



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique
Université de TISSEMSILT
Institut des Sciences de la nature et de la vie
Département des sciences agronomiques de forestiers et
d'environnement



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master académique en Production animale

Filière: sciences agronomiques

Spécialité: production animal

Thème:

Les abeilles à l'épreuve des changements climatiques en Algérie

Présenté par: **Zekouda Mohammed Akram**

Abrous Rachid

Soutenu le: 30/06/2025

Devant le Jury :

Miliani kadour	Président	M.A.A.	Univ-Tissemsilt
Ben zohra Mohamed Nadjib	Encadrant	M.C.B.	Univ-Tissemsilt
Fellah Sahnoun	Co-encadrant	M.C.A.	Univ-Tissemsilt
Guemou Laid	Examineur	M.C.A.	Univ-Tissemsilt

Année universitaire: 2024-2025

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre recherche et qui nous ont aidés lors de la rédaction de ce mémoire.

Nous voudrions dans un premier temps remercier, notre encadreur **BENZOHRA MOHAMED NADJIB**, et tous les enseignants du Département des Sciences agronomiques de forestiers et de environnement de l'université de Tissemsilt, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion

Merci à tous

Dédicaces

Nous dédions ce travail

A nos familles, qui nous ont transmis des valeurs solides et une éducation digne, leur amour et leur soutien inconditionnels ont fait

de nous ce que nous sommes aujourd'hui.

Particulièrement à nos pères et mères, pour le goût à l'effort qu'ils

ont su nous inculquer au fil des années.

A vous nos frères qui nous ont toujours soutenus et encouragés

durant ces années d'études.

Mohammed Akram, Rachid

الملخص:

تستكشف هذه الأطروحة تأثير التغيرات المناخية على قطاع تربية النحل في الجزائر، بالاعتماد على بيانات مناخية إقليمية ومسوحات ميدانية أجريت مع مربّي النحل. وإلى جانب مراجعة الأدبيات العلمية ذات الصلة، تركز الدراسة على آثار ارتفاع درجات الحرارة وتزايد فترات الجفاف في صحة طوائف النحل وإنتاجيتها، وكذلك في ديناميكية إزهار النباتات الرحيقية. وقد أظهرت النتائج تسجيل انخفاض ملحوظ في إنتاج العسل في عدة مناطق من البلاد، وهو ما يرتبط بتزايد الظواهر المناخية المتطرفة والتغيرات التي طرأت على التقويم الزهري للنباتات. وفي مواجهة هذه التحديات، يعتمد مربو النحل مجموعة من استراتيجيات التكيف، من بينها ترحيل الخلايا إلى مناطق أكثر ملاءمة واعتماد ممارسات إدارية وتقنية جديدة. وتبرز هذه الدراسة أهمية توفير الدعم التقني والمؤسسي اللازم لتعزيز قدرة قطاع تربية النحل الجزائري على التكيف مع آثار التغير المناخي وضمان استدامته على المدى الطويل.

الكلمات المفتاحية: النحالين، المناخ، الجزائر، درجات الحرارة.

Résumé

Ce mémoire explore l'impact des changements climatiques sur les abeilles et la production apicole en Algérie. En s'appuyant sur des données climatiques régionales, des enquêtes de terrain menées auprès d'apiculteurs ainsi que sur une revue de la littérature scientifique, cette étude met en évidence les effets de la hausse des températures et de la sécheresse sur la santé des colonies d'abeilles, leur productivité et la floraison des plantes mellifères.

Les résultats montrent une baisse notable de la production de miel dans plusieurs régions, en corrélation avec les épisodes climatiques extrêmes et les modifications du calendrier de floraison. Face à cette réalité, les apiculteurs adoptent diverses stratégies d'adaptation, allant du déplacement des ruches à l'introduction de nouvelles pratiques de gestion.

Ce travail souligne la nécessité d'un accompagnement technique et institutionnel afin de renforcer la résilience de l'apiculture algérienne face aux défis environnementaux actuels et futurs.

Mots clés: Temperatures, Nectare, Enquete, Les grains de pollen

Abstract

This dissertation explores the impact of climate change on bees and beekeeping production in Algeria. Based on regional climate data, field surveys conducted among beekeepers, and a review of the scientific literature, the study highlights the effects of rising temperatures and drought on the health of bee colonies, their productivity, and the flowering of melliferous plants.

The results reveal a significant decline in honey production across several regions, correlated with extreme weather events and changes in flowering periods. Faced with these challenges, beekeepers have adopted various adaptation strategies, ranging from relocating hives to implementing new management practices.

This work emphasizes the need for technical and institutional support to strengthen the resilience of Algerian beekeeping in the face of current and future environmental challenges.

Keywords: Beekeepers, climate, Algeria, temperatures.

SOMMAIRE

SOMMAIRE:

INTRODUCTION	01
--------------------	----

Partie bibliographique

Chapitre 01: Généralité

1.1-Présentation d' <i>Apis mellifera</i> :	05
1.2-Position systématique de l'abeille :	05
1.3-Origine et évolution d' <i>Apis mellifera</i> :	07
1.4-Historique de l'abeille :	07
1.5-Répartition géographiques dans le monde :	08
1.6- La répartition géographique d' <i>apis mellifera intermissa</i> dans l'Afrique :	09
1.7-Répartitionn géographique d ' <i>apis mellifera intetmissa</i> en algérie :	10
1.9-Biologie d' <i>Apis mellifera</i> :	12
1.10-Cycle de développement d'abeille :	12
1.11-Reproduction chez les abeilles	13
1.12-Reproduction par parthénogénèses:	14
1.13-Le rôle et l'intérêt des abeilles:	15
1.14-Les principales ressources et plantes mellifères en Algérie:	17

Chapitre 02 : l effet du changement climatique sur les abeilles

2.1. Définition du changement climatique.....	19
2.2. Causes principales des changements climatiques Les principales causes anthropiques comprennent :	19
2.3. Conséquences globales.....	19
2.4. Evolution climatique en Algérie (2012–2025)	20
2.5. Zones les plus exposées.....	20
2.6. Impacts du changement climatique sur la biodiversité et ressources mellifères	21
2.7. Effet surla physiologie des abeilles	21
2.8. Effets sur le comportement de butinage	22
2.9. Perturbation des cycles biologiques	22
2.10. Augmentation de la mortalité hivernale	22
2.11. Fragilisation immunitaire et maladies	23
2.12. Prolifération des parasites et pathogènes.....	23
2.13. Interaction entre pesticides et stress climatique	23

2.14. Cas spécifiques observés en Algérie	24
2.15. Pratiques de transhumance apicole.....	24
2.16. Alimentation de substitution.....	25
2.17. Choix des souches résistantes.....	25
2.18. Amélioration de l'habitat apicole	26
2.19. Rôle des coopératives et associations apicoles.....	26
2.20. Soutien institutionnel et politique.....	26

Partie expérimental

Chapitre 01 Présentation de la zone d'étude

<i>Zone d'étude Situation géographique</i>	30
<i>Situation géographique</i>	30
<i>Relief et topographie</i>	31
<i>Géologie</i>	32

CHAPITRE II Matériel et Méthode

<i>Matériel et Méthodes</i>	35
<i>1-Station d'étude</i>	35
<i>2. Enquête</i>	36

CHAPITRE III: Résultats

<i>Résultats</i>	41
<i>1 Données climatiques :</i>	41
<i>Températures :</i>	43
<i>2-1- Perception des apiculteurs sur les effets du changement climatique au cours des dernières années:</i>	43
<i>2-2 Stratégies et changements dans les ruches et les pratiques de gestion des ruchées:</i>	44
<i>3- L'ensemble des observations et des mesures obtenues lors de la réalisation de notre expérience :</i>	48
<i>3-1 Charges de pollen</i>	48
<i>3-2 Résultats de la Pesée des ruches</i>	49
<i>3-3 Résultats de l'inspection visuelle des cadres</i>	50
<i>Discussion</i>	53
<i>D'enquête</i>	53
<i>CONCLUSION</i>	57

Les références

Listes de figures

Figure 1 1 Classification systématique de l'abeille domestique (Wendling, 2012).	06
Figure 1 2 Répartition géographique des abeilles dans le monde (2008, Le Conte et Navajas).	09
Figure 1 3 Les races d'Apis mellifera en Afrique : leur répartition (PROST 1987).....	09
Figure 1 4 La localisation d'Apis mellifera en Algérie (Lobreau-Callen et Damblon, 1994) .	11
Figure 1 5 Cycle de développement d'abeille (https://www.apiculture.net/blog/cycle-vie-abeilles-n38).	13
Figure 1 6 Les cycles de développement des différentes castes (Adjlane, 2012).	13
Figure 1 7 Schéma d'un accouplement entre la reine et un faux-bourdon (Kairo, 2016).	14
Figure 1 8 Les diverses relations entretenues par Apis mellifera avec son environnement. (Tiré de Laramé, 2007, p. 10.).....	16
Figure 2 1 Situation géographique de Dahra.	30
Figure 2 2 Carte des principaux domaines morphologiques de DAHRA. (CFC; 2010).....	31
Figure 2 3 Carte des sols de la région de DAHR (Durand ;1954).....	32
Figure 2 4 Carte de situation de la zone d'étude.	35
Figure 2 5 comptage des butineuses chargées de pollen.	37
Figure 2 6 Matériels utilisés pour la pesée des ruches.	38
Figure 2 7 méthode de pesée la poids des ruche.....	38
Figure 2 8 Inspection visuelle des cadres.	39
Figure 3. 1 température moyenne mensuelle.....	43
Figure 3. 2 présent des températures journalières moyennes observées entre (2008 et 2017 entre le 15/05 et 15/06) et (15/05/2025 et 15/06/2025).....	43
Figure 3. 3 l'utilisation des ruches de différents nombres de cadres par les apiculteurs entre 2014, 2020 et 2025.	46
Figure 3. 4 Ruches à 08 cadres avec hausses.	46
Figure 3. 5 Ruches à 06 cadres avec hausses.	47
Figure 3. 6 Ruches à 05 cadres avec hausses.	47
Figure 3. 7 Ruches à 10 cadres avec hausses.	48

Figure 3. 8 Activité de recherche de pollen au cours des différentes dates, une différence significative entre les résultats obtenus.	49
Figure 3. 9 Evolution du poids moyen des ruches dans l'ensemble des colonies entre le 15 mai et 13 juin 2025.	50
Figure 3. 10 Cadre avec un pois de 2.5 kg (18/05/2025).....	50
Figure 3. 11 Le même cadre de la figure précédente le pois et de 0.4 kg (06/06/2025)	51

Listes de Tableaux

Table 1 Classification systématique classique de l'abeille domestique(Wendling, 2012).....	06
Table 2 quelques différentes races d'Apis mellifera dans le monde (LOUCIF, 1993).....	11
Table 3 Le type d'activité apicole.....	36
Table 4 données des moyennes des températures maximales et minimales du 2014 à 2023 de la zone d'étude extrapolées à partir de la station de MILAIANA.....	42
Table 5 données des moyennes des températures du (2008 et 2014) et (2015 et 2019), (2020 et 2024), de la zone d'étude.....	42
Table 6 quantité de sirop par ruche	45

Liste Abréviation

CFC: Conservation des forêts de la wilaya de Chlef.

Introduction

Introduction:

Introduction

L'abeille domestique occidentale, *Apis mellifera*, est une espèce originaire d'Afrique, d'Europe et d'Asie occidentale (Requier et al., 2019). Elle comprend 33 sous-espèces réparties en cinq lignées évolutives (Ilyasov et al., 2020). Cependant, en raison de sa longue histoire de domestication et de son introduction sur différents continents, cette espèce présente aujourd'hui une distribution cosmopolite, à l'exception des régions polaires et de certaines îles océaniques (Hung et al., 2018).

Les abeilles domestiques élevées sont généralement considérées comme des organismes charismatiques en raison de leur rôle dans la production de nombreux produits de la ruche, tels que le miel, le pollen, le pain d'abeille, la gelée royale, la cire, le venin, la propolis et le miellat. Au-delà de leur utilisation directe par l'homme, ces produits sont largement exploités dans les industries pharmaceutique et cosmétique (Cornara et al., 2017), ainsi que dans le développement de biomatériaux (Rossi & Marrazzo, 2021).

Par ailleurs, les abeilles mellifères assurent d'importants services de pollinisation qui contribuent, dans certains cas, à améliorer la quantité et la qualité des productions agricoles (Khalifa et al., 2021), avec des répercussions majeures sur la sécurité alimentaire (Potts et al., 2016).

En outre, les activités apicoles représentent une source importante de revenus pour les zones rurales, contribuant ainsi à la réduction de la pauvreté dans certains pays en développement (Kassa & Regasa, 2020).

Actuellement, les populations d'abeilles mellifères connaissent des taux de mortalité élevés sous l'effet de divers facteurs de stress climatiques et anthropiques. Au cours des vingt dernières années, plusieurs initiatives internationales ont été mises en place afin d'évaluer l'ampleur des pertes de colonies à grande échelle, tant dans l'espace que dans le temps, notamment en Afrique du Sud (Pirk et al., 2014) et en Amérique latine (Antúnez et al., 2017 ; Maggi et al., 2014 ; Requier, Andersson, et al., 2018 ; Requier, Antúnez, et al., 2018).

Le changement climatique, résultant de diverses activités anthropiques, affecte l'ensemble de la biosphère, avec des répercussions variables selon les régions du monde et les niveaux d'organisation biologique (Peñuelas et al., 2013). Actuellement, il est estimé que la température mondiale augmente de 0,2 °C ($\pm$ 0,1 °C) par décennie par rapport aux niveaux préindustriels (1850–1900). Les projections climatiques indiquent que, si ce rythme de réchauffement se maintient, l'augmentation de la température atteindra environ 1,5 °C d'ici 2040 et près de 2,0 °C à l'horizon 2100 (Allen et al., 2018).

Parallèlement au réchauffement climatique global, les phénomènes météorologiques extrêmes deviennent plus fréquents et plus intenses dans certaines régions du monde. Parmi ces phénomènes figurent les vagues de chaleur et de froid, les sécheresses, les tempêtes, les précipitations extrêmes, les chutes de grêle et les inondations,

Introduction:

entraînant d'importantes conséquences sociales, écologiques et économiques (Ummenhofer & Meehl, 2017 ; Maxwell et al., 2018).

L'influence des variables environnementales sur les abeilles mellifères a été largement étudiée au cours des dernières décennies, aussi bien dans les milieux naturels que dans les paysages agricoles. Des facteurs tels que la température de l'air (Tautz et al., 2003), l'humidité relative (Abou-Shaara et al., 2017), les précipitations (Switanek et al., 2017), la vitesse du vent (Hennessy et al., 2020), la photopériode (Kefuss & Nye, 1970), le rayonnement solaire (Burrill & Dietz, 1981) ainsi que la couverture nuageuse (Dyer, 1987) sont considérés comme des variables environnementales majeures influençant différents aspects biologiques des abeilles mellifères.

