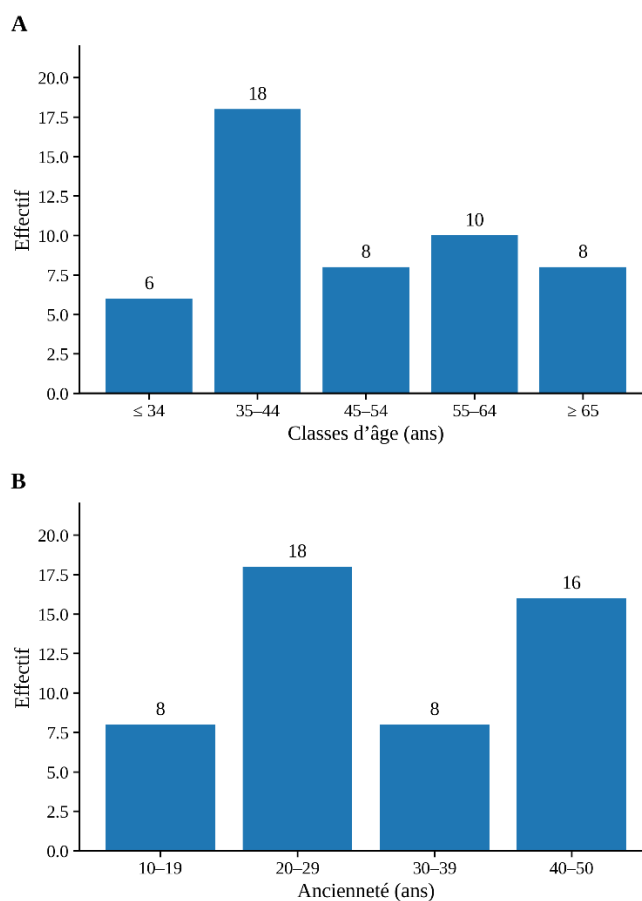


Figure 02. Profil socio-démographique et expérience des agriculteurs producteurs d'oranges enquêtés.

3.2. Caractéristiques générales des exploitations agrumicoles enquêtées

Les exploitations étudiées présentaient des superficies plantées en orangers comprises entre 1 et 13 ha, avec une moyenne de $3,74 \pm 3,22$ ha et une médiane de 2 ha. Ces résultats indiquent que l'échantillon était principalement constitué de petites à moyennes exploitations agrumicoles. En effet, 60 % des agriculteurs cultivaient des superficies inférieures ou égales à 3 ha, dont 30 %

avec des superficies ne dépassant pas 1 ha et 30 % avec des superficies comprises entre 2 et 3 ha. Les exploitations de 4 à 5 ha et de 6 à 9 ha représentaient chacune 16 %, tandis que les superficies de 10 ha ou plus ne concernaient que 8 % des répondants (Tableau 2 ; Figure 2A).

Tableau 10 : Caractéristiques générales des exploitations agrumicoles enquêtées.

Variable	Catégorie / statistique	Effectif	Pourcentage
Superficie plantée	Moyenne $\pm$ SD	—	3,74 $\pm$ 3,22 ha
	Médiane	—	2 ha
	≤ 1 ha	15	30%
	2–3 ha	15	30%
	4–5 ha	8	16%
	6–9 ha	8	16%
	≥ 10 ha	4	8%
Type d’agriculture	Conventionnelle	26	52%
	Raisonnée	23	46%
	Biologique	1	2%
Type de sol	Sableux	36	72%
	Halomorphe	7	14%
	Alluvionnaire	6	12%
	Sablo-limoneux	1	2%
Variétés / agrumes cultivés	Thomson + Clémentine	21	42%
	Thomson seule	10	20%
	Thomson + Mandarinier	10	20%
	Clémentine seule	8	16%
	Thomson + Mandarinier + Clémentine	1	2%
Sources d’eau naturelles proches	Oui	50	100%
Gestion des mauvaises herbes	Arrachage / désherbage manuel	50	100%

Concernant le mode de conduite agricole, l'agriculture conventionnelle était légèrement dominante, représentant 52 % des exploitations enquêtées. Elle était suivie par l'agriculture raisonnée, rapportée par 46 % des agriculteurs, alors que l'agriculture biologique restait très marginale, avec seulement 2 % des réponses (Tableau 2 ; Figure 2B). Cette répartition montre que les systèmes de production restent majoritairement dépendants de pratiques conventionnelles ou semi-raisonnées, ce qui peut avoir des implications importantes sur la gestion phytosanitaire et la protection des pollinisateurs.

Le type de sol était largement dominé par les sols sableux, déclarés par 72 % des agriculteurs. Les sols halomorphes représentaient 14 %, les sols alluvionnaires 12 %, tandis que les sols sablo-limoneux n'étaient mentionnés que par 2 % des répondants (Tableau 2 ; Figure 2C). Cette prédominance des sols sableux peut influencer la conduite technique des vergers, notamment en matière d'irrigation, de fertilisation et de gestion de la disponibilité en eau.

Après harmonisation orthographique des réponses, les variétés ou groupes d'agrumes cultivés étaient principalement représentés par l'association Thomson + Clémentine, observée chez 42 % des agriculteurs. Les producteurs cultivant uniquement Thomson représentaient 20 %, tout comme ceux associant Thomson + Mandarinier (20 %). La Clémentine seule représentait 16 %, tandis que l'association Thomson + Mandarinier + Clémentine restait minoritaire (2 %) (Tableau 2 ; Figure 2D). Ces résultats traduisent une certaine diversification variétale, bien que la variété Thomson soit présente dans la majorité des exploitations enquêtées.

Par ailleurs, l'ensemble des agriculteurs a déclaré la présence de sources d'eau naturelles à proximité des vergers. La gestion des mauvaises herbes entre les rangs reposait exclusivement sur l'arrachage ou le désherbage manuel, rapporté par 100 % des répondants. Les réponses relatives aux pratiques culturales indiquent également une conduite relativement homogène des vergers, caractérisée par le labour du sol, une plantation généralement espacée de 5 à 6 m entre les arbres, l'utilisation d'engrais minéraux ou organo-minéraux, ainsi qu'une irrigation majoritairement réalisée par tuyau. Dans l'ensemble, ces caractéristiques montrent que les exploitations enquêtées correspondent principalement à des vergers familiaux ou semi-intensifs, conduits selon des pratiques agricoles traditionnelles à conventionnelles.

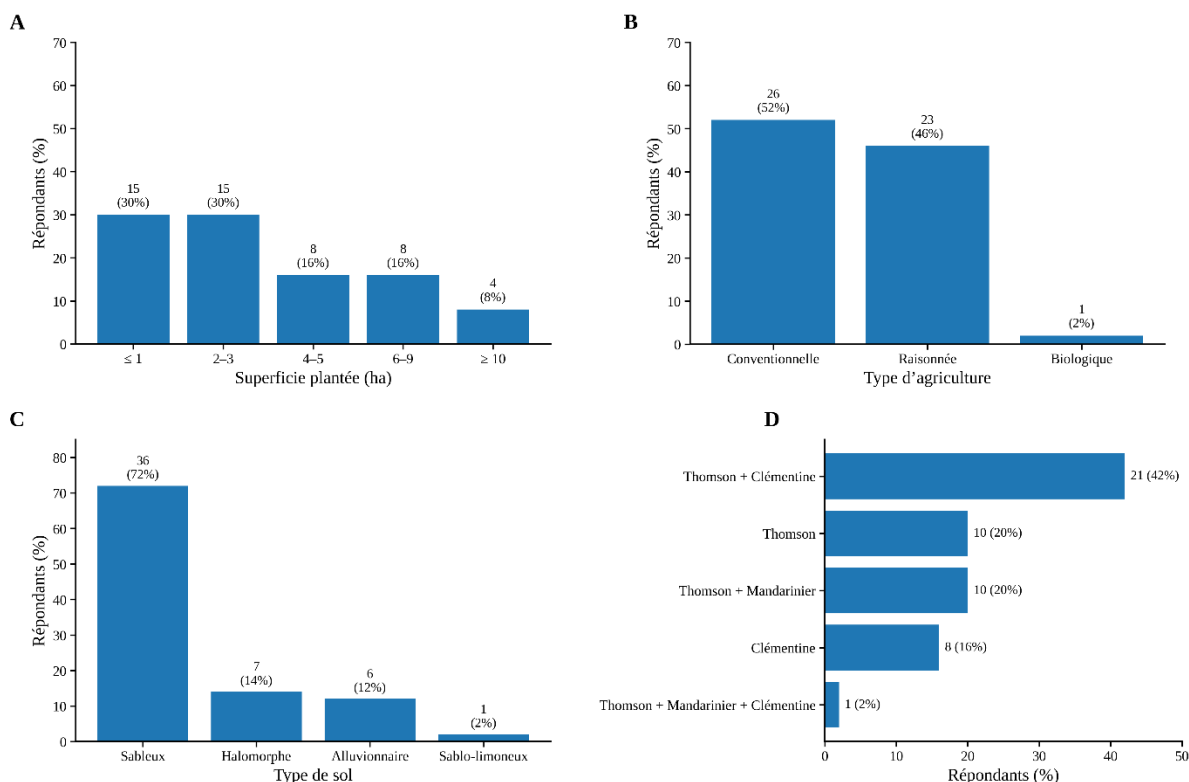


Figure 3. Répartition des exploitations selon la superficie plantée en orangers (A), le type d'agriculture pratiqué (B), le type de sol dominant (C) et les principales variétés ou associations variétales cultivées (D).

3.3. Floraison, chute des fruits, rendement et qualité des oranges

Les résultats de l'enquête montrent que la floraison des orangers constitue une étape perçue comme fortement variable par les agriculteurs enquêtés. En effet, la totalité des répondants (100 %) a déclaré que l'intensité de la floraison récente était variable d'une année à l'autre (Tableau 3 ; Figure 3A). Cette variabilité traduit une instabilité phénologique ressentie par les producteurs et représente un élément important dans l'interprétation des performances productives, étant donné que la floraison conditionne directement la nouaison et le développement ultérieur des fruits.

Les conditions météorologiques durant la floraison ont été largement considérées comme un facteur limitant. Ainsi, 86 % des agriculteurs ont indiqué que les épisodes défavorables, tels que la pluie, le vent fort ou le froid, pouvaient perturber la floraison (Tableau 3 ; Figure 3A). En revanche, l'effet de ces conditions sur la transformation des fleurs en fruits était perçu de manière moins évidente : 70 % des répondants n'ont pas rapporté d'effet direct, contre 30 %

ayant observé une influence négative. Cette différence suggère que les agriculteurs identifient clairement les perturbations visibles de la floraison, tandis que les conséquences sur la nouaison demeurent plus difficiles à apprécier sur le terrain.

Tableau 11 ; Floraison, chute des fruits, rendement déclaré et qualité des oranges selon les agriculteurs enquêtés.