Dans ce contexte, le réchauffement climatique et les changements climatiques actuels devraient imposer de nombreux défis aux populations d'abeilles mellifères (Le Conte & Navajas, 2008). Par conséquent, les effets de ces changements sur les colonies d'abeilles, ainsi que sur les activités et les dynamiques apicoles, constituent des préoccupations majeures nécessitant une attention particulière.

Les abeilles mellifères regroupent plusieurs sous-espèces dont la réponse au changement climatique peut représenter un défi considérable. Cette situation s'explique principalement par les adaptations propres à chaque sous-espèce aux conditions climatiques locales, ainsi que par la complexité des contextes environnementaux, naturels et anthropiques auxquels sont confrontées les différentes régions où vivent ces populations (Ariel A. et al., 2024).

Les effets des variables climatiques sur les abeilles mellifères peuvent suivre différentes trajectoires. Parmi les principaux facteurs environnementaux concernés figurent la température, les précipitations, le vent et l'humidité relative, lesquels exercent généralement des impacts négatifs significatifs sur les abeilles mellifères ainsi que sur les activités apicoles (Ariel A. et al., 2024).

Notre étude constitue une étape importante vers une meilleure compréhension des impacts du changement climatique sur les abeilles et des moyens de les atténuer. En combinant recherche scientifique et actions agricoles, elle vise à préserver les abeilles, essentielles à la pollinisation, à la production alimentaire et au maintien de l'équilibre écologique.

Le présent document est structuré en cinq chapitres. Le premier chapitre regroupe les données bibliographiques relatives à *Apis mellifera* et au changement climatique. Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude. Le troisième chapitre décrit le matériel ainsi que les méthodes utilisées pour la réalisation de cette étude. Le quatrième chapitre présente les résultats obtenus sous forme de tableaux et de graphiques, suivis d'une discussion. Enfin, le document s'achève par une conclusion générale et quelques perspectives.

Partie
bibliographique

Chapitre I: Généralité

1.1-Présentation d'*Apis mellifera*:

Présente sur Terre depuis environ 60 millions d'années (Schacker, 2008), avec des estimations variant entre 40 millions (FEQ, 2009) et 80 millions d'années (Schacker, 2008 ; Jacobsen, 2009), *Apis mellifera* a évolué pour devenir l'un des pollinisateurs les plus efficaces de la planète. Elle possède de nombreuses caractéristiques physiologiques qui en font une véritable « machine » spécialisée dans la pollinisation. Son comportement social très développé, ainsi que ses remarquables capacités de communication, sont entièrement consacrés à sa mission principale : assurer la reproduction des angiospermes. Ainsi, ces abeilles sont considérées comme « les ouvriers agricoles itinérants les mieux organisés et les plus enthousiastes que la planète ait jamais vus » (Jacobsen, 2009, p. 10).

Le genre *Apis* regroupe des insectes appartenant à l'ordre des Hyménoptères et à la famille des Apidae (Apiculture populaire, 2010). Il existe plusieurs espèces du genre *Apis*, toutes vivant en colonies (Larousse, 2014). Ces espèces sont réparties sur plusieurs continents, notamment en Asie avec *Apis cerana* et en Europe ainsi qu'en Afrique avec *Apis mellifera*, notre abeille domestique (Spürgin, 2008), introduite par la suite sur le continent américain par les premiers colons il y a environ 400 ans (MacRae, 2010).

Il convient également de noter que l'espèce *Apis mellifera* comprend plusieurs sous-espèces, parmi lesquelles *Apis mellifera scutellata*, connue sous le nom d'abeille « africanisée » (Spürgin, 2008). De même, *Apis mellifera ligustica*, ou abeille italienne, représente la race utilisée dans environ 95 % des exploitations apicoles québécoises (Payette, 2010).

1. 2-Position systématique de l'abeille :

Apis est un genre d'insectes sociaux appartenant à la famille des Apidae et à la tribu des Apini, dont il constitue l'unique genre actuel. Il regroupe plusieurs espèces d'abeilles mellifères produisant des quantités importantes de miel et comprenant celles principalement utilisées en apiculture.

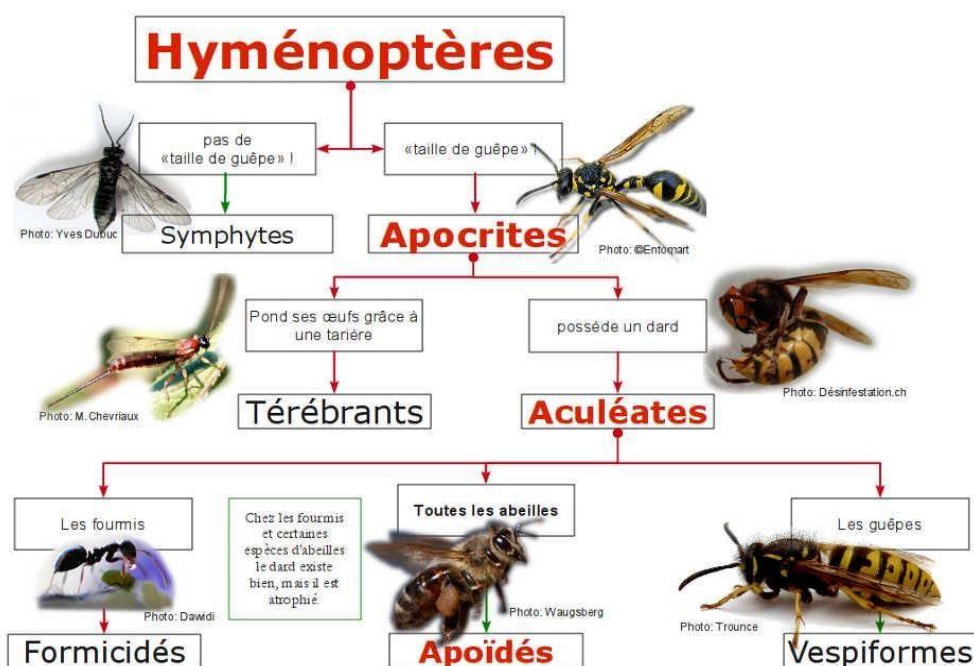
Les membres de ce genre sont communément appelés « abeilles mellifères », bien que le terme « abeille » puisse également désigner des taxons plus larges tels que les Apoidea, les Apidae ou les Apinae. D'autres espèces d'abeilles productrices de miel existent également en dehors du genre *Apis*, mais elles produisent généralement du miel en quantités beaucoup plus faibles (Prost et Le Conte, 2005).

1.2.1-Classification systématique classique de l'abeille domestique :

Dans la phylogénie animale, les insectes sont classés parmi les arthropodes, aux côtés des crustacés, des myriapodes (mille-pattes) et des arachnides (araignées). La catégorisation de l'abeille dans le monde vivant est résumée dans le tableau 1 (Wendling, 2012).

Table 1: Classification systématique classique de l'abeille domestique (Wendling, 2012).

Règne :	Animalia.
Embranchement:	Arthropoda.
Sous-embranchement	: Hexapoda.
Classe:	Insecta.
Sous-classe:	Pterygota.
Infra-classe:	Neoptera.
Super -ordre:	Endopterygota
Ordre:	Hymenoptera
Sous-ordre:	Apocrita
Infra-ordre:	Aculeata
Super -famille:	Apoidea
Famille:	Apidae
Sous-famille:	Apinae
Tribu:	Apini
Genre:	Apis
Sous-genre:	Apis
Espèce:	<i>Apis mellifera</i>
Sous-Espèce:	<i>Apis mellifera intermissa</i> <i>Apis mellifera saharien</i>

**Figure 1.1:** Classification systématique de l'abeille domestique (*Apis mellifera*).

1.3-Origine et évolution d'*Apis mellifera* :

Le genre *Apis* comprend dix types différents d'abeilles vivant dans une grande diversité de climats (Ruttner, 1988 ; Le Conte & Navajas, 2008). Neuf espèces de ce genre possèdent une aire de répartition limitée à l'Asie, en particulier à l'Asie du Sud-Est. En revanche, *Apis mellifera* présente une aire de répartition naturelle beaucoup plus étendue, s'étendant de l'Afrique subsaharienne jusqu'au nord de l'Europe et à l'Asie centrale (Ruttner, 1988 ; Smith, 1991 ; Sheppard & Meixner, 2003 ; Arias & Sheppard, 2005 ; Whitfield et al., 2006).

Cette espèce peut être rencontrée dans une large variété d'environnements, notamment les oasis désertiques africaines (Shaibi & Moritz, 2010), les montagnes alpines (Le Conte & Navajas, 2008), les hauts plateaux volcaniques éthiopiens (Meixner et al., 2011), les zones proches de la toundra (Toullec, 2008), les forêts tropicales africaines (Fletcher, 1978), ainsi que les îles océaniques tempérées (De la Rúa et al., 2001a, 2001b, 2002a, 2006; Carreck, 2008) et tropicales (Ralalaharisoa et al., 1996 ; Franck et al., 2001).

Wilson a proposé, en 1971, l'hypothèse selon laquelle *Apis mellifera* serait originaire d'Afrique avant de coloniser l'Eurasie par la suite (Michener, 2000).

Des études génétiques montrent que la propagation d'*Apis mellifera* a débuté en Afrique avant de s'étendre vers l'Europe et l'Asie en deux ou trois vagues distinctes (Whitfield et al., 2006). Les populations se sont dispersées vers l'ouest de l'Europe à travers le détroit de Gibraltar (Garnery et al., 1992) et vers l'Asie par le Moyen-Orient.

La différenciation des populations ainsi que la diversification des sous-espèces se sont produites dans une grande variété d'environnements répartis à travers l'Europe et l'Afrique. Ces populations ont été soumises à diverses conditions environnementales, notamment le relief, la composition floristique, la prédation et le climat.

Apis mellifera est également exposée à des changements saisonniers ainsi qu'à des fluctuations cycliques des ressources (Garnery et al., 1998 ; Toullec, 2008). En réponse aux différentes pressions de la sélection naturelle, cette espèce a développé un ensemble de caractéristiques adaptatives et de comportements spécifiques, tels que la récolte et le stockage du miel afin d'assurer sa survie durant l'hiver (Ruttner, 1988).

Les êtres humains ont rapidement appris à identifier et à exploiter ces capacités. Par la suite, les colonies les plus productives ont été introduites sur d'autres continents (Louveaux et al., 1966 ; Le Conte & Navajas, 2008). Ainsi, cette espèce a été introduite et implantée sur l'ensemble du continent américain — en Amérique du Nord, centrale et du Sud — (Diniz et al., 2003 ; Quezada-Euan et al., 2003 ; Pinto et al., 2005 ; Szalanski & Magnus, 2010), ainsi que dans plusieurs îles océaniques au cours des 150 dernières années.

1.4- Historique de l'abeille:

L'abeille mellifère est un insecte complexe qui a continuellement évolué depuis son apparition il y a plusieurs millions d'années. Les plus anciens fossiles d'abeilles découverts

proviennent de Birmanie et seraient âgés d'environ 100 millions d'années, ayant été retrouvés dans de l'ambre. Il est probable que l'origine des abeilles se situe au Moyen-Orient.

Les premières abeilles ressemblaient davantage à des guêpes et se nourrissaient d'autres insectes plutôt que de nectar et de pollen. Le moment exact où elles ont adopté un régime alimentaire végétarien reste inconnu. Toutefois, l'évolution vers la consommation de nectar et de pollen a constitué une étape importante dans leur adaptation écologique.

Actuellement, les abeilles sont présentes dans presque toutes les régions du monde et comptent environ 20.000 espèces différentes. Certaines espèces, comme les mégachiles géantes dites « coupeuses de feuilles », peuvent atteindre jusqu'à 3cm de longueur, tandis que les plus petites abeilles ne mesurent qu'environ 2mm.

Apis mellifera ne représente qu'une seule de ces nombreuses espèces. La majorité des autres abeilles sont solitaires et ne vivent pas en colonies. Les bourdons, par exemple, vivent généralement dans des nids établis dans des espaces fermés ou protégés.

1.5- Répartition géographiques dans le monde :

L'apiculture est une activité pratiquée depuis l'Antiquité et demeure largement répandue à travers le monde. Elle occupe une place importante dans le secteur agricole, notamment grâce au rôle des abeilles dans la pollinisation croisée des cultures (Badren, 2016).

La production mondiale de miel a augmenté de plus d'un million de tonnes par an et se concentre principalement dans une dizaine de pays, majoritairement situés dans l'hémisphère Nord. Le rendement apicole dépend de plusieurs facteurs, notamment du type de ruche utilisé, des techniques apicoles employées ainsi que du niveau général de développement du secteur apicole (Delahais, 2012).

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, la Chine, le Mexique et l'Argentine figurent parmi les principaux producteurs mondiaux de miel, tandis que l'Allemagne et d'autres pays comptent parmi les principaux importateurs. L'ancienne Union soviétique produisait à elle seule près du quart de la production mondiale de miel (Badren, 2016).

Les États-Unis étaient autrefois un important producteur de miel, mais l'augmentation de la mortalité des abeilles liée à la pollution a entraîné une diminution de la production d'environ 30 % au cours des dernières années (Delahais, 2012).

Le genre *Apis* comprend traditionnellement quatre principales espèces : *Apis mellifera*, *Apis dorsata*, *Apis florea* et *Apis cerana*, bien que plusieurs autres espèces proches soient aujourd'hui reconnues.

Apis florea est présente en Inde, en Malaisie, à Java et à Bornéo. Il s'agit de l'une des plus petites espèces d'abeilles. Elle vit principalement dans les plaines situées à moins de 500 mètres d'altitude et construit un nid constitué d'un seul rayon.

Apis dorsata est répartie dans une vaste région de l'Asie du Sud-Est, notamment en Inde, en Chine, aux Philippines et dans l'archipel indonésien. Son nid est également composé d'un seul rayon.

Apis cerana, considérée comme l'espèce la plus proche de l'abeille européenne, est présente dans le sud-ouest et l'est de l'Asie, dans les régions favorables à l'installation des abeilles. Cette espèce est relativement facile à élever en rucher.

Enfin, *Apis mellifera* est la seule espèce indigène d'Europe et d'Afrique. Elle est également présente dans d'autres régions du monde où elle a été introduite, notamment en Amérique et en Australie. Son aire de répartition d'origine couvre l'Europe, l'Afrique et le Moyen-Orient, jusqu'à l'Afghanistan, au Kazakhstan et à l'est de la Russie. Cette espèce comprend plusieurs sous-espèces ou races géographiques définies à partir d'études morphométriques et moléculaires, puis regroupées en lignées évolutives selon leurs similitudes morphologiques (Le Conte & Navajas, 2008).



Figure 1.2: Répartition géographique des abeilles dans le monde (2008, Le Conte et Navajas).

1.6- La répartition géographique d'*Apis mellifera intermissa* dans l'Afrique:



Figure 1.3 : Les races d'*Apis mellifera* en Afrique : leur répartition (PROST 1987).

1.6.1- Les races africaines de l'espèce *apis mellifera intermissa* :

Les abeilles africaines sont généralement représentées par trois grands groupes :

Le groupe de l'Afrique du Nord comprend :

- *Apis mellifera intermissa* (tellienne)
- *Apis mellifera sahariensis*
- *Apis mellifera major* (Nord-Ouest)

Le groupe d'Égypte et du Soudan est représenté par :

- *Apis mellifera lamarckii* (égyptienne)
- *Apis mellifera nubica* (soudanaise)

Le groupe d'Afrique centrale et australe comprend :

- *Apis mellifera scutellata*
- *Apis mellifera litorea*
- *Apis mellifera monticola*
- *Apis mellifera adansonii*
- *Apis mellifera capensis* (du Cap)
- *Apis mellifera unicolor* (Madagascar)
- *Apis mellifera jemenitica*

1.7- Répartition géographique d'*apis mellifera intermissa* en algérie:

A- Le cheptel apicole algérien est constitué de deux sous espèces:

A-1)- La sous espèce *Apis mellifera intermissa* (Buttel Reepen, 1906):

Il s'agit d'une abeille algérienne appartenant au groupe nord-africain. Également connue sous le nom d'« abeille tellienne » ou d'« abeille noire du Tell », cette sous-espèce présente une aire de répartition qui coïncide principalement avec celle de l'Atlas tellien, bien qu'elle soit également présente dans certaines oasis du Sahara oriental (Ruttner, 1988).

A-2)- La sous espèce *Apis mellifera sahariensis* (Baldensperger, 1922):

Cette abeille est présente dans le sud de l'Algérie ainsi que dans les oasis du sud marocain.

Les colonies de cette sous-espèce sont généralement de petite taille, et les abeilles

présentent une remarquable résistance aux conditions climatiques extrêmes, supportant des températures très élevées ainsi que de fortes amplitudes thermiques (Ruttner, 1968).



Figure 1.4: La localisation d'*Apis mellifera* en Algérie (Lobreau-Callen et Damblon, 1994)

B)-Les races introduites :

Plusieurs races européennes d'*Apis mellifera* ont été introduites en Afrique du Nord, notamment *Apis mellifera ligustica*, *Apis mellifera carnica* et *Apis mellifera caucasia* (Ferrah et Yahiaoui, 2003).

Le tableau 2 présente quelques races d'abeilles réparties dans différentes régions du monde ainsi que leur distribution géographique. Il existe plus de quinze races d'abeilles à travers le monde, chacune possédant des caractéristiques spécifiques.

Table 2: quelques différentes races d'*Apis mellifera* dans le monde (LOUCIF, 1993).

Groupes	Races	Aires de distribution	Auteurs
Ouest méditerranéen	<i>A.m mellifeca</i> (linné, 1958)	Régions septentrionales de l'Europe occidentale notamment en France	Fresnaye (1981)
	<i>A.m Iberka</i> (Goetze, 1964)	Péninsule ibérique	Ruttner (1986)
Iles méditerranéennes	<i>A, m cypria</i> (Polhnan, 1979)	Chypre, Sicile, dahmatie	Fresnaye (1981) Caillas (1987)
	<i>A, m adsoni</i> (Ruttner .1979)	Crète	Ruttner (1986)
	<i>A, m siciliana</i> (Grassi, 1881)	Sicile	Ruttner (1986)

	<i>A. m syriaca</i> Buttel-reepen(1906)	Syrie, Jordanie, Liban, Turquie	Fresnaye (1981)
	<i>A.m ligustica</i> (spinola,1806)	La grande partie de l'Italie péninsulaire	Fresnaye (1981)
Afrique du nord	- <i>A.m, intermissa</i> (Buttel-Reepen, 1906) - <i>A.m, sahariensis</i> (Baldensperger, 1922)	1-En Afrique de la zone des savanes située du sud du Sahara jusqu'au Kalahari le long de la côte ouest africaine 2- Ain Sefra (Algérie a travers les oasis de Sahara au su de montagnes de l'atlas jusqu'au oasis de Sahara marocaine.	Fresnaye (1981) Ruttner (1986)
Afrique du tropicale	1- <i>A.m litorea</i> (Smith, 1961) <i>A.m scutellata</i> (lepeletier.1836) 2- <i>A.m ad Ruttner .1979</i> onsoni (latereille, 1804)	1-Régions côtières de tangaryka (Tanzanie) Kenya et Ethiopie. 2- Afrique orientale et méridionale	Fresnaye (1981) Daly(1991) Ruttner (1975.1986) Cornuet (1983)

1. 9-Biologie d'*Apis mellifera*:

1.9.1-Description d'*Apis mellifera inter missa*:

Selon Fresnaye (1981), *Apis mellifera intermissa* possède une longueur de langue de 6,40 mm, supérieure à celle observée chez certaines autres sous-espèces d'*Apis mellifera*. Elle se distingue également par un écotype provençal, une pilosité de 0,20 mm ainsi qu'un indice cubital de 2,27.

1.9.2-Comportement :

Apis mellifera intermissa est une sous-espèce caractérisée par un comportement agressif, grégaire et très actif. Elle est capable de récolter d'importantes quantités de miel dans la majorité de ses zones naturelles de répartition, ce qui favorise un taux de reproduction élevé ainsi qu'un développement rapide des colonies (Prost, 1987).

1.10-Cycle de développement d'abeille :

L'abeille possède un cycle de développement holométabole. Son ontogenèse est divisée en quatre phases (figure 5), séparées par plusieurs mues successives. Le développement débute par la ponte des œufs dans les cellules du rayon. Après trois jours, les œufs éclosent et donnent naissance aux premières larves.

Le cycle de développement de la reine est le plus court, avec une durée moyenne de 16 jours, tandis que celui des mâles est le plus long, avec une durée d'environ 24 jours. Le cycle des ouvrières est intermédiaire et s'étend sur environ 21 jours (Jean-Prost, 2005).

La nymphe se transforme ensuite en abeille adulte grâce à la mue imaginale. Ainsi, les abeilles passent successivement par quatre stades de développement : l'œuf, la larve, la nymphe et l'adulte (figure 6). Les trois premiers stades constituent ce que l'on appelle le couvain (Ayme, 2014).

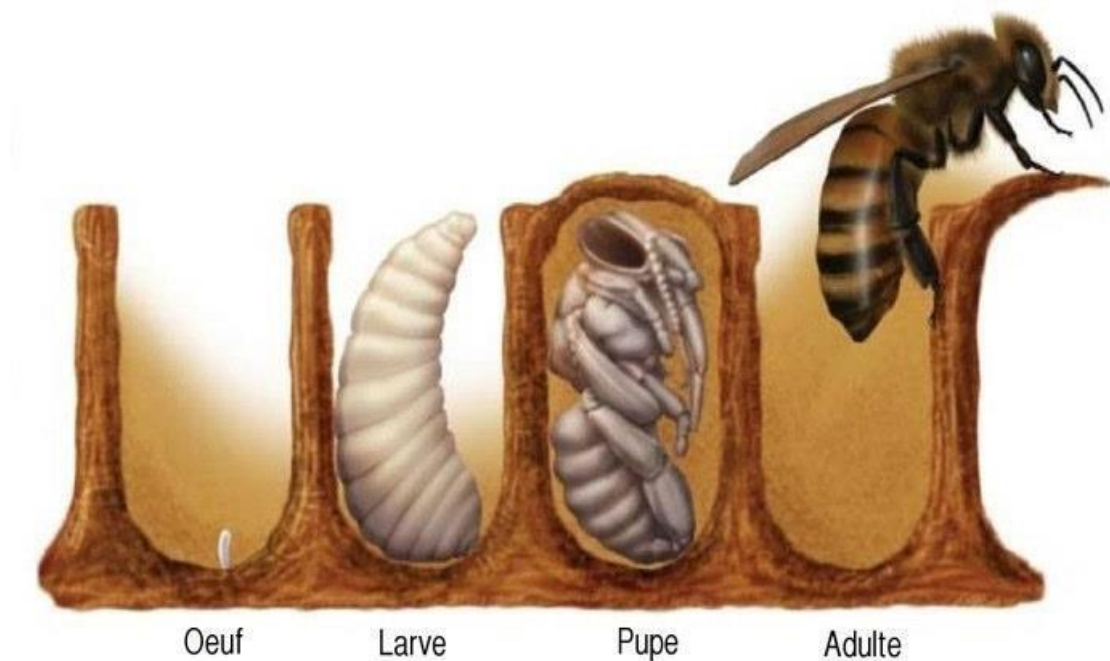


Figure 1.5: Cycle de développement d'abeille (<https://www.apiculture.net/blog/cycle-vie-abeilles-n38>).

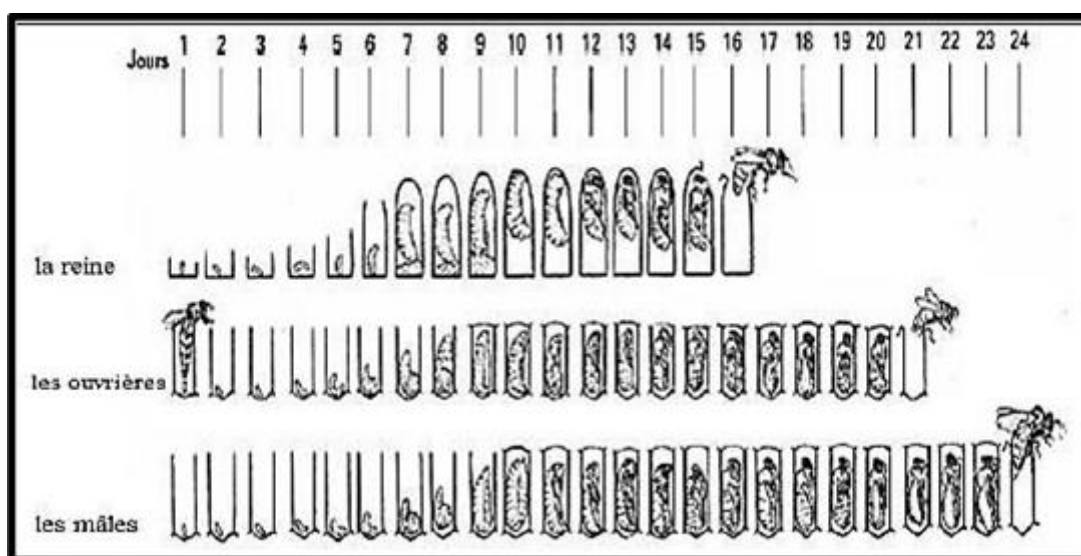


Figure 1.6: Les cycles de développement des différentes castes (Adjlane, 2012).

1.11-Reproduction chez les abeilles

Une colonie d'abeilles se multiplie selon deux modes: la reproduction sexuée et la parthénogenèse.

1.11.1- Reproduction sexuée :

Lorsque la reine atteint sa maturité sexuelle et que les conditions atmosphériques sont favorables (Amari et Tadjouri, 2018), elle effectue son vol nuptial entre le 6^e et le 10^e jour après sa naissance. L'accouplement a lieu en plein vol avec plusieurs mâles, généralement entre 12 et 15, qui agrippent la femelle avec leurs pattes afin de fixer leur appareil reproducteur à celui de la reine (Hafsaoui et Tahraoui, 2019).

À l'issue de ce processus, la reine collecte et stocke le sperme provenant de plusieurs individus appartenant à différentes colonies (Ivert, 2016).

1.11.2-Reproduction par parthénogénèse :

Selon Rossant (2011), la parthénogenèse désigne le développement d'un individu à partir d'un œuf non fécondé. Chez les abeilles, la reproduction s'effectue selon un mécanisme appelé parthénogenèse arrhénotoque, dans lequel les œufs non fécondés donnent naissance à des mâles haploïdes (figure 1.7).

Ce phénomène peut notamment se produire lorsqu'une reine est incapable d'effectuer son vol nuptial ou lorsqu'elle meurt sans être remplacée (Bourke, 1988).

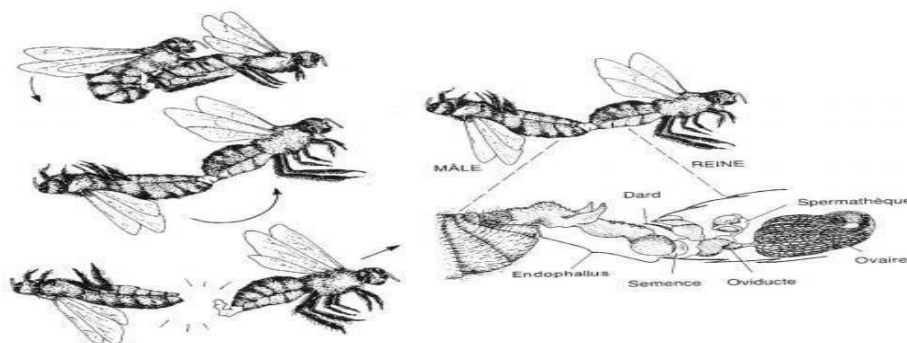


Figure 1.7 : Schéma d'un accouplement entre la reine et un faux-bourdon (Kairo, 2016).

12-Système de communication des abeilles :

Le terme «communication » chez les abeilles désigne l'ensemble des échanges de signaux entre les membres d'une même colonie. Cette communication s'effectue principalement selon deux modes: l'un fondé sur le transfert de signaux chimiques via les phéromones, et l'autre basé sur les danses des abeilles (Dechaume-Moncharmont, 2003).

1.12.1-La communication chimique:

Selon Boussoubel (2010), les phéromones ont été définies pour la première fois par Karlson et Lüscher en 1959 comme des substances chimiques sécrétées par des individus d'une même espèce et provoquant des modifications biologiques ou comportementales.

Maisonnasse (2010) distingue deux types de phéromones : les phéromones incitatrices et les phéromones modificatrices.

Qu'il s'agisse de la reine, des ouvrières ou des faux-bourçons, tous produisent des phéromones jouant un rôle essentiel dans la transmission de l'information entre congénères. Ces substances interviennent notamment dans les mécanismes d'alerte, de défense, d'orientation, de reconnaissance, ainsi que dans le marquage des fleurs visitées au sein de la colonie (Ayme, 2014).

1.12.2-Les danses desabeilles :

Les abeilles domestiques utilisent également un mode de communication basé sur la danse afin d'informer leurs congénères de la présence de ressources importantes telles que le nectar, le pollen, l'eau et la propolis (Ayme, 2014 ; Catays, 2016 ; Maréchal, 2014).

Karl von Frisch fut le premier à découvrir et à décrire ce langage chez les abeilles au début du XX^e siècle.