Paramètre étudié	Modalité / résultat principal	Effectif	Pourcentage
Floraison récente des orangers	Variable	50	100%
Mauvaise météo affectant la floraison	Oui	43	86%
	Non	7	14%
Effet perçu de la météo sur la transformation fleurs-fruits	Oui	15	30%
	Non	35	70%
Présence d'autres plantes en fleurs favorable à la floraison	Oui	46	92%
	Non	4	8%
Connaissance de la chute des jeunes fruits / coulure	Oui	50	100%
Période principale de chute des jeunes fruits	Mars-avril	39	78%
	Autres / non précisées	11	22%
Mauvaise pollinisation considérée comme cause de chute des fruits	Oui	25	50%
	Non	25	50%
Année de mauvaise récolte la plus citée	2024	26	52%
Cause principale des mauvaises récoltes	Manque d'eau	25	50%
	Sécheresse	11	22%
	Maladies	7	14%
	Manque d'eau + faible présence d'abeilles	3	6%
	Autres causes	4	8%
Qualité gustative des oranges	Sucrée	50	100%
Qualité des oranges d'une année à l'autre	Constante	50	100%
Calibre des oranges jugé satisfaisant	Oui	50	100%
Observation de petits fruits ou fruits mal formés	Oui	42	84%
	Non	8	16%
Importance du calibre et de l'aspect visuel dans le prix de vente	Oui	50	100%

La chute des jeunes fruits, ou coulure, était connue par l'ensemble des agriculteurs interrogés (100 %). La période la plus fréquemment citée pour ce phénomène était celle de mars-avril, rapportée par 78 % des répondants (Tableau 3 ; Figure 3B). La coulure était généralement considérée comme un phénomène normal du cycle de production, bien qu'elle soit également associée à plusieurs facteurs de stress. Les causes citées concernaient principalement les contraintes hydriques, le déficit d'irrigation, les maladies, les intempéries, le vent, le manque d'engrais et, dans certains cas, une pollinisation insuffisante. Concernant ce dernier facteur, les réponses étaient parfaitement partagées : 50 % des agriculteurs considéraient qu'une mauvaise pollinisation pouvait favoriser la chute des fruits, tandis que 50 % ne partageaient pas cette perception (Tableau 3). Cette répartition équilibrée indique que le rôle de la pollinisation dans la coulure reste perçu de manière contrastée par les producteurs.

Les rendements rapportés par les agriculteurs indiquent une production globalement modérée. Le rendement moyen déclaré sur les dix dernières années était de $8,90 \pm 1,67$ q/ha, avec une médiane de 9 q/ha et des valeurs comprises entre 1 et 12 q/ha. Les rendements déclarés pour les trois dernières années présentaient une moyenne proche, estimée à $8,72 \pm 2,28$ q/ha, avec une médiane de 8 q/ha et une plage de variation allant de 6 à 20 q/ha (Tableau 3). Parmi les années de mauvaise récolte mentionnées, 2024 était la plus fréquemment citée, représentant 52 % des réponses. Les principales causes attribuées aux mauvaises récoltes étaient le manque d'eau (50 %) et la sécheresse (22 %), suivis par les maladies (14 %) et par l'association entre déficit hydrique et faible présence d'abeilles (6 %) (Figure 3C). Ces résultats soulignent l'importance centrale des contraintes hydriques dans la perception des pertes de rendement.

La qualité des oranges était globalement jugée favorable par les producteurs. Tous les répondants ont décrit les fruits comme ayant une qualité gustative sucrée, une qualité relativement constante d'une année à l'autre et un calibre généralement satisfaisant (100 % pour chaque paramètre ; Tableau 3 ; Figure 3D). Toutefois, 84 % des agriculteurs ont également signalé la présence occasionnelle de petits fruits ou de fruits mal formés dans certaines parcelles. Cette observation montre que, malgré une appréciation globale positive de la qualité commerciale, des défauts morphologiques peuvent apparaître localement. Les facteurs associés au calibre final des fruits étaient principalement liés à la disponibilité en eau, à l'irrigation et aux conditions de conduite

du verger. Par ailleurs, l'ensemble des répondants (100 %) a confirmé que le calibre et l'aspect visuel des oranges influencent directement le prix de vente.

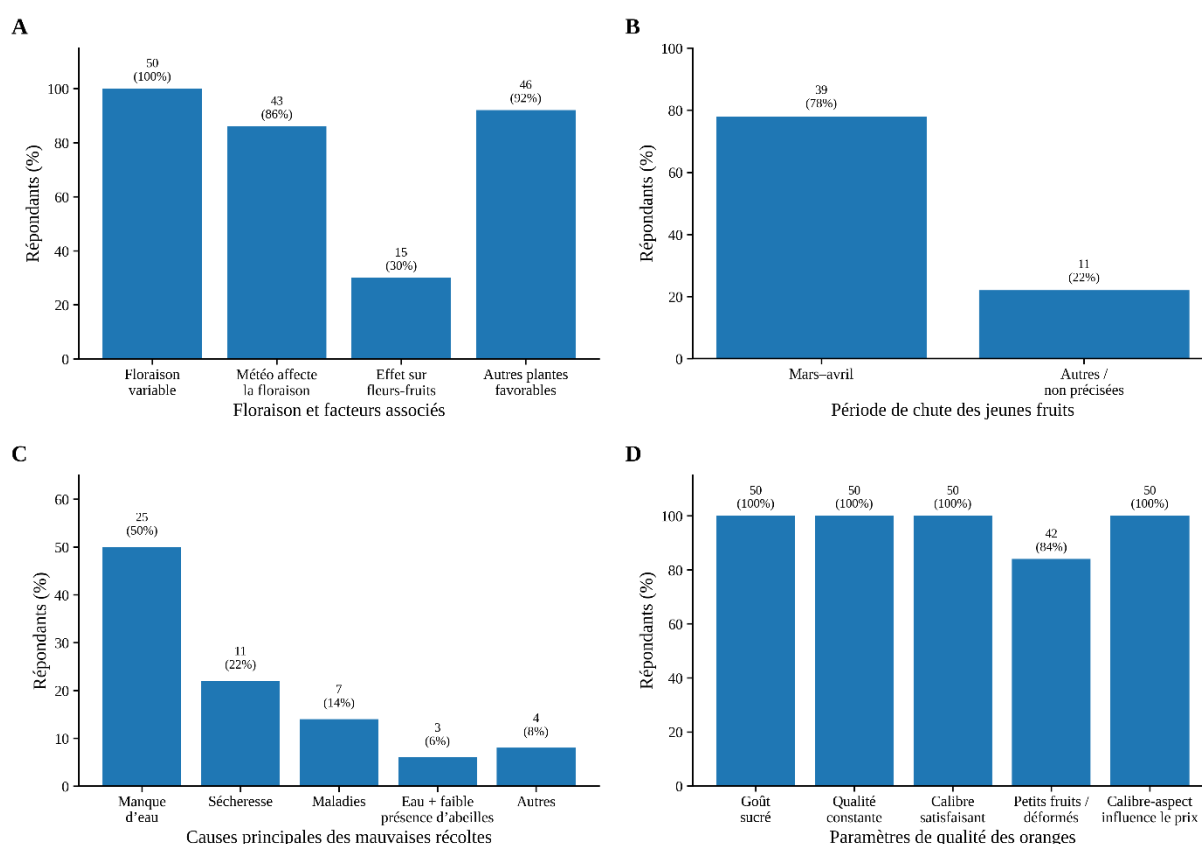


Figure 4. Floraison, chute des fruits, rendement et qualité des oranges dans les exploitations enquêtées. Répartition des réponses relatives à la floraison et aux facteurs associés (A), à la période de chute des jeunes fruits (B), aux principales causes des mauvaises récoltes (C) et aux paramètres de qualité des oranges (D). Les valeurs indiquées sur les barres correspondent aux effectifs et aux pourcentages calculés sur un total de 50 répondants.

3.4. Présence des abeilles et perception de leur rôle dans la pollinisation des orangers

Les résultats de l'enquête montrent que les agriculteurs enquêtés reconnaissent clairement le rôle écologique des abeilles. La totalité des répondants (100 %) a identifié la pollinisation comme la fonction principale des abeilles dans la nature (Tableau 4). De même, tous les agriculteurs ont déclaré observer des abeilles dans leurs vergers d'orangers (100 %), principalement durant les mois de mars et avril, période correspondant à la floraison des agrumes (Tableau 4 ; Figure 4A).

Cette concordance entre la période d'observation des abeilles et celle de la floraison indique que les producteurs associent fortement la présence des pollinisateurs à la phase reproductive de l'oranger.

Les abeilles domestiques constituaient le type d'abeilles le plus fréquemment observé dans les vergers, avec 84 % des réponses. Les abeilles sauvages seules représentaient 8 %, tandis que les associations impliquant des bourdons ou d'autres abeilles sauvages restaient moins fréquentes, avec 4 % pour les abeilles domestiques associées aux bourdons et 4 % pour les abeilles sauvages associées aux bourdons (Tableau 4 ; Figure 4B). Cette prédominance traduit surtout une forte visibilité des abeilles domestiques dans les vergers enquêtés, sans exclure la contribution potentielle d'autres insectes floricoles à la pollinisation.

L'évolution perçue de l'abondance des abeilles au cours des dix dernières années révèle une tendance majoritairement négative. En effet, 72 % des agriculteurs ont déclaré avoir observé une diminution du nombre d'abeilles dans leurs champs, contre 28 % ayant rapporté une augmentation (Tableau 4 ; Figure 4C). Les causes perçues de cette diminution étaient principalement associées aux contraintes hydriques et climatiques, notamment le manque d'eau et la sécheresse, regroupés dans 76 % des réponses. Ces résultats montrent que, selon les agriculteurs, la raréfaction des abeilles est surtout liée à la dégradation des conditions environnementales locales, en particulier au déficit hydrique.

La connaissance des phénomènes affectant les colonies d'abeilles était également élevée. Ainsi, 90 % des répondants ont déclaré connaître le phénomène d'effondrement des colonies, tandis que 94 % ont indiqué observer d'autres insectes butineurs sur les fleurs d'oranger, notamment des mouches, des coléoptères ou d'autres insectes floricoles (Tableau 4). Ces observations suggèrent que les producteurs distinguent les abeilles des autres visiteurs floraux, même si les abeilles restent les pollinisateurs les plus spontanément associés à la culture de l'oranger.

Cependant, la compréhension du rôle précis de la pollinisation dans la formation des fruits apparaît plus contrastée. Bien que 62 % des agriculteurs aient considéré les abeilles comme importantes pour l'oranger, dont une partie en lien avec l'amélioration du rendement, 38 % n'ont pas fourni de réponse précise à cette question (Tableau 4). Par ailleurs, 78 % des répondants ont estimé que la fleur d'oranger n'avait pas besoin d'un facteur particulier pour devenir un fruit, et 82 % ont considéré que le vent pouvait suffire à assurer une bonne pollinisation. À l'inverse, 58

% des agriculteurs ont déclaré pouvoir distinguer une fleur bien pollinisée d'une fleur mal pollinisée, et 74 % ont estimé que la forme du fruit pouvait être liée à la qualité de la pollinisation (Tableau 4 ; Figure 4D).

Tableau 12 : Présence des abeilles et perception de leur rôle pollinisateur dans les vergers d'orangers.