Selon la distance séparant la ruche de la source de nourriture, différentes formes de danse peuvent être observées :

- ✓ Les danses en rond sont effectuées lorsque la source de nourriture se situe à quelques mètres seulement de la ruche.
- ✓ Les danses en huit indiquent la présence d'une ressource alimentaire située à une plus grande distance.

1.13-Le rôle et l'intérêt des abeilles :

En tant que pollinisatrices de nombreuses espèces végétales, les abeilles jouent un rôle essentiel dans le maintien de l'équilibre environnemental mondial. Elles présentent également un intérêt économique important grâce à la production de miel, de propolis, de gelée royale et de cire.

1.13.1-Rôles environnementaux et économiques :

Les abeilles sont des pollinisateurs indispensables qui participent activement au maintien de l'équilibre écologique mondial. Elles assurent de nombreux services écosystémiques essentiels, contribuant ainsi à la préservation de la biodiversité et à la stabilité des systèmes agricoles. Leur importance met en évidence les conséquences potentielles de leur disparition.

1.13.2-Rôle pollinisateur :

En assurant la pollinisation (Amirat, 2014), les abeilles constituent un élément fondamental des écosystèmes. Cette fonction est liée à leur régime alimentaire, exclusivement basé sur les ressources florales (Riquier et Le Féon, 2017).

Une abeille butineuse peut visiter entre 600 et 900 fleurs par heure, voire davantage, afin de remplir son jabot avec environ 70 mg de nectar. Lors de chaque visite florale, elle transporte des grains de pollen, favorisant ainsi aussi bien l'autopollinisation que l'allogamie (Amirat, 2014).

Plus de 20 000 espèces d'abeilles à travers le monde participent à la pollinisation, un processus indispensable à la survie et à l'évolution de plus de 80 % des espèces de plantes à fleurs. Ces interactions mutuellement bénéfiques ont contribué au développement et à la diversité des cultures actuelles, notamment des arbres fruitiers, des légumineuses et des oléagineux (Benachour, 2008).

1.13.3- Rôle de bio-indicateur:

L'abeille peut également être utilisée comme bio-indicateur de la santé des écosystèmes dans lesquels elle évolue. En raison de son mode de vie et de son rôle de pollinisatrice, elle fait partie des premiers organismes exposés aux différents polluants présents dans l'environnement. À ce titre, elle constitue un véritable indicateur de l'état de santé de notre planète.

Une planète où les abeilles disparaissent devient probablement défavorable à un grand nombre d'autres espèces, y compris aux êtres humains (Amirat, 2014 ; Catays, 2016).

1.13.4- Rôle dans la lutte contre le réchauffement climatique:

La disparition des pollinisateurs pourrait déclencher une réaction en chaîne favorisant l'accélération du changement climatique. En effet, la pollinisation ne concerne pas uniquement les plantes herbacées, mais également de nombreuses espèces arborées. Ainsi, la majorité des arbres dépend de la pollinisation pour assurer leur reproduction (figure 1.8).

La disparition des abeilles pourrait entraîner une augmentation de la concentration du dioxyde de carbone dans l'atmosphère, avec toutes les conséquences environnementales qui en découlent. De plus, la stabilité des sols ainsi que le recyclage des nutriments pourraient également être perturbés (Catays, 2016).

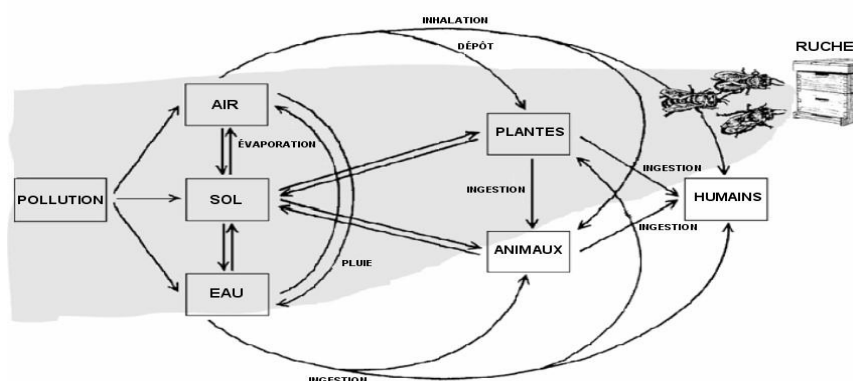


Figure 1.8 : Les diverses relations entretenues par *Apis mellifera* avec son environnement.
(Tiré de Laramé, 2007, p. 10.)

Lorsque des organismes aussi étroitement surveillés que *Apis mellifera* présentent des signes alarmants liés aux perturbations environnementales, il devient évident que cet avertissement doit être pris au sérieux.

1.14. Les principales ressources et plantes mellifères en Algérie:

Selon Eckhardt et al. (2014), le potentiel mellifère de l'Algérie est considérable, et l'exploitation des ressources naturelles et cultivées pourrait permettre l'installation de 500 000 à 600 000 colonies d'abeilles.

Quatre principales zones de production mellifère peuvent être distinguées :

- **La zone côtière:** production de miel d'agrumes et de miel d'eucalyptus.
- **La zone montagneuse:** production de miel de lavande et de miel toutes fleurs.
- **La zone des Hauts Plateaux:** production de miel de sainfoin et de miel de romarin.
- **La zone des maquis et des forêts:** production de miel toutes fleurs.

Chapitre II:

L'effet du changement climatique sur les abeilles

2.1. Définition du changement climatique

Le changement climatique désigne une modification durable et significative des paramètres climatiques globaux, notamment la température, les régimes de précipitations, l'humidité atmosphérique ainsi que la fréquence et l'intensité des phénomènes climatiques extrêmes (FAO, 2021).

Bien que ce phénomène puisse avoir des origines naturelles, telles que les variations de l'orbite terrestre, l'activité solaire ou les éruptions volcaniques, il est aujourd'hui fortement amplifié par les activités humaines depuis le début de l'ère industrielle. L'augmentation massive des émissions de gaz à effet de serre, principalement le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O), constitue le principal facteur de ce dérèglement climatique (GIEC, 2022).

Ces émissions proviennent essentiellement de la combustion des énergies fossiles, de l'industrialisation, de l'agriculture intensive, de la déforestation et de l'urbanisation rapide (IPCC, 2021). En conséquence, la planète connaît un réchauffement global sans précédent, estimé à environ +1,1 °C par rapport à l'ère préindustrielle, entraînant d'importantes répercussions sur les écosystèmes, les ressources hydriques, la sécurité alimentaire et la biodiversité (GIEC, 2023).

2.2. Causes principales des changements climatiques

Les principales causes du changement climatique sont essentiellement d'origine anthropique, c'est-à-dire liées aux activités humaines. Parmi celles-ci, les émissions de gaz à effet de serre (GES) occupent une place centrale. Les principaux gaz responsables du réchauffement global sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O), émis principalement par la combustion des énergies fossiles, l'agriculture intensive et certains procédés industriels (Goulson, 2013).

À cela s'ajoute la déforestation, qui réduit considérablement la capacité des écosystèmes terrestres à absorber le carbone atmosphérique, perturbant ainsi l'équilibre des puits de carbone. L'utilisation massive du charbon, du pétrole et du gaz naturel dans la production d'énergie constitue également un facteur majeur, en raison des importantes quantités de CO₂ libérées dans l'atmosphère (IPCC, 2021).

Par ailleurs, les pratiques agricoles intensives, telles que l'utilisation excessive d'engrais azotés et la dégradation des sols, contribuent fortement à l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre. En retenant la chaleur dans l'atmosphère, ces gaz renforcent l'effet de serre, provoquant une élévation progressive des températures moyennes à l'échelle mondiale et perturbant les équilibres climatiques globaux.

2.3. Conséquences globales

Les effets du changement climatique sont multiples et interconnectés, affectant profondément l'équilibre écologique de la planète. Depuis 1850, la température moyenne

mondiale a augmenté d'environ +1,2 °C, illustrant clairement l'ampleur du réchauffement global (Belkacem et Larbi, 2023).

Parmi les principales manifestations de ce phénomène figurent la fonte accélérée des glaciers, l'élévation du niveau des mers ainsi que l'augmentation de la fréquence des sécheresses prolongées et des vagues de chaleur. Ces changements provoquent également des perturbations saisonnières et une intensification des phénomènes météorologiques extrêmes tels que les tempêtes et les inondations.

Dans l'ensemble, ces effets exercent une influence directe sur la biodiversité, les ressources en eau, l'agriculture et la santé humaine, mettant en évidence le caractère global et fortement interconnecté des impacts climatiques actuels.

2.4. Evolution climatique en Algérie (2012–2025)

L'Algérie est particulièrement touchée par les effets du changement climatique, qui se manifestent de manière de plus en plus marquée sur l'ensemble du territoire. Une augmentation des températures moyennes annuelles, estimée entre +1,5 et +2 °C depuis les années 1970, a été observée (Bouguerra, 2020).

Cette évolution s'accompagne d'une diminution notable des précipitations, notamment dans les régions du Nord, traditionnellement plus arrosées. Les Hauts Plateaux et le Sud du pays connaissent, quant à eux, une sécheresse quasi permanente, accentuant la dégradation des sols et la raréfaction des ressources hydriques.

Par ailleurs, une augmentation significative de la fréquence des incendies de forêts est observée, particulièrement durant la saison estivale. Cette situation résulte directement de la hausse des températures et des longues périodes de sécheresse (Ministère de l'Agriculture, 2022).

2.5. Zones les plus exposées

En Algérie, certaines régions apparaissent particulièrement vulnérables aux effets du changement climatique. Les zones steppiques, notamment Sétif, Djelfa et Tiaret, connaissent une dégradation progressive des parcours naturels ainsi qu'une diminution significative de la floraison, affectant directement la disponibilité des ressources végétales nécessaires aux abeilles.

En Kabylie, les effets du changement climatique se traduisent par une perte croissante des arbres mellifères et une érosion importante des sols, principalement en raison de la baisse des précipitations et des incendies récurrents.

Par ailleurs, le Sud-Ouest du pays, notamment les régions de Naâma et Béchar, subit une désertification accélérée ainsi qu'une raréfaction notable des plantes nectarifères, compromettant la durabilité des écosystèmes locaux et des activités apicoles (Hadjiat et Khouadja, 2018).

2.6. Impacts du changement climatique sur la biodiversité et ressources mellifères

Le changement climatique exerce des répercussions profondes sur la biodiversité et les ressources mellifères en Algérie. Les variations de température et de précipitations modifient la répartition géographique des espèces végétales, perturbent les périodes de floraison et peuvent entraîner la disparition locale de certaines plantes mellifères essentielles à l'alimentation des abeilles (Khaldi, 2016).

Les sécheresses prolongées ainsi que les fortes chaleurs réduisent la floraison de plantes importantes telles que le thym, le romarin et l'eucalyptus, provoquant une diminution du rendement nectarifère. Cette situation affecte directement la production de miel ainsi que la nutrition des colonies d'abeilles (CNDRB, 2019). Certaines années, des floraisons précoces sont suivies de longues périodes de pénurie alimentaire, créant un déséquilibre dans les ressources disponibles pour les abeilles.

Face aux stress thermiques ou aux épisodes de fortes précipitations, les abeilles modifient leur comportement en réduisant leur activité de butinage, leurs déplacements et leurs sorties hors de la ruche. Ces perturbations influencent leurs rythmes biologiques et compromettent leur productivité (Djellouli et al., 2017).

Les conséquences de ces changements dépassent le cadre de la ruche et affectent l'ensemble de l'écosystème. En l'absence de stratégies d'adaptation appropriées, les impacts pourraient inclure une perte de biodiversité mellifère, une diminution durable de la production apicole ainsi qu'une vulnérabilité accrue des agriculteurs et des apiculteurs ruraux, entraînant à long terme des déséquilibres écologiques et alimentaires (Ministère de l'Agriculture, 2022).

Dans ce contexte, l'Algérie doit renforcer sa résilience climatique, valoriser les savoirs locaux et investir davantage dans la recherche scientifique afin de préserver durablement son patrimoine apicole.

2.7. Effets sur la physiologie des abeilles

Le changement climatique, notamment l'augmentation des températures et les fluctuations brutales du climat, affecte profondément la physiologie des abeilles. Des températures excessivement élevées perturbent le métabolisme des butineuses, provoquent un stress oxydatif et réduisent leur longévité (FAO, 2021).

Les larves sont particulièrement sensibles aux variations thermiques. Des températures supérieures à 35 °C à l'intérieur de la ruche peuvent entraîner des malformations ainsi qu'une augmentation de la mortalité larvaire (Hadjiat et Khouadja, 2018).

Lors des périodes de froid inhabituel ou de chaleur excessive, les abeilles doivent dépenser davantage d'énergie afin de maintenir la température interne de la ruche autour de

34 à 36 °C. Cette régulation thermique entraîne une consommation plus rapide des réserves alimentaires (Bouguerra, 2020).

2.8. Effets sur le comportement de butinage

Les conditions climatiques extrêmes influencent fortement le comportement de butinage des abeilles ainsi que la dynamique de pollinisation. Lors des périodes de fortes chaleurs, notamment lorsque les températures dépassent 40 °C, ou en présence de vents violents, les butineuses réduisent leurs sorties et restent à l'intérieur de la ruche afin d'éviter la déshydratation et la désorientation.

Pour s'adapter à ces conditions, les colonies modifient leurs horaires d'activité en concentrant le butinage durant les premières heures de la matinée ou en fin de journée, lorsque les températures sont plus favorables.

Par ailleurs, certaines plantes nectarifères modifient également leurs périodes d'ouverture florale sous l'effet du stress thermique. Cette situation entraîne une désynchronisation entre la floraison et l'activité des abeilles, réduisant ainsi la disponibilité des ressources alimentaires (Goulson, 2013).

2.9. Perturbation des cycles biologiques

Les variations climatiques exercent une influence directe sur les cycles biologiques des abeilles, notamment sur le rythme de ponte de la reine, la durée de vie des ouvrières ainsi que sur la dynamique générale de la colonie.

Lors des hivers doux, la reine poursuit souvent sa ponte, ce qui entraîne une consommation excessive des réserves alimentaires et affaiblit progressivement la colonie. À l'inverse, lorsque le printemps est trop court ou que l'été connaît des températures particulièrement élevées, la colonie peut entrer en déclin prématuré en raison du manque de ressources mellifères.

Par ailleurs, les longues périodes de disette causées par l'absence de floraison provoquent fréquemment un arrêt de la ponte ainsi qu'une diminution importante de la population active (Hadjiat et Khouadja, 2018). L'ensemble de ces perturbations fragilise l'équilibre interne de la ruche et peut conduire, à long terme, à un effondrement progressif des colonies, en particulier des plus faibles.

2.10. Augmentation de la mortalité hivernale

Les conditions climatiques défavorables peuvent également entraîner une augmentation de la mortalité hivernale des colonies et, dans certains cas, provoquer la mort de la reine, perturbant gravement l'équilibre interne de la ruche (Belkacem et Larbi, 2023).

En Algérie, plusieurs apiculteurs ont signalé une mortalité hivernale dépassant 30 % dans certaines régions montagneuses durant la période 2018–2023, illustrant la gravité de

ce phénomène ainsi que la menace croissante qu'il représente pour la durabilité des colonies apicoles.

2.11. Fragilisation immunitaire et maladies

Le stress thermique et nutritionnel affaiblit le système immunitaire des abeilles, les rendant plus vulnérables aux maladies. Ce stress chronique réduit notamment la production de peptides antimicrobiens, tels que la défensine, qui jouent un rôle essentiel dans la lutte contre les infections (Djellouli et al., 2017).

Les déséquilibres alimentaires provoqués par la raréfaction des ressources florales affectent également la diversité du microbiote intestinal des abeilles, lequel occupe une place centrale dans leur système immunitaire (Chehat et Boudiaf, 2021).

2.12. Prolifération des parasites et pathogènes

Le changement climatique contribue de manière significative à la prolifération de nombreux agents pathogènes menaçant la santé et la survie des colonies d'abeilles.

Parmi les parasites les plus préoccupants figure *Varroa destructor*, un acarien qui parasite les larves et les abeilles adultes, affaiblissant les colonies et transmettant plusieurs virus dangereux.

De même, *Nosema ceranae*, une microsporidie intestinale, se développe particulièrement durant les hivers doux et les printemps humides, conditions favorables à sa propagation.

À cela s'ajoutent le virus des ailes déformées (DWV) ainsi que les virus chroniques, dont la fréquence augmente considérablement en période de stress climatique (ITAFV, 2020). Le réchauffement global prolonge la période d'activité de ces agents pathogènes, accentuant ainsi leur pression sur les colonies et compromettant durablement la résilience des populations d'abeilles.

2.13. Interaction entre pesticides et stress climatique

Les résidus de pesticides, notamment les néonicotinoïdes, les fongicides et les insecticides, combinés au stress climatique, aggravent considérablement la mortalité des abeilles. Sous l'effet de fortes chaleurs, le métabolisme des abeilles s'accélère, ce qui augmente l'absorption ainsi que la toxicité des substances chimiques (Goulson, 2013).

Certaines études montrent également que plusieurs pesticides deviennent plus neurotoxiques à des températures élevées, accentuant la désorientation, la perte de mémoire olfactive et la mortalité des butineuses.

Les températures excessives peuvent aussi provoquer une stérilité partielle chez les mâles (faux-bourçons) ainsi qu'une ponte irrégulière chez la reine. Les reines exposées à de fortes températures durant leur développement présentent souvent une durée de vie

réduite et une fécondité plus faible (Ministère de l'Agriculture, 2022). Cette situation affecte directement la stabilité démographique des colonies.

2.14. Cas spécifiques observés en Algérie

En Algérie, plusieurs observations récentes témoignent de l'impact croissant du changement climatique sur l'apiculture.

Dans la région de Tizi Ouzou, les apiculteurs ont constaté une augmentation soudaine des infestations par *Varroa destructor* après les étés exceptionnellement chauds des années 2021 et 2022.

À Laghouat, les printemps très courts ont entraîné une floraison rapide et éphémère de l'alfa, privant les abeilles de ressources alimentaires après la période de transhumance (CNDREB, 2019).

De même, dans les wilayas de Chlef et Relizane, plusieurs apiculteurs ont signalé des pertes totales de colonies à la suite de canicules prolongées, souvent aggravées par l'utilisation d'insecticides agricoles.

De manière générale, les apiculteurs algériens sont aujourd'hui confrontés à une baisse importante de la production de miel, à des mortalités fréquentes des colonies ainsi qu'à une imprévisibilité climatique croissante, compliquant la planification des activités apicoles (Bouguerra, 2020).

2.15. Pratiques de transhumance apicole

La transhumance apicole désigne le déplacement saisonnier des ruches vers des régions où la floraison est favorable, afin d'assurer aux colonies un accès continu aux ressources nectarifères et pollinifères (INRAA, 2019).

En Algérie, cette pratique représente un élément essentiel de l'apiculture professionnelle en raison de la forte variabilité climatique et de la répartition hétérogène de la flore mellifère sur le territoire national.

Durant l'été, de nombreux apiculteurs des Hauts Plateaux déplacent leurs ruches vers les zones littorales plus humides, notamment les massifs forestiers de Tizi Ouzou, Béjaïa et Jijel, où se succèdent les floraisons du caroubier (*Ceratonia siliqua*), de l'eucalyptus (*Eucalyptus* spp.) et d'autres espèces mellifères. Ces régions offrent un microclimat plus frais et plus stable, favorable à l'activité des butineuses durant les périodes de fortes chaleurs.

À l'inverse, en hiver, les apiculteurs déplacent leurs ruches vers les zones semi-arides plus chaudes telles que Biskra, Laghouat, Djelfa et El Oued, où les floraisons des agrumes, de la luzerne et de diverses plantes spontanées permettent de maintenir l'activité des colonies et d'éviter les périodes de disette (INRAA, 2019 ; Bouslama et al., 2020).

Cette mobilité stratégique est devenue encore plus importante avec les changements climatiques, qui modifient les périodes de floraison et rendent indispensable une gestion spatio-temporelle adaptée des ruches afin de préserver la production de miel et la santé des colonies.

2.16. Alimentation de substitution

En l'absence de nectar naturel, de nombreux apiculteurs algériens utilisent des aliments artificiels afin de maintenir la survie et l'activité de leurs colonies. Parmi ces substituts figurent principalement le sirop de sucre ou le glucose, employés pour remplacer le nectar, ainsi que des pâtes protéinées à base de levures ou de pollen, destinées à stimuler le développement du couvain (ITAFV, 2020).

Cependant, cette pratique, lorsqu'elle est mal maîtrisée ou utilisée de manière excessive, peut entraîner un affaiblissement du système immunitaire des abeilles en raison d'un déséquilibre nutritionnel.

Par ailleurs, une utilisation prolongée de ces compléments alimentaires peut altérer la qualité du miel produit en modifiant sa composition chimique ainsi que ses propriétés organoleptiques, ce qui peut réduire sa valeur commerciale et nutritionnelle.

2.17. Choix des souches résistantes

Les apiculteurs algériens s'orientent de plus en plus vers la sélection de souches locales d'abeilles capables de mieux résister aux conditions climatiques extrêmes, un enjeu devenu majeur dans le contexte du réchauffement climatique.

Parmi ces souches, *Apis mellifera sahariensis*, largement répandue dans les régions sahariennes et présahariennes, se distingue par une remarquable tolérance à la chaleur, à la sécheresse et aux fortes amplitudes thermiques. Son comportement frugal, sa capacité à maintenir une activité de butinage à des températures élevées ainsi que sa résistance relative aux périodes de disette en font une sous-espèce particulièrement intéressante pour les apiculteurs du sud du pays (Djellouli et al., 2017).

Dans les régions du Tell central et des Hauts Plateaux, on observe également l'existence d'hybrides rustiques issus de croisements naturels entre différentes sous-espèces locales. Ces populations hybrides présentent des caractéristiques adaptatives importantes, notamment une meilleure résistance au stress thermique, une adaptation aux variations saisonnières de la floraison ainsi qu'une certaine robustesse face aux pathogènes courants.

Cependant, bien que cette stratégie contribue à renforcer la résilience des colonies, elle nécessite un encadrement rigoureux fondé sur un suivi génétique afin d'éviter les risques de dérive génétique, d'homogénéisation excessive ou de perte progressive de diversité, éléments essentiels à la stabilité durable des populations d'abeilles (Djellouli et al., 2017).

2.18. Amélioration de l'habitat apicole

Afin de réduire les effets néfastes des fortes températures, plusieurs aménagements environnementaux sont mis en place autour des ruches. Les apiculteurs privilégient notamment l'installation des ruches à l'ombre, sous des abris végétaux ou des filets pare-soleil, afin de limiter l'exposition directe au rayonnement solaire.

Certains utilisent également des matériaux isolants tels que la mousse, le liège ou des parois en bois épais, permettant de maintenir une température interne plus stable à l'intérieur des ruches.

La gestion des courants d'air ainsi que l'orientation stratégique des ruches en fonction des saisons complètent ces mesures d'adaptation (Chehat et Boudiaf, 2021). Ces pratiques contribuent à réduire le stress thermique, à préserver la vitalité des colonies et à améliorer leur taux de survie durant les périodes de fortes chaleurs.

2.19. Rôle des coopératives et associations apicoles

Face aux défis imposés par les changements climatiques, les associations régionales d'apiculteurs, notamment celles de Tizi Ouzou, Mila et El Bayadh, jouent un rôle essentiel dans le soutien et la coordination des acteurs du secteur apicole.

Ces structures favorisent le partage d'informations concernant les périodes de floraison ainsi que l'identification des zones à fort potentiel mellifère, permettant une meilleure organisation des déplacements des ruches.

Elles assurent également des formations techniques portant sur les pratiques apicoles résilientes, la gestion durable des colonies et l'adaptation aux conditions environnementales locales. Par ailleurs, elles facilitent l'achat collectif d'aliments, de cire et de traitements sanitaires, contribuant ainsi à réduire les coûts de production (Djellouli et al., 2017).

Certaines coopératives coordonnent également des opérations de transhumance collective, optimisant les moyens logistiques et renforçant la solidarité entre les apiculteurs face aux contraintes climatiques.

2.20. Soutien institutionnel et politique

L'État algérien a mis en place plusieurs dispositifs de soutien destinés à renforcer la résilience du secteur apicole face aux changements climatiques. Ces mesures comprennent notamment des subventions pour l'achat de ruches, de cire gaufrée et d'essaims, ainsi que des programmes de reboisement ciblant des espèces mellifères telles que le caroubier (*Ceratonia siliqua*) et le jujubier (*Ziziphus lotus*). Par ailleurs, l'agriculture biologique est encouragée à travers des exonérations fiscales et diverses aides financières (Ministère de l'Agriculture, 2022).

Cependant, ce soutien institutionnel demeure inégalement réparti entre les différentes wilayas, et les lenteurs administratives limitent parfois l'accès effectif aux aides disponibles.

Face à ces contraintes, de nombreux apiculteurs développent des initiatives innovantes reposant sur des moyens locaux et peu coûteux. Certains utilisent des capteurs électroniques de température et d'humidité permettant de surveiller à distance l'état des colonies à l'aide d'applications mobiles spécialisées. D'autres expérimentent le recyclage de matériaux naturels tels que l'argile et le liège pour fabriquer des ruches isolantes adaptées aux conditions arides du Sud (Chehat et Boudiaf, 2021).

Ces initiatives illustrent la capacité d'adaptation et l'esprit d'innovation des apiculteurs algériens malgré des ressources parfois limitées. En parallèle, un intérêt croissant est accordé à la recherche appliquée, notamment sur les souches locales d'abeilles et les plantes nectarifères endémiques, dans le but d'améliorer la productivité et la durabilité du cheptel apicole (Belkacem et Larbi, 2023).

Ainsi, la collaboration entre chercheurs, apiculteurs et décideurs publics apparaît comme un levier essentiel pour construire une filière apicole nationale plus résiliente et durable face aux changements climatiques.

Partie expérimental

Chapitre I:

Présentation de la zone d'étude

Situation géographique

Le terme *Dahra*, dérivé de l'arabe *dahr* signifiant « dos », désigne l'ensemble de la région située au nord de la grande dépression du Chélif et s'étendant vers l'est jusqu'à l'oued Damous. Cette région comprend à la fois une zone de plateaux et une zone montagneuse.

Les monts du Dahra constituent une chaîne montagneuse appartenant à l'Atlas tellien occidental côtier. Ils sont formés d'un ensemble de hautes collines aux formes relativement douces, se terminant brutalement sur la mer par d'importantes falaises. Cette chaîne montagneuse forme une dorsale séparant la vallée du Chélif au sud de la mer Méditerranée au nord.

Le Dahra, ainsi défini, comprend:

- Une région montagneuse et forestière dont les crêtes dépassent fréquemment 1 000 mètres d'altitude. Elle englobe notamment les massifs de Miliana, de Ténès et des Béné Chougrane.
- Une zone intermédiaire située en bordure de la précédente, faiblement accidentée et atteignant environ 700 mètres d'altitude. Elle est constituée d'une succession de plateaux, horizontaux à l'ouest et plus ou moins inclinés vers la plaine du Chélif à l'est. Contrairement à la région montagneuse, cette zone présente généralement une couverture végétale réduite.
- Une région basse correspondant à la plaine du Chélif.

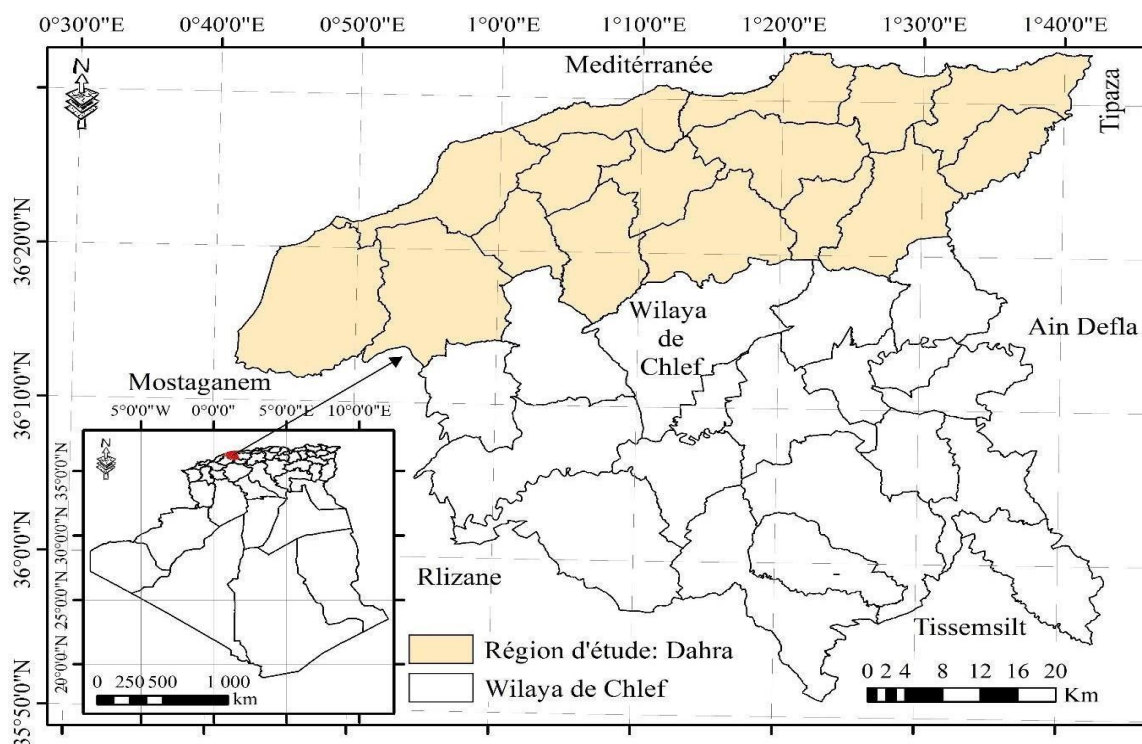


Figure 2.1 : Situation géographique de Dahra.