Paramètre étudié	Modalité / résultat principal	Effectif	Pourcentage
Rôle principal des abeilles dans la nature	Pollinisation	50	100%
Abeilles jugées importantes pour l'oranger	Oui / effet positif	31	62%
	Aucune information précise	19	38%
Observation régulière d'abeilles dans les vergers	Oui	50	100%
Période principale d'observation des abeilles	Mars–avril	50	100%
Type d'abeilles le plus observé	Abeilles domestiques	42	84%
	Abeilles sauvages	4	8%
	Abeilles domestiques + bourdons	2	4%
	Abeilles sauvages + bourdons	2	4%
Évolution du nombre d'abeilles durant les 10 dernières années	Diminution	36	72%
	Augmentation	14	28%
Cause dominante attribuée à la diminution	Sécheresse / manque d'eau	38	76%
Connaissance de l'effondrement des colonies d'abeilles	Oui	45	90%
Observation d'autres insectes butineurs	Oui	47	94%
Fleur d'oranger considérée comme nécessitant un facteur pour devenir fruit	Oui	11	22%
	Non	39	78%

Vent considéré comme suffisant pour la pollinisation	Oui	41	82%
	Non	9	18%
Différence observée entre fleur bien et mal pollinisée	Oui	29	58%
	Non	21	42%
Forme du fruit jugée liée à la qualité de pollinisation	Oui	37	74%
	Non	13	26%

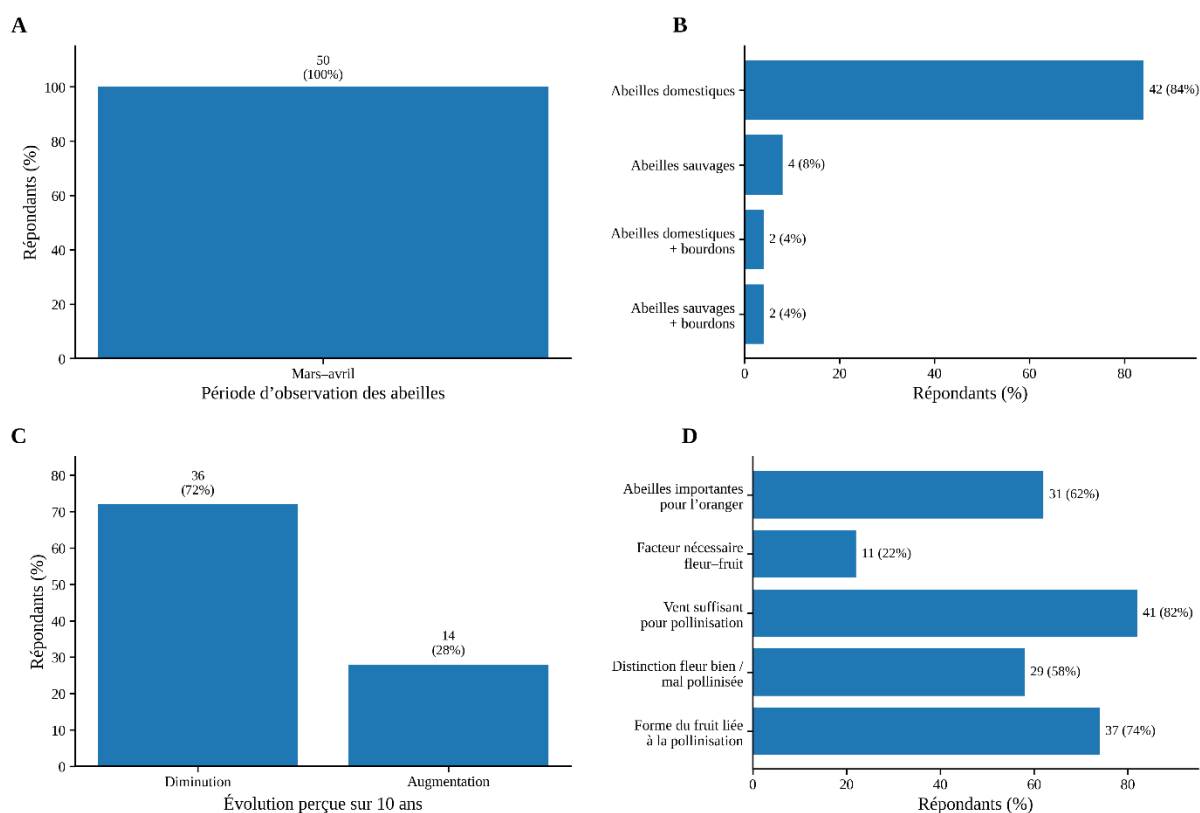


Figure 5. Présence des abeilles et perception de la pollinisation dans les vergers d'orangers. Répartition des réponses relatives à la période d'observation des abeilles (A), aux types d'abeilles observés (B), à l'évolution perçue du nombre d'abeilles au cours des dix dernières années (C) et à la perception du rôle de la pollinisation dans la formation des fruits (D). Les valeurs indiquées correspondent aux effectifs et aux pourcentages calculés sur un total de 50 répondants.

3.5. Utilisation des ruches et collaboration avec les apiculteurs

Les résultats de l'enquête montrent que l'intégration des ruches dans les vergers d'orangers est une pratique relativement fréquente chez les agriculteurs interrogés. En effet, 74 % des répondants ont déclaré avoir déjà installé, ou fait installer par un apiculteur, des ruches dans leurs vergers à des fins de pollinisation, tandis que 26 % ne l'ont jamais fait (Tableau 5). Par ailleurs, la collaboration avec les apiculteurs semble largement acceptée, puisque 96 % des agriculteurs ont déjà été contactés par un apiculteur souhaitant installer des ruches dans leur verger, et 100 % se sont déclarés prêts à collaborer avec un apiculteur.

Chez les agriculteurs ayant fourni des informations sur cette pratique, l'ancienneté moyenne d'installation des ruches était de $5,46 \pm 3,07$ ans, avec une médiane de 5 ans. Le nombre moyen de ruches installées était de $24,25 \pm 20,89$ ruches/ha, avec une médiane de 17,5 ruches/ha. Cette variabilité indique que les pratiques d'installation ne sont pas homogènes entre les exploitations et dépendent probablement de la superficie du verger, de la disponibilité des ruches et de l'organisation de la collaboration avec les apiculteurs. La distance moyenne entre les ruches et les vergers était de $44,00 \pm 82,74$ m, avec une médiane de 20 m, ce qui suggère que, dans la majorité des cas, les ruches étaient placées relativement près des parcelles.

La période d'installation des ruches était principalement concentrée au mois de mars, rapporté par 84 % des répondants, ce qui correspond à la période de floraison des orangers. La durée moyenne de présence des ruches dans les vergers était de $2,02 \pm 1,05$ mois, avec une médiane de 2 mois (Tableau 5). Cette concordance entre la présence des ruches et la floraison traduit une certaine adaptation empirique des pratiques apicoles à la phénologie de l'oranger.

Cependant, l'effet agronomique perçu des ruches reste limité ou difficile à quantifier par les producteurs. Concernant la quantité de fruits récoltés, 66 % des agriculteurs n'ont pas noté de différence entre les années avec ruches et les années sans ruches, tandis que 20 % ont rapporté une amélioration et 14 % ont indiqué des récoltes similaires. De même, la majorité des répondants n'a pas observé d'effet clair des ruches sur le calibre des fruits (88 %), la forme des fruits (98 %), la chute des jeunes fruits (86 %), l'homogénéité des fruits (100 %) ou la précocité de la récolte (100 %) (Tableau 5). Ces résultats montrent que, malgré l'usage relativement répandu des ruches, leur impact sur le rendement et la qualité des fruits reste principalement perçu de manière subjective et rarement mesuré de façon standardisée.

Les pratiques de comparaison entre parcelles proches et éloignées des ruches étaient également peu systématiques. La moitié des répondants (50 %) n'a pas fourni d'information précise sur cette comparaison, et 22 % ont déclaré ne pas la réaliser. Seuls 16 % ont indiqué que les arbres situés près des ruches semblaient plus productifs, tandis que 12 % ont simplement confirmé effectuer une comparaison. De même, 78 % des agriculteurs n'avaient jamais essayé de compter le nombre de fruits noués sur une branche avant la chute naturelle, avec et sans ruches. Cela confirme l'absence d'un suivi agronomique quantitatif permettant d'évaluer objectivement l'effet des ruches sur la nouaison et la productivité.

Enfin, la collaboration avec les apiculteurs était globalement jugée favorable. 74 % des agriculteurs ont estimé qu'elle était facile à mettre en place, et 86 % n'ont rapporté aucun problème lié aux ruches, comme les piqûres ou le comportement des abeilles. Toutefois, le manque d'information reste le principal frein à l'installation des ruches, cité par 84 % des répondants. Dans l'ensemble, ces résultats indiquent que les agriculteurs sont favorables à l'utilisation des ruches et à la collaboration avec les apiculteurs, mais que l'évaluation réelle de leur effet sur la production nécessite un accompagnement technique et un protocole de suivi plus rigoureux.

Tableau 13 : Utilisation des ruches, modalités d'installation et effets agronomiques perçus dans les vergers d'orangers.

Paramètre étudié	Modalité / statistique	Effectif / N	Pourcentage / valeur
Contact préalable par un apiculteur	Oui	48/50	96%
	Non	Feb-50	4%
Disposition à collaborer avec un apiculteur	Oui	50/50	100%
Installation de ruches dans le verger	Oui	37/50	74%
	Non	13/50	26%
Ancienneté d'installation des ruches	Moyenne $\pm$ écart-type	N = 35	5,46 $\pm$ 3,07 ans
	Médiane	N = 35	5 ans
	Min-max	N = 35	1-11 ans
Nombre de ruches installées	Moyenne $\pm$ écart-type	N = 32	24,25 $\pm$ 20,89 ruches/ha
	Médiane	N = 32	17,5 ruches/ha
	Min-max	N = 32	5-100 ruches/ha
Distance ruches-verger	Moyenne $\pm$ écart-type	N = 50	44,00 $\pm$ 82,74 m
	Médiane	N = 50	20 m
	Min-max	N = 50	5-500 m
Période principale d'installation	Mars	42/50	84%

	Moyenne $\pm$ écart-type	N = 44	2,02 $\pm$ 1,05 mois
Durée de présence des ruches	Médiane	N = 44	2 mois
	Min-max	N = 44	1-5 mois
Différence de quantité récoltée avec ruches	Non	33/50	66%
	Oui	Oct-50	20%
	Récoltes similaires	Jul-50	14%
Différence de calibre des fruits avec ruches	Non	44/50	88%
	Oui	Jun-50	12%
Différence de forme des fruits avec ruches	Non	49/50	98%
	Oui	Jan-50	2%
Différence de chute des jeunes fruits avec ruches	Non	43/50	86%
	Oui	Jul-50	14%
Fruits plus homogènes avec pollinisation assistée	Non	50/50	100%
Récolte plus précoce avec ruches	Non	50/50	100%
Comparaison parcelles proches/éloignées des ruches	Aucune information	25/50	50%
	Non	Nov-50	22%
	Arbres proches plus productifs	Aug-50	16%
	Oui	Jun-50	12%
Comptage des fruits noués avec/sans ruches	Non	39/50	78%
	Données chiffrées fournies	Nov-50	22%
Problèmes liés aux ruches	Non	43/50	86%
	Oui	Jul-50	14%
Collaboration avec un apiculteur jugée facile	Oui	37/50	74%
	Non	13/50	26%
Principal frein à l'installation des ruches	Manque d'information	42/50	84%
	Temps	Jul-50	14%
	Aucune information	Jan-50	2%

3.6. Effets perçus de la pollinisation sur les critères de qualité des oranges

Les résultats de l'enquête montrent que les agriculteurs associent la pollinisation principalement à certains critères visibles de qualité des oranges, en particulier la forme et l'aspect morphologique des fruits. Ainsi, 74 % des répondants ont estimé que la forme du fruit pouvait être liée à la qualité de la pollinisation, tandis que 26 % n'ont pas établi ce lien (Figure 5). Cette

perception suggère que, selon la majorité des producteurs, une pollinisation satisfaisante pourrait contribuer à une formation plus régulière des fruits. Toutefois, cette relation doit être interprétée comme une perception issue de l'observation de terrain et non comme une mesure expérimentale directe.

Concernant les caractéristiques physiques des fruits, 62 % des agriculteurs ont déclaré qu'une orange issue d'une fleur bien pollinisée pouvait être plus lourde ou plus juteuse, contre 38 % qui n'ont pas rapporté clairement cette relation (Figure 5). Ces résultats indiquent qu'une partie importante des répondants attribue à la pollinisation un rôle favorable dans le développement du fruit, notamment sur des critères commerciaux tels que le poids et la teneur en jus. Cependant, l'absence de consensus entre les agriculteurs montre que cette relation reste perçue de manière hétérogène.

En revanche, le lien entre pollinisation et nombre de pépins apparaît peu reconnu par les producteurs. La totalité des répondants (100 %) a indiqué ne pas avoir observé de relation claire entre la pollinisation et le nombre de pépins dans les oranges (Figure 5). De plus, une proportion importante des agriculteurs n'a pas fourni d'explication précise concernant la formation des fruits sans pépins. Ces réponses montrent que les aspects liés à la formation des graines et au développement des fruits peu ou non pépinés restent peu identifiés dans les connaissances pratiques des producteurs enquêtés.

Les réponses relatives à la conservation post-récolte indiquent également une faible association avec la pollinisation. En effet, 90 % des agriculteurs ont déclaré ne pas observer de différence notable de conservation des oranges d'une année à l'autre, et 82 % n'ont pas établi de lien entre la conservation des fruits et les conditions initiales de leur formation (Figure 5). Ainsi, contrairement à la forme, au poids ou à la jutosité, la conservation après récolte n'est pas clairement perçue comme dépendante de la pollinisation par la majorité des répondants.

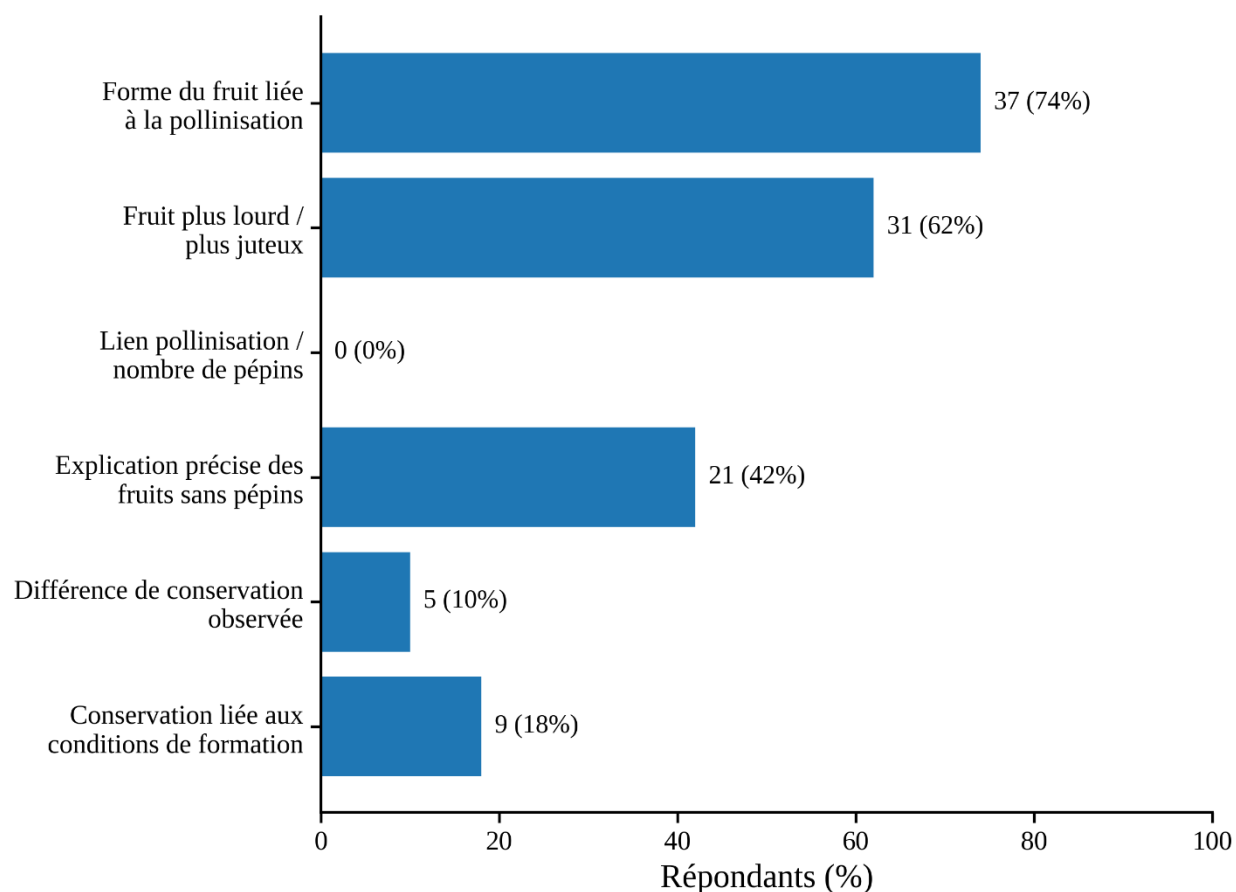


Figure 6. Effets perçus de la pollinisation sur les critères de qualité des oranges.

3.7. Contraintes limitant l'intégration des abeilles dans les vergers d'orangers

Les résultats de l'enquête montrent que l'intégration des abeilles dans les vergers d'orangers est globalement acceptée par les agriculteurs, mais qu'elle reste limitée par des contraintes principalement informationnelles et techniques. Le frein le plus fréquemment cité était le manque d'information, rapporté par 84 % des répondants, alors que le manque de temps n'a été mentionné que par 14 % des agriculteurs et l'absence de réponse précise par 2 % (Figure 6). Ce résultat indique que la principale limite à l'utilisation des ruches ne relève pas d'un rejet de cette pratique, mais plutôt d'un déficit d'encadrement, de vulgarisation et de recommandations pratiques adaptées aux vergers agrumicoles.

Le manque de formation spécialisée constitue une seconde contrainte majeure. En effet, 92 % des agriculteurs ont déclaré n'avoir jamais suivi de formation sur les pollinisateurs, contre seulement 8 % ayant bénéficié d'un encadrement dans ce domaine (Figure 6). Cette absence de

formation peut contribuer à expliquer certaines perceptions hétérogènes observées dans les sections précédentes, notamment concernant le rôle de la pollinisation dans la nouaison, la chute des jeunes fruits, la forme des oranges et le rendement. Ainsi, les connaissances des producteurs semblent reposer essentiellement sur l'expérience de terrain, sans accompagnement technique structuré.

À l'inverse, les contraintes sociales et pratiques directement liées à la présence des ruches apparaissent relativement limitées. La majorité des agriculteurs (86 %) n'a signalé aucun problème particulier associé aux ruches, comme les piqûres, la gêne dans les travaux agricoles ou le comportement des abeilles. De plus, 74 % des répondants ont considéré que la collaboration avec les apiculteurs était facile à mettre en place (Figure 6). Ces résultats montrent que les conditions d'acceptabilité sont favorables, mais que le développement de cette pratique nécessite une meilleure organisation entre agriculteurs et apiculteurs.

Les pratiques phytosanitaires représentent toutefois une contrainte importante pour la protection des pollinisateurs. La quasi-totalité des répondants (96 %) a reconnu que les pesticides pouvaient affecter la présence des abeilles dans les vergers (Figure 6). Cette perception traduit une conscience élevée du risque associé aux traitements chimiques, en particulier lorsque ceux-ci sont appliqués à proximité de la période de floraison. Toutefois, ce résultat doit être interprété comme une perception déclarée par les agriculteurs et non comme une mesure directe de l'impact des pesticides sur les populations d'abeilles.

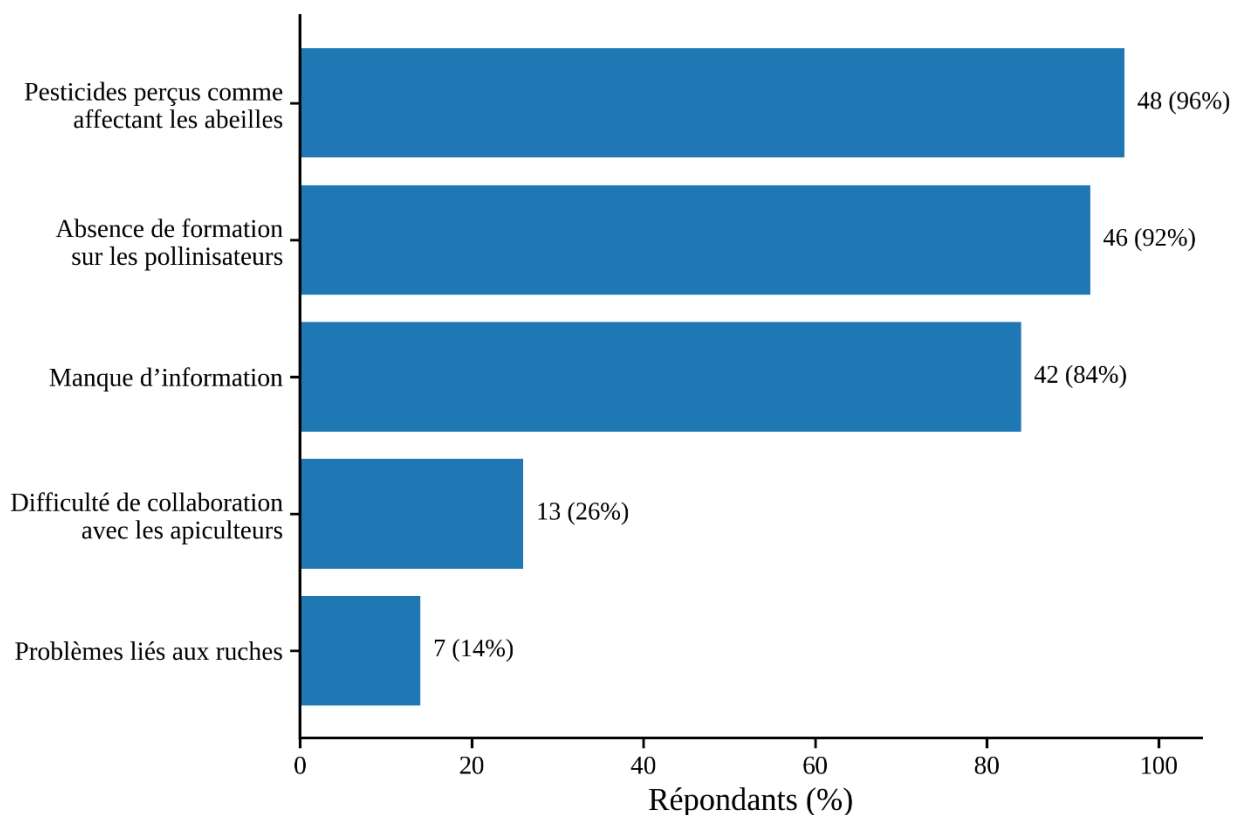


Figure 7. Contraintes limitant l'intégration des abeilles dans les vergers d'orangers.

3.8. Pratiques phytosanitaires et risques perçus pour les abeilles

Les résultats de l'enquête montrent que les agriculteurs enquêtés sont largement conscients du risque potentiel des pesticides pour les abeilles. En effet, **96 %** des répondants ont déclaré que les traitements phytosanitaires pouvaient affecter la présence des abeilles dans les vergers d'orangers, contre seulement **4 %** n'ayant pas établi ce lien (Tableau 6). Cette perception traduit une reconnaissance élevée de la vulnérabilité des pollinisateurs face aux produits chimiques utilisés en agriculture.

L'ensemble des agriculteurs interrogés (**100 %**) a également déclaré adapter les traitements phytosanitaires en fonction de la floraison, de la présence des abeilles ou de la période de pollinisation. Plus précisément, **82 %** des répondants ont indiqué tenir compte à la fois de la floraison et de la présence des abeilles, tandis que **12 %** ont répondu positivement sans précision supplémentaire. Les adaptations spécifiquement liées à la floraison (**4 %**) ou à la pollinisation (**2 %**) étaient moins fréquentes (Tableau 6). Ces résultats suggèrent une volonté générale de réduire

les risques pour les pollinisateurs, mais ils doivent être interprétés avec prudence, car l'enquête ne permet pas de préciser les modalités exactes d'adaptation, notamment les doses appliquées, les horaires de traitement, les matières actives utilisées ou le respect des délais de sécurité.