Relief et topographie

Le relief de la région peut être subdivisé en deux sous-ensembles distincts :

- Le premier correspond aux reliefs littoraux en relation directe avec la façade maritime. Ces reliefs, fortement boisés, appartiennent à la chaîne du Dahra. Ils présentent une exposition générale orientée vers le nord, et leur évolution est largement influencée par l'action marine.
- Le second concerne les reliefs de l'arrière-pays du Dahra, situés au sud de la première série de reliefs littoraux. Ces reliefs, exposés au sud, sont nettement moins boisés que les reliefs côtiers.

Les deux ensembles des monts du Dahra, aussi bien littoraux qu'intérieurs, présentent un relief différencié du nord au sud. Le long du littoral, on observe des montagnes moyennes formées d'une succession de petits massifs morcelés et fortement accidentés.

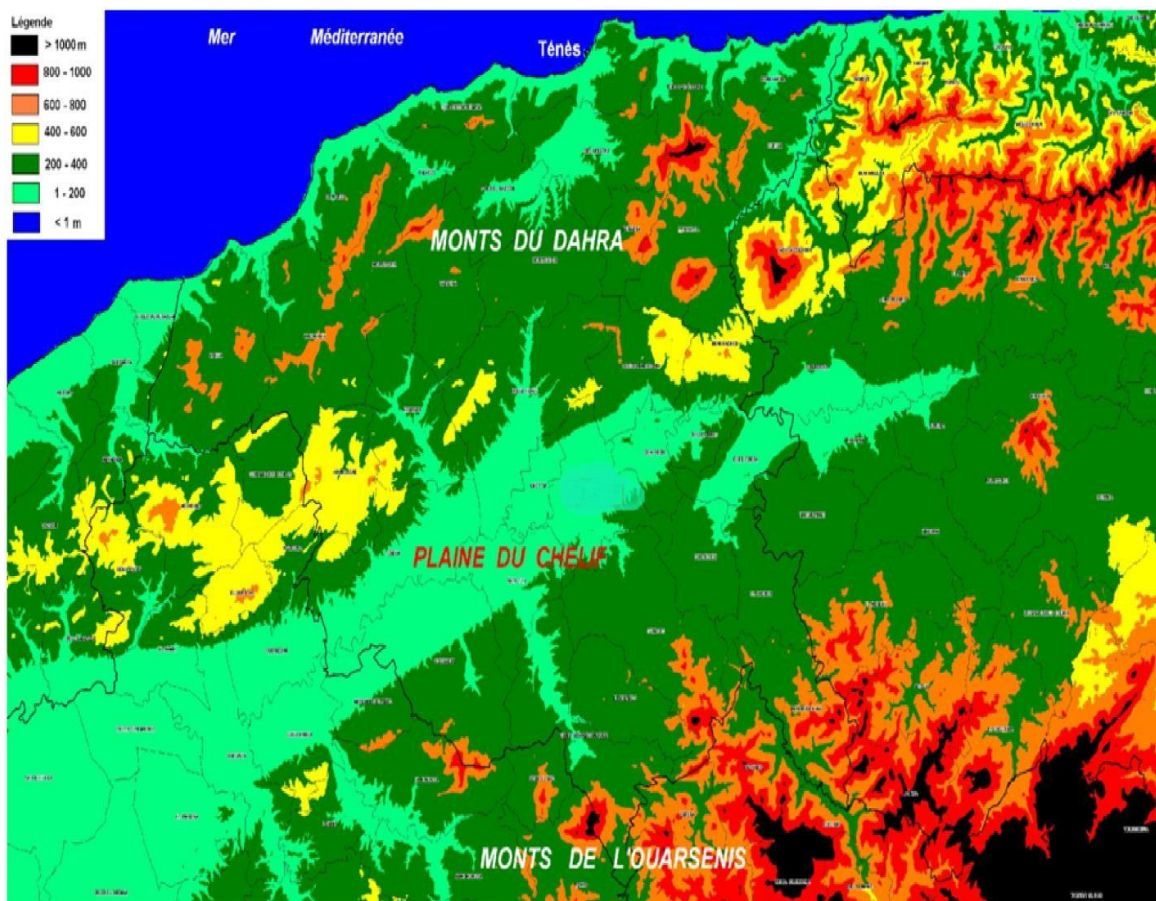


Figure 2.2 : Carte des principaux domaines morphologiques de DAHRA. (CFC; 2010)

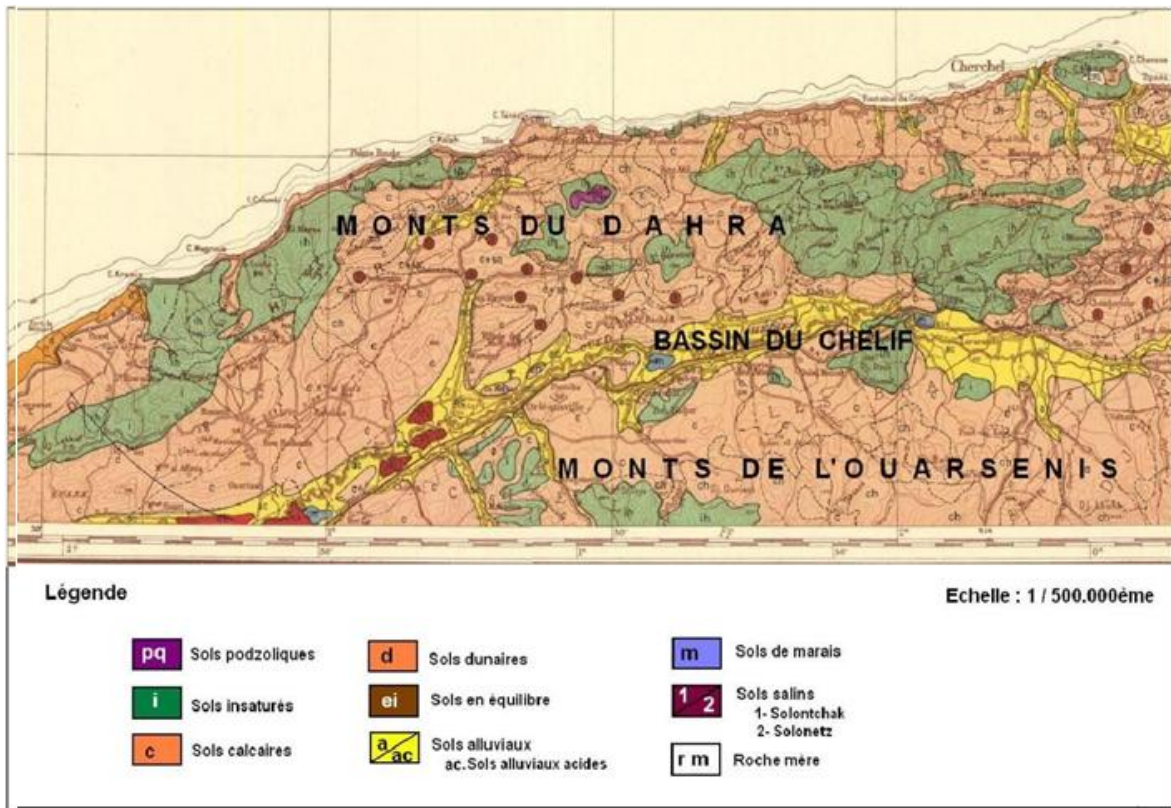


Figure 2.3 : Carte des sols de la région de DAHRA (Durand ;1954)

Géologie

Selon Brives (1897), le Dahra comprend une zone de plateaux et une zone montagneuse.

La zone des plateaux, constituée principalement de terrains miocènes et pliocènes, présente un relief peu accidenté dépassant rarement 100 m d'altitude. Elle est généralement pauvre en végétation, ne comportant que quelques touffes de palmiers nains, de jujubiers sauvages, d'asperges et de cistes, ainsi que de petits bois d'oliviers dispersés.

Les plateaux, horizontaux dans la partie ouest, s'inclinent progressivement ou brutalement vers la plaine du Chéiff à l'est. C'est également dans la partie occidentale qu'ils atteignent leur plus grande extension. Le plateau de Ouillis et des Achache, prolongement du plateau de Mostaganem, s'étend ainsi sur le versant maritime depuis la coupure du Chéiff jusqu'au cap Ivi et à l'oued Kramis.

La zone montagneuse est formée essentiellement de terrains crétacés des étages supérieurs. L'étage argilo-gréseux y est particulièrement développé et souvent associé aux grès de l'Éocène supérieur, conférant au Dahra son caractère géologique spécifique. En raison de la nature siliceuse des sols, les chênes y dominent, tandis que les pins d'Alep occupent principalement les terrains calcaires sénoniens ou miocènes.

L'axe principal du massif, orienté du sud-ouest vers le nord-est, s'étend depuis l'embouchure du Chéliff jusqu'à Ténès, puis se prolonge vers l'est jusqu'à la crête des Zatyra. On y distingue d'abord le massif des Baâch et des Ouled Abdallah, constitué de deux chaînes parallèles culminant entre 500 et 700 m d'altitude. Ce massif reproduit l'inflexion de la côte vers le sud au niveau de l'île Colombi, tandis que les gorges de Tarzout et de Ténès le traversent.

Au-delà de l'oued Allala s'étend le massif de Ténès et des Béni-Hidja, culminant à 1 150 m au djebel Bissa. Malgré son altitude relativement modeste, ce massif présente un relief très accidenté et un paysage pittoresque.

Du point de vue géologique, cette région montagneuse possède une identité bien marquée. Elle est essentiellement constituée de terrains anté-helvétiques. Les formations crétacées y sont largement représentées en surface, bien que leur répartition soit inégale. À l'est de l'oued Damous, les étages moyens, notamment le Gault et le Cénomanien, sont bien développés, alors qu'ils disparaissent complètement vers l'ouest. À l'inverse, les formations supérieures, en particulier le Sénonien et surtout le Danien, dominent dans la partie occidentale et contribuent fortement au caractère particulier du Dahra.

Le Dahra débute ainsi à l'oued Damous et, bien qu'il soit relié au massif de Miliana, il s'en distingue nettement par son caractère gréseux. L'oued Damous peut donc être considéré comme la limite orientale naturelle de cette région.

Le littoral du Dahra présente un aspect sauvage marqué par des falaises rectilignes sujettes à des éboulements longitudinaux. Les couches argileuses supportant les grès glissent parfois en masse, comme cela a notamment été observé au cap Kramis.

Chapitre II:
Matériel et Méthode

Matériel et Méthodes

1- Station d'étude

Les recherches ont été menées dans l'Atlas tellien, région située au nord-ouest de l'Algérie. L'Atlas tellien représente l'une des régions les plus importantes du pays pour l'apiculture. Il compte environ 950 apiculteurs professionnels et 3 000 apiculteurs amateurs, gérant près de 30 000 ruches enregistrées, avec une production estimée à plus de 10 tonnes de miel en 2024.

Dans le cadre de cette étude, deux zones ont été sélectionnées : le versant sud du Dahra et le versant nord de l'Ouarsenis.

Le versant sud du Dahra correspond à une région partiellement plane et vallonnée, caractérisée par une mosaïque d'environnements fluviaux, de terres agricoles et de zones forestières dominées principalement par les chênes. L'apiculture y constitue une activité importante, pratiquée par plusieurs apiculteurs professionnels possédant des ruchers permanents et pratiquant également la transhumance.

Le versant nord de l'Ouarsenis est quant à lui caractérisé par la prédominance des genévriers et des oléastres. L'activité apicole y est essentiellement pratiquée dans des ruchers permanents. Elle est généralement exercée comme activité secondaire, principalement par de petites exploitations apicoles.

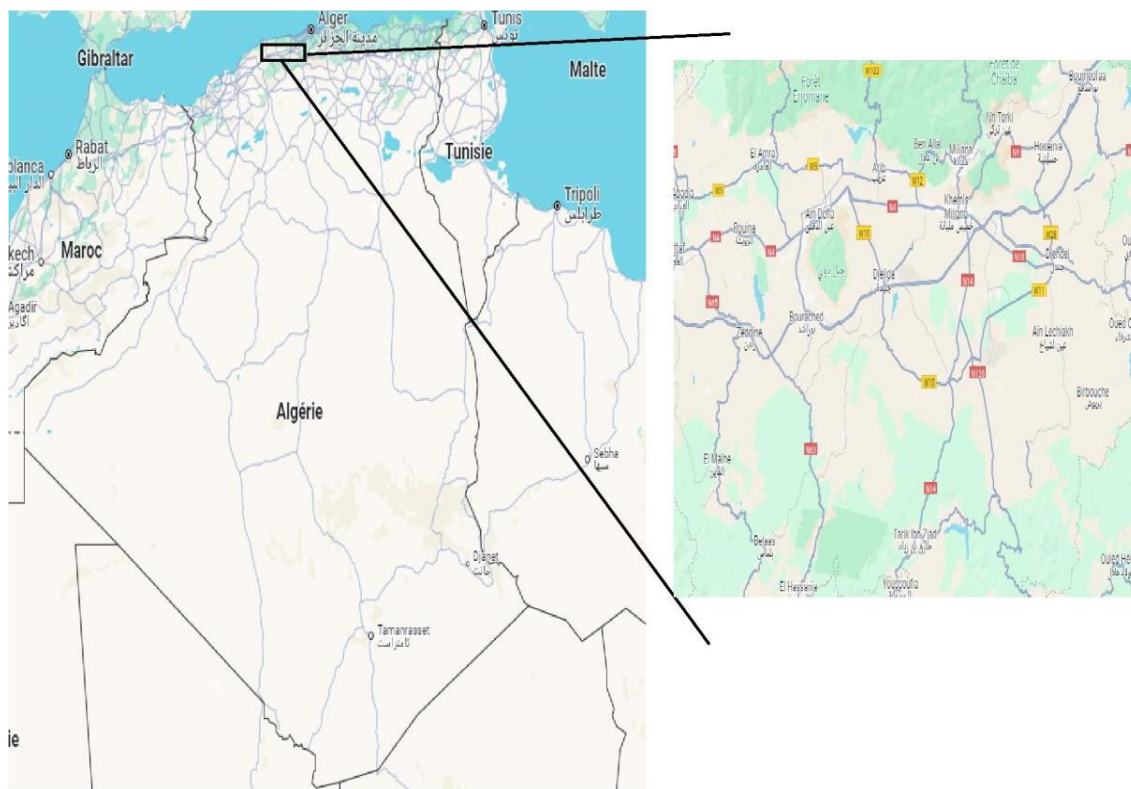


Figure 2.4 : Carte de situation de la zone d'étude.