Malgré cette conscience du risque, les pratiques déclarées restent fortement dominées par la lutte chimique. L'**abamectine** était le produit le plus fréquemment cité, par **60 %** des agriculteurs, suivie par la **cyperméthrine (20 %)**, **Numection (18 %)** et **Methante (2 %)** (Tableau 6). Cette dépendance aux produits phytosanitaires conventionnels souligne un contraste important entre la perception du danger pour les abeilles et la réalité des pratiques de protection des vergers. Ainsi, même lorsque les agriculteurs reconnaissent l'effet potentiel des pesticides sur les pollinisateurs, la gestion des maladies et ravageurs demeure principalement fondée sur des interventions chimiques.

Les réponses relatives à la lutte biologique montrent une maîtrise encore limitée de cette approche. Plus de la moitié des répondants (**52 %**) n'a fourni aucune information précise sur les méthodes biologiques utilisées. Les pratiques citées concernaient le désherbage (**14 %**), l'élagage des branches malades (**14 %**), les pièges à phéromones contre la mouche des fruits (**10 %**) et les pièges à mouches (**10 %**) (Tableau 6). Ces réponses indiquent que la notion de lutte biologique est partiellement comprise et parfois confondue avec des pratiques culturales, prophylactiques ou mécaniques. Cette confusion révèle un besoin réel de clarification technique autour des alternatives biologiques aux pesticides.

La lutte intégrée apparaît également peu structurée dans les exploitations enquêtées. Comme pour la lutte biologique, **52 %** des agriculteurs n'ont donné aucune réponse précise. Les pratiques mentionnées incluaient l'arrosage régulier (**18 %**), l'élagage des branches malades (**16 %**), le labour du sol (**12 %**) et le désherbage (**2 %**) (Tableau 6). Ces résultats suggèrent que les principes de la lutte intégrée, qui reposent normalement sur la combinaison raisonnée de méthodes préventives, biologiques, culturales et chimiques, ne sont pas encore clairement maîtrisés par une proportion importante des producteurs.

Enfin, la totalité des agriculteurs (**100 %**) s'est déclarée prête à réduire l'usage des pesticides afin de mieux protéger les abeilles sauvages lorsqu'aucune ruche n'est installée dans le verger (Tableau 6). Ce résultat montre une attitude favorable à l'adoption de pratiques plus

respectueuses des pollinisateurs. Toutefois, cette volonté déclarée doit être accompagnée par des recommandations techniques précises afin d'éviter un décalage entre intention et pratique réelle.

Tableau 14 : Pratiques phytosanitaires et risques perçus pour les abeilles dans les vergers d'orangers.

Paramètre étudié	Modalité / réponse	Effectif	Pourcentage
Pesticides perçus comme affectant les abeilles	Oui	48	96%
	Non	2	4%
Adaptation des traitements selon les abeilles ou la floraison	Oui, selon la floraison et la présence des abeilles	41	82%
	Oui, sans précision	6	12%
	Oui, selon la floraison	2	4%
	Oui, selon la pollinisation	1	2%
Produits chimiques utilisés contre les maladies et ravageurs	Abamectine	30	60%
	Cyperméthrine	10	20%
	Numection	9	18%
	Methante	1	2%
Méthodes déclarées comme lutte biologique	Aucune information précise	26	52%
	Désherbage	7	14%
	Élagage des branches malades	7	14%
	Pièges à phéromones contre la mouche des fruits	5	10%
	Pièges à mouches	5	10%
Méthodes déclarées comme lutte intégrée	Aucune information précise	26	52%
	Arrosage régulier	9	18%
	Élagage des branches malades	8	16%
	Labour du sol	6	12%
	Désherbage	1	2%

Disposition à réduire les pesticides pour protéger les abeilles sauvages	Oui	50	100%
--	-----	----	------

3.9. Effets perçus du changement climatique sur la floraison, les abeilles et la production des oranges

Les résultats de l'enquête montrent que les agriculteurs perçoivent les manifestations locales du changement climatique comme une contrainte majeure pour la conduite des vergers d'orangers. La totalité des répondants (100 %) s'est déclarée inquiète de l'effet du changement climatique sur la floraison, ce qui traduit une forte sensibilité des producteurs aux perturbations climatiques affectant la phase reproductive de la culture (Figure 7).

Cette perception est cohérente avec les réponses relatives à la variabilité de la floraison. En effet, 100 % des agriculteurs ont décrit la floraison récente comme variable d'une année à l'autre, tandis que 86 % ont indiqué que les mauvaises conditions météorologiques, notamment la pluie, le vent fort ou le froid, pouvaient perturber la floraison (Figure 7). Ces résultats suggèrent que les producteurs associent l'irrégularité climatique à une instabilité phénologique des orangers, susceptible d'affecter la nouaison et, par conséquent, la performance productive des vergers.

Les contraintes hydriques apparaissent comme l'une des manifestations les plus fortement ressenties. Parmi les causes déclarées des mauvaises récoltes, le manque d'eau a été cité par 50 % des répondants, tandis que la sécheresse représentait 22 % des réponses. Ainsi, les facteurs directement liés au déficit hydrique regroupaient 72 % des causes perçues de mauvaises récoltes (Figure 7). Cette tendance montre que, pour les agriculteurs enquêtés, la disponibilité en eau constitue un déterminant central de la stabilité de la production d'oranges.

Les effets perçus des contraintes climatiques ne se limitent pas à la production végétale, mais concernent également les pollinisateurs. En effet, 72 % des agriculteurs ont déclaré avoir observé une diminution du nombre d'abeilles dans leurs champs au cours des dix dernières années. Les causes attribuées à cette diminution étaient principalement associées au manque d'eau et à la sécheresse, regroupés dans 76 % des réponses (Figure 7). Ces résultats indiquent que les agriculteurs associent les manifestations locales du changement climatique, en particulier le

déficit hydrique et l'irrégularité météorologique, à une double fragilisation du système agrumicole : perturbation de la floraison et raréfaction perçue des pollinisateurs.

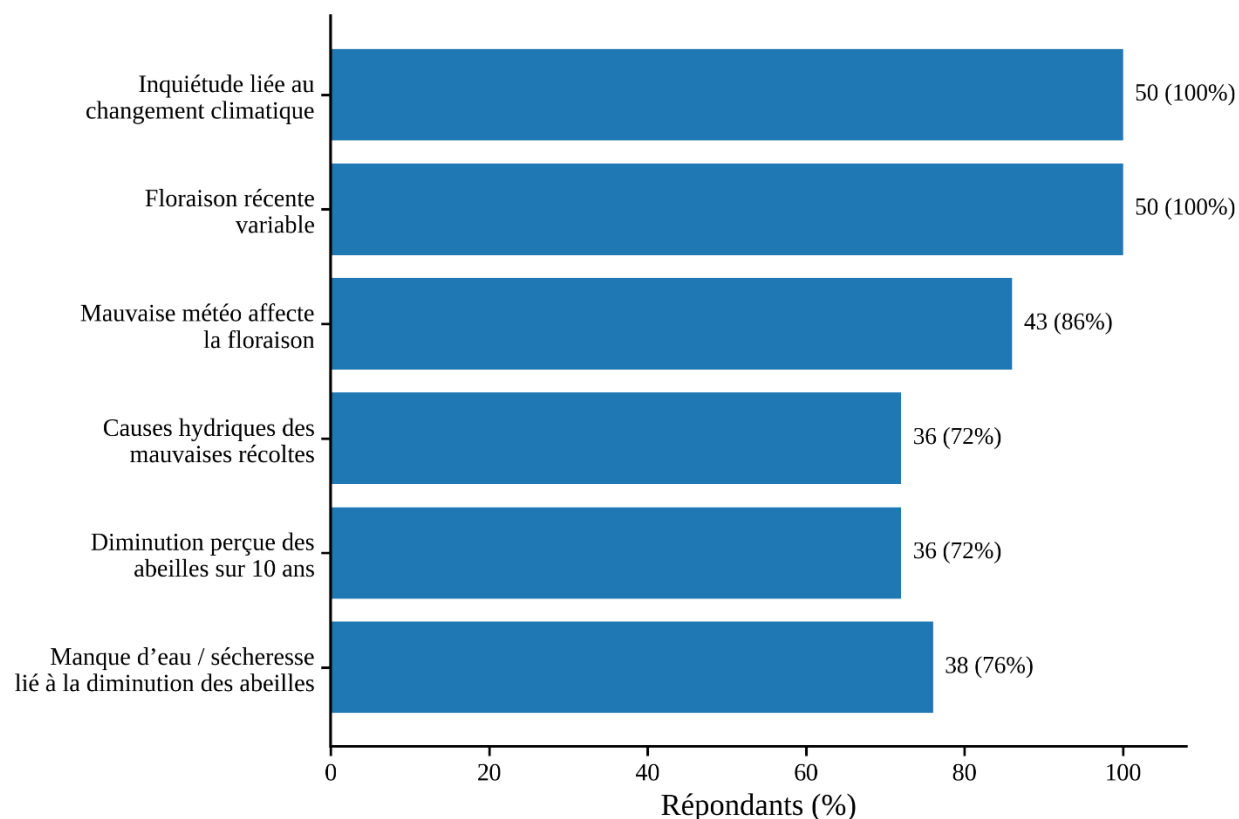


Figure 8. Effets perçus du changement climatique sur la floraison, les abeilles et la production des oranges.

3.10. Besoins en formation, sensibilisation et perspectives de valorisation

Les résultats de l'enquête mettent en évidence un besoin important d'accompagnement technique concernant la gestion des pollinisateurs dans les vergers d'orangers. En effet, 92 % des agriculteurs ont déclaré n'avoir jamais suivi de formation sur les pollinisateurs, contre seulement 8 % ayant bénéficié d'un encadrement dans ce domaine (Figure 8). Ce résultat indique que les connaissances relatives au rôle des abeilles, à la pollinisation des agrumes et à l'intégration des

ruches reposent principalement sur l'expérience pratique des producteurs, plutôt que sur une formation technique structurée.

Le déficit d'information apparaît comme l'un des principaux facteurs limitant l'adoption de pratiques favorables aux abeilles. Le manque d'information a été cité par 84 % des répondants comme principal frein à l'installation des ruches dans les vergers (Figure 8). Cette contrainte montre que le développement de la pollinisation assistée nécessite non seulement la disponibilité des ruches et des apiculteurs, mais aussi des recommandations pratiques sur la période d'installation, la densité des ruches, leur emplacement, leur durée de présence dans les vergers et les précautions à prendre pendant la floraison.

Malgré ce déficit de formation, l'attitude des agriculteurs envers la collaboration avec les apiculteurs était très favorable. La totalité des répondants (100 %) s'est déclarée prête à collaborer avec un apiculteur pour l'installation de ruches, et 74 % ont jugé cette collaboration facile à mettre en place (Figure 8). Ces résultats montrent que l'acceptabilité de cette pratique est élevée et que les conditions sociales sont favorables au développement de partenariats entre producteurs d'oranges et apiculteurs.

Les perspectives de protection des pollinisateurs apparaissent également positives. Tous les agriculteurs enquêtés (100 %) se sont déclarés prêts à réduire l'utilisation des pesticides afin de mieux protéger les abeilles sauvages lorsqu'aucune ruche n'est installée dans le verger (Figure 8). Cette disposition traduit une ouverture vers des pratiques phytosanitaires plus compatibles avec la conservation des pollinisateurs. Toutefois, cette volonté déclarée doit être accompagnée par des recommandations techniques précises afin de favoriser son application réelle sur le terrain, notamment en ce qui concerne le choix des produits, les périodes de traitement, les doses appliquées et l'évitement des interventions chimiques pendant la floraison.