2. Enquête

Deux groupes de discussion ont été constitués: le groupe G1 dans la zone 1 et le groupe G2 dans la zone 2. Les critères de sélection des participants comprenaient le nombre de ruches possédées, l'expérience en apiculture ainsi que le type d'activité apicole pratiquée (professionnelle ou amateur).

Table 3: Le type d'activité apicole.

	G1	G2
Professionnelle	08	02
Amateur	04	10

L'âge des apiculteurs interrogés variait entre 22 et 66 ans. Les participants comprenaient à la fois des apiculteurs professionnels et amateurs. Sept participants possédaient une certification en apiculture.

Le nombre de ruches détenues variait de 12 à 320. Le groupe présentait également une forte diversité en termes d'expérience, incluant des apiculteurs exerçant cette activité depuis plus de 30 ans ainsi que d'autres ayant débuté depuis moins de deux ans.

Dix apiculteurs produisaient exclusivement du miel, tandis que les autres produisaient à la fois du miel et des reines.

Les discussions avaient pour objectif d'amener les participants à répondre à trois questions principales :

1. Quels effets du changement climatique avez-vous observés sur les abeilles et l'apiculture au cours des dix dernières années ?
2. Les effets du changement climatique ont-ils conduit à l'adoption de stratégies d'atténuation ou à une modification des pratiques de gestion apicole ?
3. Quels sont les aspects positifs et les principales difficultés de l'apiculture ?

La troisième question visait à identifier les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces liées à l'apiculture dans la zone étudiée.

La première étape de l'étude a consisté en l'analyse et l'interprétation des données issues des discussions. Les réponses ont ensuite été comparées selon les différents profils des participants. Enfin, les informations recueillies ont été synthétisées, tandis que les principaux termes et expressions utilisés par les répondants ont servi à appuyer les résultats obtenus.

2. Expérimentations

Durant une période de cinq mois consécutifs, de février à juin 2025, nous avons suivi les activités d'*Apis mellifera* au sein de 35 colonies maintenues dans des ruches Langstroth.

Au début de l'étude, toutes les colonies présentaient approximativement la même taille de population. Chaque colonie était constituée de six cadres de couvain et de deux cadres de réserves alimentaires, les abeilles couvrant six des huit cadres.

L'ensemble des colonies étudiées était dirigé par des reines telliennes du même âge.

2.1. Charges de pollen

Nous avons observé et enregistré le nombre d'abeilles revenant à la ruche avec des charges de pollen au niveau de leurs corbicules pendant une durée de trois minutes par jour dans chacune des colonies étudiées.

Toutes les observations ont été réalisées à partir de 10 h 30, sur la période allant de février à juin 2025.

La figure 2.5 : illustre le comptage des butineuses transportant des charges de pollen.



Figure 2.5: comptage des butineuses chargées de pollen.

2.2. Pesée des ruches

Deux méthodes ont été utilisées pour la pesée des ruches:

- **Méthode simple:** elle consiste à soulever légèrement l'arrière de la ruche à l'aide d'une main ou d'un peson (balance à ressort).

- **Méthode précise:** elle consiste à peser séparément l'avant et l'arrière de la ruche à l'aide d'un peson, puis à additionner les deux valeurs obtenues afin de déterminer le poids total de la ruche.

Les figures 2.6 et 2.7: présentent le matériel ainsi que la méthode utilisés pour la pesée des ruches.



Figure 2.6 : Matériels utilisée pour la pesée des ruches.



Figure 2.7 : méthode de pesée la poids des ruche.

2.3. Inspection visuelle des cadres

L'inspection visuelle des cadres consiste à ouvrir la ruche puis à retirer les cadres un par un afin d'estimer le nombre de cadres de hausse ou de corps contenant du miel operculé.

La photo 2 8 illustre un cadre de ruche en activité montrant des alvéoles remplies de miel ainsi que la présence d'abeilles ouvrières sur les rayons. Cette observation témoigne du bon développement du couvain et de la richesse mellifère de la région étudiée.



Figure 2.8 : Inspection visuelle des cadres.

Chapitre III:

Résultats

Résultats**1. Données climatiques:**

Les données climatiques utilisées dans le cadre de ce mémoire proviennent de la station météorologique 604300 relevant de l'Office National de la Météorologie de Miliana. Cette station est située à une altitude de 721 m et possède les coordonnées suivantes :

- Latitude : 36°03' N
- Longitude : 2°23' E

Selon Chara (1987), les facteurs climatiques tels que la pluviométrie, la température et l'hygrométrie, associés à la physionomie des biotopes, influencent la répartition des insectes ainsi que celle des essences forestières. Ces dernières sont principalement conditionnées par la température, les précipitations et l'ensoleillement.

L'augmentation des températures mondiales, les modifications du régime des précipitations ainsi que la fréquence accrue des phénomènes météorologiques extrêmes exercent des effets importants sur les colonies d'abeilles. Les abeilles sont particulièrement sensibles aux variations de température et de précipitations, car leur biologie dépend directement de la disponibilité des plantes à fleurs et de conditions météorologiques stables pour le butinage (Le Conte et al., 2008).

Températures:

La température exerce une influence importante sur le développement des abeilles. Ces organismes poïkilothermes dépendent directement des conditions climatiques extérieures, qui régulent la vitesse de leur métabolisme (Anderwanthe et Bireli, 1954).

La température interne des abeilles varie en fonction de la température ambiante, ce qui explique le rôle essentiel de ce facteur dans leur développement et leur activité biologique.

Le tableau 4 présente les températures moyennes, minimales et maximales enregistrées dans la zone d'étude, extrapolées à partir des données de la station météorologique de Miliana durant la période 2014–2023. Les températures maximales les plus élevées ont été observées durant les mois de juillet et août, tandis que les températures minimales les plus basses ont été enregistrées en janvier et février.

Table 4: Moyennes des températures minimales et maximales de la zone d’étude extrapolées à partir de la station de Miliana (2014–2023).

	temp/ mois	Janv.	Fév.	Mars	Avri	Mai	Jui	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Stat.	m	5,81	5,75	8,3	10,74	14,13	18,66	22,71	22,25	18,11	15,12	9,9	6,68
Milina	M	12,47	12,93	16,6	19,83	24,13	30,25	35,04	34,7	29,38	25,13	17,63	13,23

La température moyenne mensuelle la plus basse est de 5,81 °C, enregistrée durant le mois de janvier, tandis que les mois de juillet et d’août sont les plus chauds, avec des températures maximales moyennes respectives de 35,04 °C et 34,70 °C.

Le tableau 3: présente également les températures mensuelles moyennes observées durant les périodes 2008–2014, 2015–2019 et 2020–2024, à partir des données extrapolées de la station météorologique de Miliana.

Table 5: Moyennes des températures de la zone d’étude durant les périodes 2008–2014, 2015–2019 et 2020–2024

		JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	MOY
	M	18,74	18,79	24,22	27,07	35,96	37,31	39,33	35,43	34,19	31,99	27,63	22,59	29,4375
2008-2014	m	3,3	3,05	3,96	6,64	9,23	15,61	19,71	20,42	15,76	10,2	9,72	4,7	10,1916667
	Moy	11,02	10,92	14,09	16,855	22,595	26,46	29,52	27,925	24,975	21,095	18,675	13,645	19,8145833
	M	18,71	22,22	23,44	25,13	32,34	35,34	38,04	39,18	33,66	29,34	27,97	20,35	28,81
2015-2019	m	3,34	3,28	4,12	8,36	11,77	15,69	16,92	20,09	16,73	11,89	7,6	4,39	10,3483333
	Moy	11,025	12,75	13,78	16,745	22,055	25,515	27,48	29,635	25,195	20,615	17,785	12,37	19,5791667
	M	22,05	23,29	27,14	36,22	30,73	36,83	42,89	38,43	36,06	32,33	27,92	24,97	31,5716667
2020-2024	m	5,28	7,02	6,74	9,05	11,29	15,57	19,57	21,64	16,17	11,64	11,51	5,43	11,7425
	Moy	13,665	15,155	16,94	22,635	21,01	26,2	31,23	30,035	26,115	21,985	19,715	15,2	21,6570833

La plus basse température moyenne mensuelle enregistrée est de 10,92 °C durant le mois de février pour la période 2008–2014. À l’inverse, la température moyenne la plus élevée a été observée durant le mois de juillet au cours de la période 2020–2024.

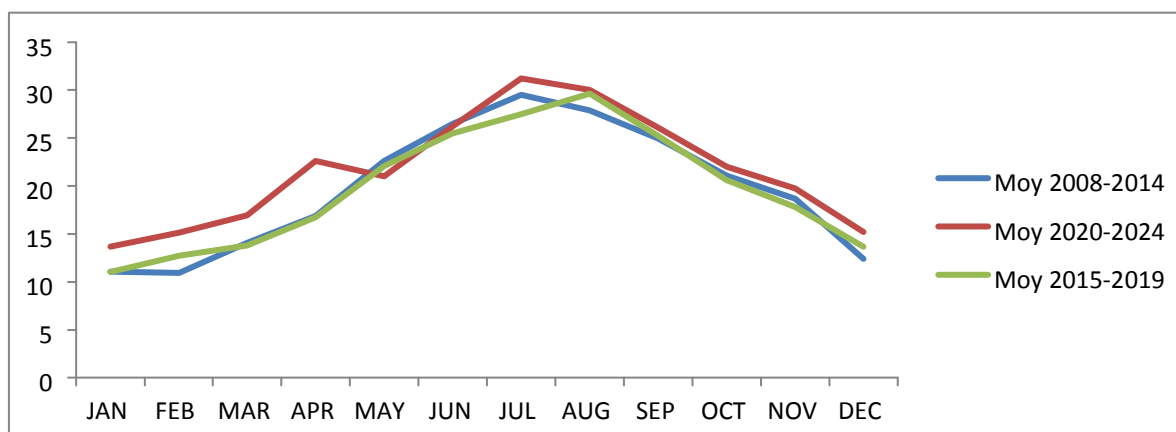


Figure 3.1: température moyenne mensuelle

La figure 3.1: présente les températures journalières moyennes observées entre le 15/05 et le 15/06 pour les périodes 2008–2017 et 15/05/2025–15/06/2025, à partir des données extrapolées de la station météorologique de Miliana.

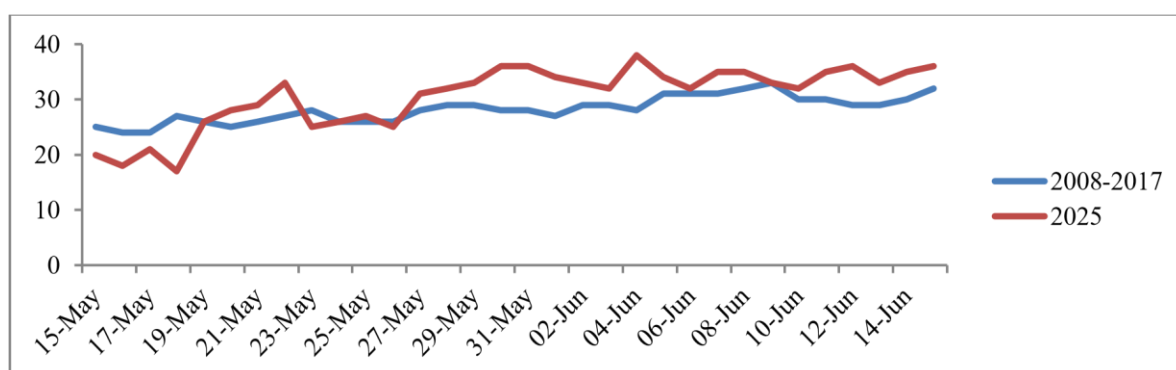


Figure 3.2: Températures journalières moyennes observées entre les périodes 2008–2017 (du 15/05 au 15/06) et 15/05/2025–15/06/2025

Selon la figure 3 2, la température moyenne observée entre le 15 mai et le 15 juin durant la période 2008–2017 présente une augmentation lente et régulière. En revanche, les températures enregistrées durant la même période en 2025 montrent des variations plus marquées et moins stables.

2- Résultats d'enquête

2-1- Perception des apiculteurs sur les effets du changement climatique au cours des dernières années:

Les apiculteurs interrogés ont mis en évidence une diminution des ressources en nectar et en pollen, accompagnée de la disparition de certains types de miel. Ils ont également signalé une réduction des réserves alimentaires dans le nid, compromettant ainsi la survie des colonies durant l'hiver. Selon eux, le nectar est devenu souvent insuffisant, voire absent dans certaines fleurs.

Ces dernières années, les floraisons ont été jugées peu productives, entraînant une baisse du rendement en miel ainsi que l'obtention d'un miel plus clair que le miel sombre habituellement produit dans la région. Le miel de fleurs de montagne a également été récolté en faibles quantités.

Les apiculteurs ont néanmoins observé que, dans certaines zones, la production de miel issu du jujubier sauvage était plus abondante. Ils ont aussi indiqué une diminution importante de la production de pollen, notamment celui provenant d'*Inula visqueuse*.

Concernant les événements climatiques extrêmes, les participants ont précisé que le manque d'eau affectait directement la vigueur des colonies, leur stabilité ainsi que leur développement.

Afin de compenser la diminution des sources naturelles de pollen causée par les sécheresses printanières, les apiculteurs distribuent au printemps d'importantes quantités de candi enrichi en protéines.

Les participants ont également signalé des changements dans le comportement de butinage des abeilles mellifères. Selon eux, les abeilles exploitent désormais de nouvelles espèces florales auparavant peu visitées, comme les fleurs d'oléastre et de *Spartium*, devenues récemment des sources importantes de butinage.

Par ailleurs, les apiculteurs ont observé une modification des horaires et de la durée des activités de vol et de butinage des abeilles. Certains ont notamment déclaré : « Parfois, les abeilles mellifères ne butinent que de 5 h à 7 h ».

Selon les apiculteurs professionnels, la courte durée des floraisons réduit fortement la récolte de nectar, comme cela a été observé pour certaines espèces telles que *Rubus idaeus* 'Black Jewel'.

Les apiculteurs ont également souligné qu'en raison des hivers de plus en plus doux, les infestations par *Varroa destructor* sont devenues plus importantes, la reine n'interrompant plus naturellement sa ponte. Cette situation rend la lutte contre le varroa plus difficile en raison de la présence quasi permanente du couvain.

Enfin, les participants ont exprimé leurs préoccupations concernant les problèmes de reproduction, notamment l'échec de la fécondation des reines. Selon eux, les déséquilibres provoqués par l'instabilité climatique entraînent une fragilisation progressive et parfois la perte des colonies.