Enfin, la valorisation commerciale des pratiques favorables aux pollinisateurs a été unanimement acceptée. La totalité des répondants (100 %) s'est déclarée favorable à la mise en place d'un label ou d'une valorisation de type "favorable aux pollinisateurs" (Figure 8). Ce résultat suggère que les agriculteurs perçoivent la protection des abeilles non seulement comme un enjeu écologique et agronomique, mais aussi comme une opportunité de différenciation commerciale et de valorisation de leur production.

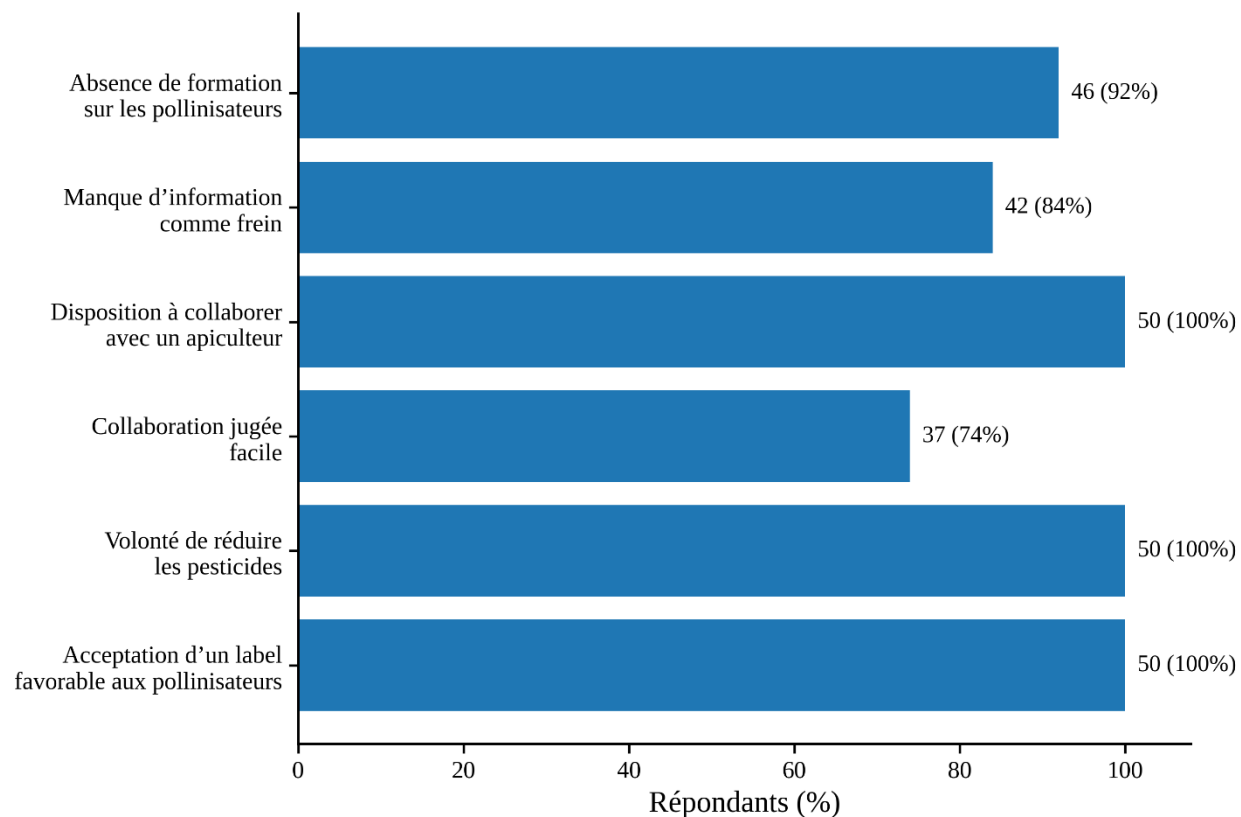


Figure 9. Besoins en formation et perspectives de valorisation des pratiques favorables aux pollinisateurs.

4. Discussion

La présente enquête met en évidence une interaction étroite entre la culture des orangers, l'activité des abeilles, l'intégration de l'apiculture et l'utilisation des intrants chimiques. Les résultats montrent que les agriculteurs reconnaissent unanimement le rôle écologique des abeilles, puisque la totalité des répondants a identifié la pollinisation comme leur fonction principale et a déclaré observer des abeilles dans les vergers, principalement durant la période de floraison, en mars-avril. Cette concordance temporelle entre la floraison des orangers et l'activité des abeilles est cohérente avec les travaux montrant que les pollinisateurs jouent un rôle déterminant dans de nombreux systèmes fruitiers, y compris les agrumes (Klein et al., 2007 ; Potts et al., 2010 ; IPBES, 2016 ; Khalifa et al., 2021 ; Monasterolo et al., 2024).

Chez les agrumes, l'intérêt agronomique de la pollinisation animale est particulièrement important. Monasterolo et al. (2024) ont montré que les fleurs pollinisées présentaient une

probabilité de nouaison plus élevée que les fleurs non pollinisées et que la pollinisation animale pouvait contribuer à une part importante du rendement des Citrus. De même, Vanlalhmangaiha et al. (2023) ont rapporté que la pollinisation entomophile pouvait améliorer les caractéristiques quantitatives et qualitatives de l'orange douce. Ces résultats renforcent l'intérêt des observations recueillies dans notre enquête, où les producteurs associent clairement la présence des abeilles à la période de floraison, même si la compréhension des mécanismes précis de la pollinisation reste variable.

Dans notre étude, les abeilles domestiques étaient les plus fréquemment observées dans les vergers, avec 84 % des réponses. Cette prédominance traduit une forte visibilité de l'abeille domestique dans les exploitations agrumicoles, probablement en lien avec la présence de ruches installées ou de colonies situées à proximité des vergers. Toutefois, la présence d'autres insectes butineurs, rapportée par 94 % des agriculteurs, montre que la pollinisation des orangers ne repose pas uniquement sur l'abeille domestique. Cette observation rejoint les travaux soulignant la complémentarité entre abeilles domestiques et pollinisateurs sauvages dans les systèmes agricoles, où la diversité des insectes floricoles peut renforcer la stabilité du service de pollinisation (Garibaldi et al., 2013 ; Reilly et al., 2020 ; Mallinger et al., 2021). Ainsi, même si l'abeille domestique reste l'espèce la plus facilement reconnue par les agriculteurs, la conservation d'une diversité de pollinisateurs demeure essentielle pour la durabilité des vergers.

L'un des résultats majeurs de cette enquête est le décalage entre la reconnaissance générale du rôle des abeilles et la compréhension précise des mécanismes de pollinisation. Les agriculteurs reconnaissent largement l'importance des abeilles, mais leurs réponses montrent une connaissance hétérogène des liens entre pollinisation, nouaison, chute des jeunes fruits, forme du fruit et rendement. Ainsi, 74 % des répondants ont estimé que la forme du fruit pouvait être liée à la qualité de la pollinisation, et 62 % ont déclaré qu'une orange issue d'une fleur bien pollinisée pouvait être plus lourde ou plus juteuse. En revanche, 78 % ont considéré que la fleur d'oranger n'avait pas besoin d'un facteur particulier pour devenir un fruit, et 82 % ont estimé que le vent pouvait suffire à assurer une bonne pollinisation. Ces résultats indiquent que les effets visibles de la pollinisation sont relativement bien perçus, alors que les processus biologiques plus fins, tels que la fécondation, la nouaison, la formation des graines ou la parthénocarpie, restent moins bien maîtrisés. Cette situation est cohérente avec les synthèses récentes indiquant que la contribution

des pollinisateurs est souvent mieux reconnue pour le rendement que pour les composantes qualitatives du fruit, alors que la pollinisation peut également influencer certains critères de qualité commerciale et nutritionnelle (Smith et al., 2022 ; Gazzea et al., 2023).

L'intégration des ruches dans les vergers constitue un autre élément central de la relation entre apiculture et agrumiculture. Dans notre enquête, 74 % des agriculteurs ont déclaré avoir déjà installé ou fait installer des ruches dans leurs vergers. De plus, 100 % se sont déclarés prêts à collaborer avec des apiculteurs, et 74 % ont jugé cette collaboration facile à mettre en place. Ces résultats montrent que l'acceptabilité sociale et professionnelle de l'apiculture dans les vergers d'orangers est élevée. Cette disposition favorable est importante, car l'apiculture peut représenter un levier de renforcement du service de pollinisation, en particulier dans les paysages agricoles où les pollinisateurs sauvages sont soumis à plusieurs pressions simultanées, notamment la perte d'habitats, les pesticides, les maladies et le changement climatique (Potts et al., 2010 ; Oddie et al., 2024 ; Kline et al., 2024).

Cependant, l'effet agronomique des ruches reste peu quantifié par les producteurs. La majorité des répondants n'a pas observé de différence claire entre les années avec ruches et les années sans ruches concernant la quantité récoltée, le calibre, la forme, l'homogénéité ou la précocité des fruits. Cette absence d'effet clairement perçu ne signifie pas nécessairement que les ruches sont inefficaces, mais plutôt que leur impact n'est pas évalué par des méthodes objectives au niveau des exploitations. En effet, 78 % des agriculteurs n'avaient jamais essayé de compter le nombre de fruits noués sur une branche avant la chute naturelle, avec ou sans ruches. De même, les comparaisons entre parcelles proches et éloignées des ruches restaient peu systématiques. Cette limite rejoint les recommandations relatives à la gestion intégrée des ravageurs et des pollinisateurs, qui insistent sur la nécessité de relier les pratiques de pollinisation à des indicateurs mesurables de rendement, de qualité et de bénéfice économique (Leach et al., 2022 ; Phan et al., 2025 ; Leach et Kaplan, 2026). Dans le cas des orangers, des indicateurs simples pourraient être utilisés : nombre de fleurs par rameau, taux de nouaison, nombre de fruits retenus après la chute physiologique, rendement par arbre, calibre moyen, poids du fruit et teneur en jus.

Les résultats montrent également que les contraintes climatiques influencent fortement la relation entre orangers et pollinisateurs. La totalité des agriculteurs s'est déclarée inquiète de l'effet du changement climatique sur la floraison, et tous ont décrit la floraison récente comme variable.

Les contraintes hydriques étaient particulièrement importantes : le manque d'eau et la sécheresse représentaient ensemble 72 % des causes déclarées de mauvaises récoltes. En parallèle, 72 % des répondants ont observé une diminution du nombre d'abeilles au cours des dix dernières années, principalement attribuée au manque d'eau et à la sécheresse. Ces résultats suggèrent que les agriculteurs associent les manifestations locales du changement climatique à une double fragilisation du système agrumicole : instabilité de la floraison et raréfaction perçue des pollinisateurs. Cette interprétation est cohérente avec les travaux récents montrant que le réchauffement, les changements de précipitations et les stress hydriques peuvent modifier la phénologie florale, la disponibilité des ressources pour les abeilles et les interactions plantes–pollinisateurs (Rahimi et al., 2024 ; Alquichire-Rojas et al., 2024 ; Quaresma et al., 2025). Les cultures fruitières sont particulièrement sensibles à ces perturbations, car les variations de température et de disponibilité en eau peuvent affecter la floraison, la nouaison, le rendement et la qualité des fruits (Bacelar et al., 2024 ; Raju et al., 2024).

Cette dimension climatique est particulièrement importante dans les contextes méditerranéens et nord-africains, où la production fruitière est fortement dépendante de la disponibilité en eau et de la régularité des conditions de floraison. Dans le cas des vergers d'orangers enquêtés, les producteurs ont clairement identifié le déficit hydrique comme une contrainte majeure de production. Cette perception est cohérente avec les caractéristiques des systèmes agrumicoles soumis à des épisodes de sécheresse, à l'irrégularité des pluies et à l'augmentation des besoins d'irrigation. Ainsi, la durabilité de la culture des agrumes ne dépend pas uniquement de la gestion des abeilles ou des intrants chimiques, mais également de la capacité des producteurs à adapter l'irrigation, à protéger la floraison et à maintenir des ressources florales suffisantes pour les pollinisateurs.

Dans ce contexte, l'utilisation des intrants chimiques constitue un facteur supplémentaire de tension entre production agricole et protection des abeilles. Dans notre étude, 96 % des agriculteurs ont reconnu que les pesticides pouvaient affecter la présence des abeilles. Cette perception est cohérente avec les travaux récents montrant que les abeilles peuvent être exposées aux pesticides dans les paysages agricoles, notamment à travers le pollen, le nectar, la cire et le miel (Hisamoto et al., 2024 ; Nassar et al., 2024 ; Ozols et al., 2024). Hisamoto et al. (2024) ont montré que la structure du paysage entourant les colonies influence fortement la présence de

résidus de pesticides dans les matériaux de la ruche, avec des niveaux d'exposition plus élevés dans les zones agricoles, notamment les vergers. Nicholson et al. (2024) ont également montré que les pesticides présents dans le pollen collecté par les bourdons étaient associés à une réduction des performances des colonies pendant la floraison des cultures. Ces données confirment que la période de floraison constitue une phase critique, car elle correspond à la fois à une forte activité des pollinisateurs et à une période où les traitements phytosanitaires peuvent présenter un risque élevé.

Malgré cette conscience du risque, les pratiques phytosanitaires déclarées dans notre enquête restent dominées par la lutte chimique. L'abamectine était le produit le plus cité, par 60 % des agriculteurs, suivie par la cyperméthrine, Numection et Methante. Ce résultat révèle un contraste important : les producteurs reconnaissent les effets potentiellement négatifs des pesticides sur les abeilles, mais restent dépendants des produits chimiques pour la gestion des maladies et ravageurs. Cette situation est fréquente dans les systèmes agricoles intensifs ou semi-intensifs, où les producteurs doivent concilier protection du rendement, pression parasitaire et maintien des services écosystémiques. Les travaux récents montrent que certains insecticides ou mélanges d'insecticides peuvent induire des effets toxiques sur les abeilles, en particulier lorsque l'exposition est répétée ou combinée à d'autres stress environnementaux (Chen et al., 2024 ; Guzman et al., 2024 ; Nicholson et al., 2024). Ainsi, le recours aux intrants chimiques doit être analysé non seulement sous l'angle de l'efficacité contre les ravageurs, mais aussi sous celui de la compatibilité avec les pollinisateurs.

L'ensemble des agriculteurs interrogés a déclaré adapter les traitements phytosanitaires selon la floraison, la présence des abeilles ou la période de pollinisation. Ce résultat traduit une volonté de limiter les risques pour les pollinisateurs. Toutefois, il doit être interprété avec prudence, car l'enquête ne permet pas de vérifier les modalités exactes de cette adaptation : horaires de traitement, doses appliquées, choix des matières actives, délai entre traitement et introduction des ruches, conditions météorologiques au moment de l'application ou niveau de communication avec les apiculteurs. Or, la protection effective des abeilles dépend précisément de ces paramètres techniques. Une simple déclaration d'adaptation ne suffit donc pas à garantir une réduction réelle de l'exposition des pollinisateurs. Phan et al. (2025) insistent sur la nécessité

d'intégrer l'usage des pesticides dans un cadre de gestion conjointe des ravageurs et des pollinisateurs, afin de protéger les cultures tout en limitant les effets sur la santé des abeilles.

Les réponses relatives à la lutte biologique et à la lutte intégrée indiquent également un besoin important de clarification. Plus de la moitié des agriculteurs n'a fourni aucune information précise sur ces pratiques. De plus, certaines réponses citées comme lutte biologique ou lutte intégrée correspondaient plutôt à des pratiques culturales ou prophylactiques, telles que le désherbage, l'élagage, le labour ou l'arrosage. Cette confusion montre que les concepts de lutte biologique, de lutte intégrée et de protection agroécologique ne sont pas encore clairement maîtrisés par une partie importante des producteurs. Or, la gestion intégrée des ravageurs repose normalement sur la surveillance des bioagresseurs, l'utilisation de seuils d'intervention, la prévention, les méthodes biologiques ou culturales et le recours raisonné aux pesticides lorsque cela est nécessaire (Zhou et al., 2024 ; Phan et al., 2025). L'approche plus récente de gestion intégrée des ravageurs et des pollinisateurs vise précisément à concilier contrôle des bioagresseurs, conservation des insectes utiles, rendement agricole et qualité commerciale (Leach et Kaplan, 2026).

Dans les vergers d'orangers, une stratégie plus durable devrait donc reposer sur une approche intégrée. Celle-ci ne consiste pas à supprimer toute protection phytosanitaire, mais à réduire les traitements inutiles, éviter les applications pendant la pleine floraison, choisir des produits moins toxiques pour les pollinisateurs, respecter les doses et les délais de sécurité, maintenir des ressources florales non contaminées, surveiller les ravageurs avant intervention et renforcer la communication entre agriculteurs et apiculteurs. Cette logique permettrait de concilier deux objectifs souvent présentés comme opposés : protéger les fruits contre les bioagresseurs et préserver les services de pollinisation. Elle s'inscrit dans les recommandations actuelles en faveur d'une agriculture moins dépendante des pesticides et davantage fondée sur la gestion écologique des interactions entre cultures, ravageurs et auxiliaires (Zhou et al., 2024 ; Phan et al., 2025 ; Leach et Kaplan, 2026).

Les résultats de l'enquête montrent cependant une dynamique positive. Tous les agriculteurs se sont déclarés prêts à réduire l'utilisation des pesticides afin de protéger les abeilles sauvages lorsqu'aucune ruche n'est installée dans le verger. De plus, 100 % des répondants étaient favorables à une valorisation de type label "favorable aux pollinisateurs". Cette adhésion montre

que la protection des abeilles peut être perçue non seulement comme un enjeu écologique et agronomique, mais aussi comme une opportunité de différenciation commerciale. Un tel label pourrait encourager l'adoption de pratiques vérifiables, telles que l'évitement des traitements pendant la floraison, la formation des agriculteurs, la collaboration avec les apiculteurs, le suivi des ruches, la réduction des produits à risque et la conservation d'habitats favorables aux pollinisateurs. Les travaux sur la conservation des abeilles et la restauration des habitats soulignent d'ailleurs que la protection des ressources florales, la réduction des pressions chimiques et l'amélioration des habitats agricoles sont essentielles pour soutenir les pollinisateurs en milieu cultivé (Oddie et al., 2024 ; Kline et al., 2024).

Toutefois, cette transition reste limitée par un déficit majeur de formation et d'information. Dans notre enquête, 92 % des agriculteurs n'avaient jamais suivi de formation sur les pollinisateurs, et 84 % ont identifié le manque d'information comme le principal frein à l'installation des ruches. Ces résultats indiquent que la contrainte principale n'est pas le refus des agriculteurs, mais l'absence d'un accompagnement technique structuré. Les formations devraient porter sur la biologie de la pollinisation des agrumes, la période optimale d'installation des ruches, la densité adaptée de ruches par hectare, la distance ruches-verger, la durée de présence des ruches, les précautions phytosanitaires pendant la floraison et les méthodes simples d'évaluation de l'effet des abeilles sur la nouaison et le rendement. Une telle démarche permettrait de transformer les perceptions positives des producteurs en pratiques mesurables et reproductibles.

Cette étude présente néanmoins certaines limites. Les résultats sont fondés sur les déclarations des agriculteurs et reflètent donc des perceptions de terrain, et non des mesures expérimentales directes. L'enquête n'a pas mesuré le taux réel de visite des fleurs par les abeilles, la diversité exacte des pollinisateurs, les résidus de pesticides dans le pollen ou le nectar, ni le rendement expérimental avec et sans ruches. De plus, les effets des intrants chimiques ont été évalués à partir des perceptions des producteurs et non par des analyses toxicologiques ou écotoxicologiques. Ces limites ne diminuent pas l'intérêt des résultats, mais elles indiquent la nécessité de compléter l'enquête par des mesures de terrain : suivi des visites florales, estimation du taux de nouaison, comparaison de parcelles avec et sans ruches, analyse des résidus de pesticides et évaluation des performances économiques des pratiques favorables aux pollinisateurs.

En définitive, cette enquête montre que les systèmes agrumicoles étudiés se situent à l'interface de trois enjeux majeurs : produire des oranges de qualité, protéger les vergers contre les bioagresseurs et préserver les services de pollinisation assurés par les abeilles. Les agriculteurs reconnaissent l'importance des abeilles et se montrent favorables à la collaboration avec les apiculteurs, mais leurs pratiques restent marquées par une dépendance aux intrants chimiques et par un manque de suivi objectif de l'effet des ruches. La durabilité de la culture des agrumes dépendra donc de la capacité à construire un modèle intégré associant apiculture, gestion raisonnée des intrants, adaptation climatique, formation technique et valorisation des pratiques favorables aux pollinisateurs

Conclusion

Conclusion

En conclusion, la pollinisation constitue un facteur déterminant dans la production des agrumes dans la région de Mostaganem. Elle intervient de manière cruciale dans le processus de pollinisation des fleurs, ayant un impact direct sur la question de la fructification, la productivité et divers aspects qualitatifs des fruits tels que leurs dimensions, leur masse et leur uniformité.

L'enquête a été conduite grâce à une étude de terrain réalisée auprès des cultivateurs de la région, ainsi que par l'examen descriptif des méthodes agricoles et de la compréhension du rôle des pollinisateurs dans les vergers d'agrumes. Le but principal était de déterminer l'importance de la pollinisation, d'analyser son effet sur la production d'agrumes et de souligner les contraintes majeures qui entravent son efficacité.

. ce qui concerne les pollinisateurs, les observations indiquent que l'espèce domestique *Apis mellifera* est le principal acteur de la pollinisation dans les vergers analysés. Les agriculteurs, en particulier pour ce qui est d'améliorer le rendement et la qualité des fruits, notent aussi une réduction graduelle des populations de pollinisateurs, le recours aux pesticides est l'un des obstacles majeurs qui entravent l'action des pollinisateurs. De plus, une coordination insuffisante entre les producteurs agricoles et les apiculteurs freine parfois l'amélioration du service de pollinisation en verger. Ces facteurs indiquent que l'efficacité de la pollinisation est fortement liée aux méthodes employées.

de gestion mises en œuvre au sein des exploitations. Ces facteurs indiquent que l'efficacité de la pollinisation est largement conditionnée par les méthodes de gestion mises en œuvre au sein des exploitations. De plus, les résultats soulignent que les bénéfices de la pollinisation ne se réduisent pas seulement à l'augmentation de la productivité, mais incluent également l'amélioration de la qualité de marché des agrumes. Cela met en évidence son importance économique pour l'industrie locale des agrumes.

Au regard de ces observations, il est devenu essentiel de soutenir des méthodes agricoles bénéfiques pour les pollinisateurs. On suggère principalement de diminuer l'utilisation abusive de produits phytosanitaires, d'intensifier la coopération entre agriculteurs et apiculteurs, et de promouvoir l'élaboration de stratégies de conservation de la biodiversité dans les agroécosystèmes.

Finalement, même si cette recherche a des contraintes liées à l'ampleur des exploitations examinées et à son approche principalement descriptive, elle souligne l'indispensabilité de la pollinisation pour la pérennité de la production agricole à Mostaganem. Cela offre également des opportunités pour de futures études sur l'évaluation quantitative de l'impact des divers pollinisateurs et l'amélioration des techniques agricoles qui font ressortir leur efficacité.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

Agustí, M., Reig, C., Martínez-Fuentes, A., & Mesejo, C. (2022). Advances in citrus flowering: A review. *Frontiers in Plant Science*, 13, 868831. doi:10.3389/fpls.2022.868831.

Alquichire-Rojas, S. A., Escobedo, V. M., & González-Teuber, M. G. (2024). Impacts of increased temperatures on floral rewards and pollinator interactions: A meta-analysis. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1448070. doi:10.3389/fpls.2024.1448070.

Ali-Arous, S., Labdaoui, Z. E., Benelhadj-Djelloul, M., & Djelouah, K. (2024). Influence of different citrus cropping systems on insect diversity in the northern west of Algeria. *Arab Journal of Plant Protection*, 42(4), 406–418. doi:10.22268/AJPP-001263.

Ali-Arous, S., Labdaoui, Z. E., Benelhadj-Djelloul, M., & Djelouah, K. (2024). Influence of different citrus cropping systems on insect diversity in the northern west of Algeria. *Arab Journal of Plant Protection*, 42(4), 406–418. doi:10.22268/AJPP-001263.

Ali-Arous, S., Meziane, M., Benturquia, A. N., & Djelouah, K. (2024). Diversity of citrus tristeza virus strains in Chlef Valley (Algeria). *AGROFOR International Journal*, 9(1), 101–107.

B

Bacelar, E. (2024). Impacts of climate change and mitigation strategies for some fruit crops. *Plants*, 13(14), 1942. doi:10.3390/plants13141942.

Bennici, S., Poles, L., Krueger, R., Ramadugu, C., & Dardick, C. (2024). The origin and the genetic regulation of the self-compatibility mechanism in clementine (*Citrus clementina* Hort. ex Tan.). *Frontiers in Plant Science*, 15, 1360087. doi:10.3389/fpls.2024.1360087.

Bennici, S., Poles, L., Krueger, R., Ramadugu, C., & Dardick, C. (2024). The origin and the genetic regulation of the self-compatibility mechanism in clementine (*Citrus clementina* Hort. ex Tan.). *Frontiers in Plant Science*, 1360087. doi:10.3389/fpls.2024.1360087.

C

Chen, X., Wang, F., Guo, H., Liu, X., Wu, S., Lv, L., & Tang, T. (2024). Uncovering hidden dangers: The combined toxicity of abamectin and lambda-cyhalothrin on honey bees. *Science of the Total Environment*, 933, 173126. doi:10.1016/j.scitotenv.2024.173126.

D

Dicks, L. V., Breeze, T. D., Ngo, H. T., Senapathi, D., An, J., Aizen, M. A., et al. (2021). A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline. *Nature Ecology & Evolution*, 5(10), 1453–1461. doi:10.1038/s41559-021-01534-9.

Direction des Services Agricoles de Mostaganem. (2024). Données de superficie et de production des agrumes, campagne agricole 2023/2024. DSA Mostaganem.

G

Garibaldi, L. A., et al. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127), 1608–1611. doi:10.1126/science.1230200.

Gazzea, E., Batáry, P., & Marini, L. (2023). Global meta-analysis shows reduced quality of food crops under inadequate animal pollination. *Nature Communications*, 14, 4463. doi:10.1038/s41467-023-40231-y.

Guo, H., Zheng, Y. J., Wu, D. T., Du, X., Gao, H., Ayyash, M., et al. (2023). Quality evaluation of citrus varieties based on phytochemical profiles and nutritional properties. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1165841. doi:10.3389/fnut.2023.1165841.

Guo, H., Zheng, Y. J., Wu, D. T., Du, X., Gao, H., Ayyash, M., et al. (2023). Quality evaluation of citrus varieties based on phytochemical profiles and nutritional properties. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1165841. doi:10.3389/fnut.2023.1165841.

Guzman, L. M., Elle, E., Morandin, L., Cobb, N. S., Chesshire, P. R., et al. (2024). Impact of pesticide use on wild bee distributions across the United States. *Nature Sustainability*, 7, 1324–1334. doi:10.1038/s41893-024-01413-8.

H

Hisamoto, S., Ikegami, M., Goka, K., & Sakamoto, Y. (2024). The impact of landscape structure on pesticide exposure to honey bees. *Nature Communications*, 15, 8999. doi:10.1038/s41467-024-52421-3.

Honsho, C. (2023). Self-incompatibility related to seedless fruit production in citrus plants. *The Horticulture Journal*, 92(1), 1–12. doi:10.2503/hortj.QH-R001.

Honsho, C. (2023). Self-incompatibility related to seedless fruit production in citrus plants. *The Horticulture Journal*, 92(1), 1–12. doi:10.2503/hortj.QH-R001.

Hu, Y., Lu, N., Bao, K., Liu, S., Li, R., & Huang, G. (2025). Swords and shields: The war between *Candidatus Liberibacter asiaticus* and citrus. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1518880. doi:10.3389/fpls.2024.1518880.

I

IPBES. (2016). *The assessment report of pollinators, pollination and food production*. Bonn, Germany.

INESG, (2025) Institut National d'Études de Stratégie Globale

K

Kazi-Tani, L. M. (2024). Citrus production conditions in Algeria: Drought and irrigation issues. Springer Nature. doi:10.1007/978-3-031-63793-3_4.

Kazi-Tani, L. M. (2024). Citrus production conditions in Algeria: Drought and irrigation issues. Springer Nature. doi:10.1007/978-3-031-63793-3_4.

Khalifa, S. A. M., et al. (2021). Overview of bee pollination and its economic value for crop production. *Insects*, 12(8), 688. doi:10.3390/insects12080688.

Klein, A. M., et al. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B*, 274, 303–313. doi:10.1098/rspb.2006.3721.

Kline, O., & Joshi, N. K. (2024). Current trends in bee conservation and habitat restoration. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 12, 1401233. doi:10.3389/fevo.2024.1401233.

L

Leach, A., Pecenka, J. R., & Kaplan, I. (2022). Does IPPM bear fruit? *Journal of Applied Ecology*, 59, 2993–3002. doi:10.1111/1365-2664.14294.

Leach, A., & Kaplan, I. (2026). Four challenges to integrated pest and pollinator management. *Journal of Integrated Pest Management*, 17(1), pmag006. doi:10.1093/jipm/pmag006.

Liu, S., Lou, Y., Li, Y., Zhang, J., Li, P., Yang, B., & Gu, Q. (2022). Review of phytochemical and nutritional characteristics of Citrus fruits. *Frontiers in Nutrition*, 9, 968604. doi:10.3389/fnut.2022.968604.

Lundin, O., et al. (2021). Integrated pest and pollinator management. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 19(5), 283–291. doi:10.1002/fee.2325.

M

Mallinger, R. E., et al. (2021). Importance of insect pollinators for Florida agriculture. *Florida Entomologist*, 104(3), 222–229. doi:10.1653/024.104.0312.

Merzoug, A., Boualem, M., & Haffari, F. (2022). Wildlife parasitoids of citrus pest in Mostaganem, Algeria. *Chemistry Proceedings*, 10(1), 41. doi:10.3390/IOCAG2022-12229.

Merzoug, A., Boualem, M., & Haffari, F. (2022). Wildlife parasitoids of citrus pest in Mostaganem, Algeria. *Chemistry Proceedings*, 10(1), 41. doi:10.3390/IOCAG2022-12229.

Monasterolo, M., Ramírez-Mejía, A. F., Cavigliasso, P., Schliserman, P., Chavanne, V., et al. (2024). Animal pollination contributes to more than half of citrus production. *Scientific Reports*, 14, 22309. doi:10.1038/s41598-024-73591-6.

Monasterolo, M., Ramírez-Mejía, A. F., Cavigliasso, P., Schliserman, P., Chavanne, V., et al. (2024). Animal pollination contributes to more than half of citrus production. *Scientific Reports*, 14, 22309. doi:10.1038/s41598-024-73591-6.

Montalt, R., et al. (2021). Parthenocarpy and self-incompatibility in mandarins. *Agronomy*, 11(10), 2023. doi:10.3390/agronomy11102023.

Montalt, R., et al. (2021). Parthenocarpy and self-incompatibility in mandarins. *Agronomy*, 11(10), 2023. doi:10.3390/agronomy11102023.

Moyo, P., et al. (2025). Citrus black spot symptoms. *Plant–Environment Interactions*, 6, e70031. doi:10.1002/pei3.70031.

MIA , (2024) . Ministère de l'Intérieur algérien.

N

Nassar, A. M. K., et al. (2024). Pesticide residues in beehive products. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196, 297. doi:10.1007/s10661-024-12451-2.

Nicholson, C. C., et al. (2024). Pesticide use affects bumble bees. *Nature*, 628, 355–358. doi:10.1038/s41586-023-06773-3.

Nurdiansyah, M. A., et al. (2024). Meliponiculture and pollination efficacy. *PeerJ*, 12, e17655. doi:10.7717/peerj.17655.

Nurdiansyah, M. A., et al. (2024). Meliponiculture and pollination efficacy. *PeerJ*, 12, e17655. doi:10.7717/peerj.17655.

O

Oddie, M. A. Y. (2024). Threats affecting managed and wild bees. *Frontiers in Bee Science*, 2, 1305679. doi:10.3389/frbee.2024.1305679.

Ozols, N., et al. (2024). Pesticide contamination in pollen. *Toxics*, 12(12), 862. doi:10.3390/toxics12120862.

Openedition 2019 . <https://journals.openedition.org/physio-geo/7675>

P

Phan, N. T., et al. (2025). Pesticide use in IPPM. *Pest Management Science*, 81(4), 1691–1696. doi:10.1002/ps.8582.

Potts, S. G., et al. (2010). Global pollinator declines. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345–353. doi:10.1016/j.tree.2010.01.007.

R

Rahimi, E., & Jung, C. (2024). Climate suitability of bees. *Insects*, 15(2), 127. doi:10.3390/insects15020127.

Reilly, J. R., et al. (2020). Pollinator limitation in crops. *Proceedings of the Royal Society B*, 287, 20200922. doi:10.1098/rspb.2020.0922.

S

Saini, R. K., et al. (2022). Bioactive compounds of citrus fruits. *Antioxidants*, 11(2), 239. doi:10.3390/antiox11020239.

Shang, P., Xu, L., & Cheng, T. (2024). Citrus tristeza virus review. *Microorganisms*, 12(8), 1539. doi:10.3390/microorganisms12081539.

Smith, M. R., et al. (2022). Pollinator deficits and health. *Environmental Health Perspectives*, 130(12), 127003. doi:10.1289/EHP10947.

T

Tardivo, C., et al. (2025). Citrus infection control strategies. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1671217. doi:10.3389/fpls.2025.1671217.

U

United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. (2026). *Citrus: World markets and trade*. USDA/FAS.

V

Vanlalmangaiha, R., et al. (2023). Impact of insect pollination on sweet orange. *Journal of Apicultural Research*, 62(4), 767–776. doi:10.1080/00218839.2021.2013401.

W

World Citrus Organisation. (2025). *Northern Hemisphere Citrus Forecast 2025/2026*.

Wu, G. A., et al. (2018). Genomics of Citrus evolution. *Nature*, 554(7692), 311–316. doi:10.1038/nature25447.

Z

Zhou, W., Arcot, Y., Medina, R. F., Bernal, J., Cisneros-Zevallos, L., & Akbulut, M. E. S. (2024). Integrated pest management. *ACS Omega*, 9, 41130–41147. doi:10.1021/acsomega.4c06628.