2-2 Stratégies et changements dans les ruches et les pratiques de gestion des ruchées:

Les principales mesures adoptées par les apiculteurs en réponse aux effets du changement climatique ont été largement partagées entre les participants.

Les apiculteurs ont convenu que l'action la plus importante face au manque de nectar consiste à fournir une alimentation complémentaire aux colonies. Du sirop ou du candi est distribué afin d'assurer leur survie, non seulement durant les périodes de faible floraison associées aux températures extrêmes en été et en hiver, mais également pendant les périodes de récolte, en automne et parfois même à la fin du printemps.

Les participants ont également souligné l'importance croissante des infestations par *Varroa destructor*. Selon eux, le changement climatique favorise la prolongation de la ponte des reines durant l'hiver, ce qui permet une reproduction continue du parasite. Cette situation réduit l'efficacité des traitements classiques et nécessite l'adoption de nouvelles stratégies de lutte.

La lutte contre le varroa repose principalement sur l'utilisation de différents traitements, notamment des acaricides de synthèse ainsi que des acides oxalique et formique.

Table 6 : Quantité de sirop distribuée par ruche (en litres)

	2024	2014
Printemps	De 1.5 à 06	0
Eté	De 06 à 09	04
Automne	De 04 à 06	04
Hiver	04	04

Les apiculteurs professionnels ont également indiqué qu'il n'existe pas de solution définitive face au changement climatique, notamment en raison de l'insuffisance des ressources protéiques naturelles pour les abeilles mellifères.

La transhumance est ainsi devenue une pratique indispensable, impliquant le déplacement des ruches vers les zones montagneuses durant l'été et vers les régions sahariennes pendant l'automne et l'hiver.

Par ailleurs, l'utilisation de ruches à nombre réduit de cadres (8, 7, 6 voire 5 cadres) pour la production de miel devient de plus en plus fréquente en raison des épisodes de sécheresse observés ces dernières années. L'utilisation de ruches contenant entre 5 et 8 cadres constitue une stratégie adaptée aux régions à floraison limitée. Cette pratique favorise une apiculture plus légère, plus mobile et mieux adaptée aux contraintes climatiques actuelles. Toutefois, les rendements restent modestes et nécessitent une gestion plus rigoureuse des colonies.

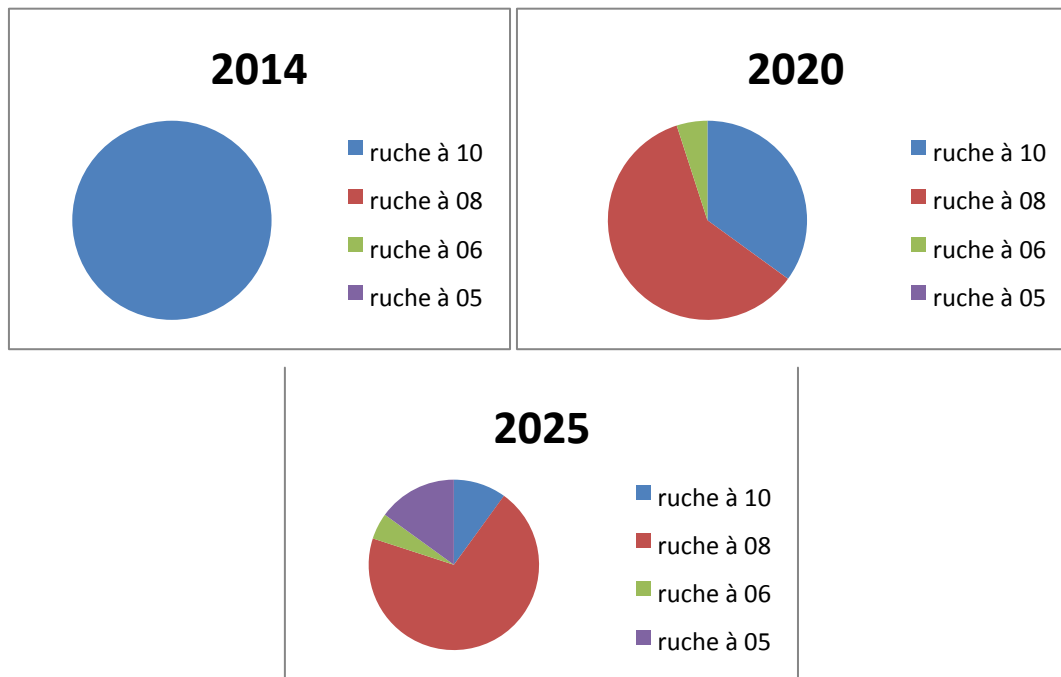


Figure 3.3 : illustre l'utilisation de ruches comportant différents nombres de cadres par les apiculteurs entre 2014, 2020 et 2025.

Des figures représente les différents ruches de déférents nombres de cadres



Figure 3. 4 : Ruches à 08 cadres avec hausses.



Figure 3. 5 : Ruches à 06 cadres avec hausses.



Figure 3. 6 : Ruches à 05 cadres avec hausses.



Figure 3. 7 : Ruches à 10 cadres avec hausses.

3- L'ensemble des observations et des mesures obtenues lors de la réalisation de notre expérience :

3-1 Charges de pollen

Le nombre de butineuses collectant du pollen par colonie a varié de 0 à 223 individus durant trois minutes d'observation, avec une moyenne de $31 \pm 29,07$.

Au cours de la période d'étude, les températures ont varié entre 16,3 et 33,0 °C, tandis que la couverture nuageuse fluctuait entre 0 et 20 %. Les précipitations enregistrées étaient nulles et la vitesse du vent variait de 0 à 14 m/s.

La période de butinage la plus intense a été observée entre le 15/05 et le 28/05/2025, avec un nombre moyen de butineuses transportant du pollen estimé à $96,47 \pm 65,08$.

En revanche, durant la période allant du 29/05 au 04/06/2025, le nombre moyen de butineurs revenants avec des charges polliniques a fortement diminué pour atteindre $5,2 \pm 0,24$.

Entre le 05/06 et le 15/06/2025, le nombre moyen de butineuses transportant du pollen était de $9,4 \pm 6,52$.

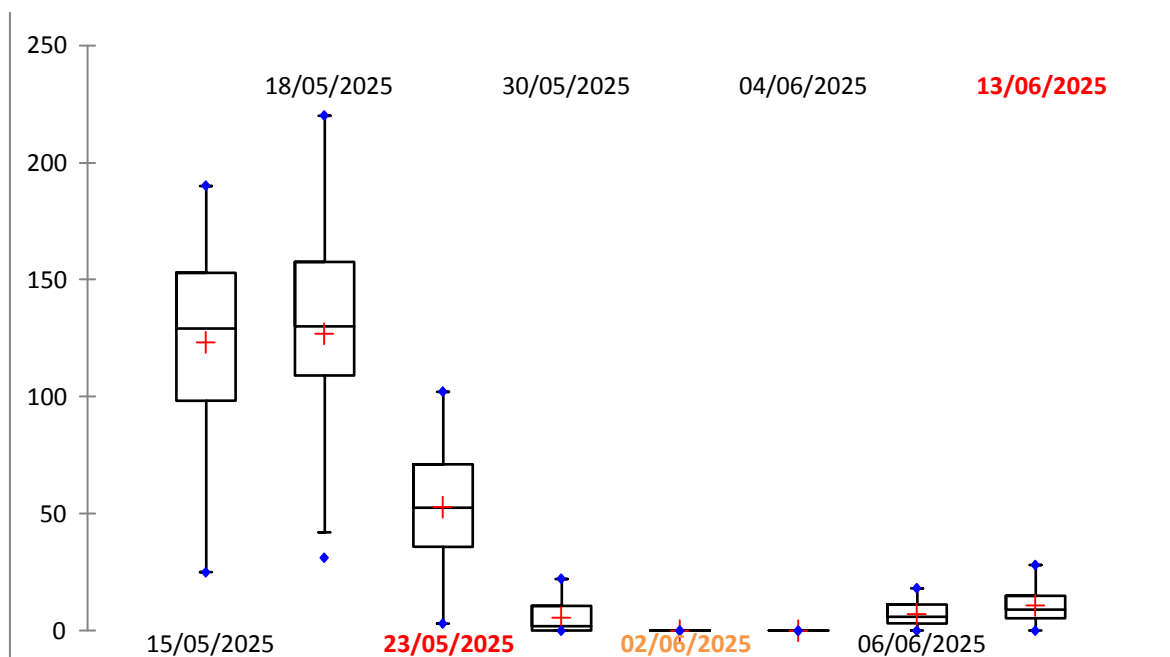


Figure 3. 8 : l'activité de collecte du pollen aux différentes dates d'observation et met en évidence une différence significative entre les résultats obtenus.

3-2- Résultats de la Pesée des ruches

L'évolution du poids des ruches ainsi que les variations des conditions environnementales ont mis en évidence une relation étroite, permettant de distinguer deux périodes principales.

La première période débute le 15 mai et se termine le 29 mai 2025, date à laquelle une diminution continue du poids des ruches a été observée. Cette phase coïncide avec des conditions climatiques défavorables, marquées notamment par une augmentation brutale des températures enregistrée au début du mois de juin (figure).

La deuxième période commence à partir du 06 juin 2025. Durant cette phase, le poids des ruches a de nouveau augmenté, mais de manière légère et progressive, jusqu'au 15 juin 2025.

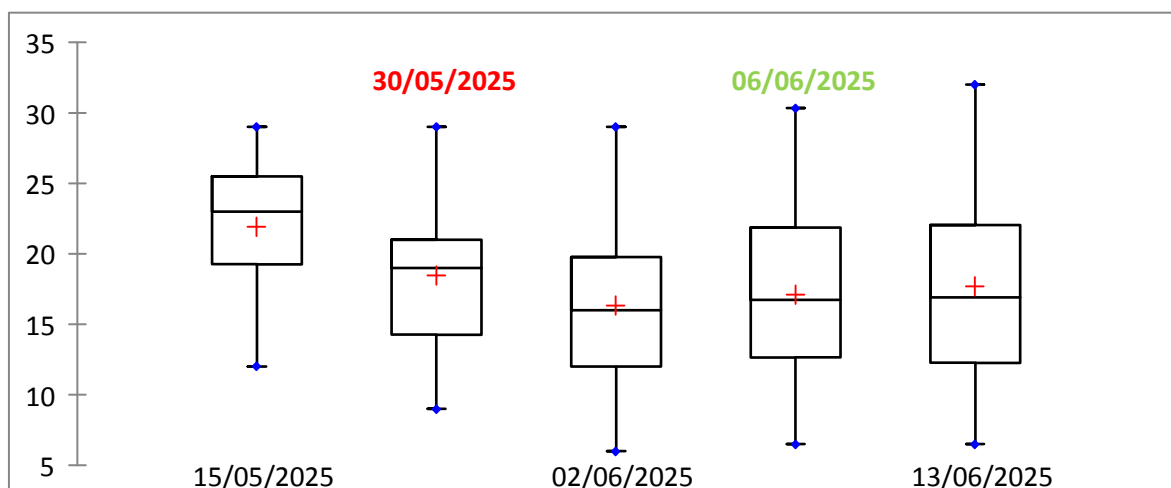


Figure 3. 9 : l'évolution du poids moyen des ruches dans l'ensemble des colonies entre le 15 mai et le 13 juin 2025.

3-3 Résultats de l'inspection visuelle des cadres

Dans la zone d'étude, l'augmentation brutale des températures a eu un effet négatif sur la production de miel. Ce décalage peut être expliqué en partie par le temps nécessaire au développement des structures florales.

La courte durée des périodes de floraison, combinée à l'importante dépense énergétique nécessaire à la régulation de la température interne de la ruche, a fortement affecté les réserves alimentaires des colonies. Après seulement trois à quatre jours de fortes chaleurs, les colonies perdaient plus de la moitié de leurs réserves de miel.

Ce phénomène a été observé lors des inspections des cadres réalisées entre le 15/05/2025 et le 06/06/2025 (figure).



Figure 3. 10 : un cadre contenant environ 2,5 kg de miel, observé le 18/05/2025.



Figure 3. 11 : le même cadre illustré dans la figure précédente. Le poids du cadre est passé de 2,5 kg à seulement 0,4 kg le 06/06/2025, mettant en évidence une diminution importante des réserves de miel au cours de cette période.

Discussion

Discussion

Discussion D'enquête

Les abeilles mellifères assurent un service écosystémique de pollinisation essentiel à la conservation de la biodiversité végétale ainsi qu'à la production agricole (Gamble et al. 2019). Pour cette raison, il est indispensable d'identifier l'ensemble des menaces pesant sur les abeilles mellifères et sur l'apiculture afin de proposer des solutions adaptées, notamment face aux effets du changement climatique observés au cours des dernières décennies (Monica et al. 2021).

L'apiculture algérienne apparaît aujourd'hui fortement menacée par les changements climatiques. La préservation de ce secteur stratégique nécessite donc une adaptation proactive et durable, combinant savoirs traditionnels et innovations techniques.

L'apiculture possède une importance économique majeure, non seulement à travers la commercialisation des produits apicoles, mais surtout grâce au rôle fondamental des abeilles mellifères dans la pollinisation de nombreuses plantes cultivées et spontanées, assuré par l'importante population d'abeilles présente à l'échelle mondiale (FAO 2022).

Au cours des dernières années, plusieurs auteurs ont signalé un déclin préoccupant des pollinisateurs, en identifiant le changement climatique comme l'une des principales menaces actuelles (Flores 2019).

Par ailleurs, les consommateurs accordent un intérêt croissant au miel de haute qualité. Toutefois, le changement climatique influence à la fois la biologie, le comportement et la production des abeilles mellifères, tout en affectant les pratiques de gestion des ruches et des exploitations apicoles (Saygı et al. 2020).

En Algérie, les études portant sur l'adoption des différentes pratiques de gestion apicole et sur leurs déterminants demeurent encore limitées.

Dans cette enquête, les échanges avec les apiculteurs ont permis d'identifier leurs pratiques, perceptions et expériences à travers des discussions centrées sur les effets du changement climatique. Ces échanges avaient pour objectif de recueillir des observations directes ainsi que différents points de vue concernant les changements environnementaux affectant l'apiculture.

Les apiculteurs ont également souligné les modifications apportées à leurs pratiques de gestion afin d'atténuer les effets négatifs du changement climatique. Selon eux, les événements météorologiques extrêmes, tels que les températures élevées à la fin du printemps et durant l'été, la diminution des précipitations, les sécheresses ainsi que les inondations, sont responsables de pertes importantes de colonies, d'une forte infestation par *Varroa destructor*, de pénuries de nectar et de pollen, ainsi que d'une réduction considérable, voire d'une absence, de production de miel et d'autres produits apicoles.

Discussion

Les oueds sahariens, bien que généralement secs durant une grande partie de l'année, présentent également un risque élevé d'inondations soudaines. Plusieurs apiculteurs ont signalé avoir perdu leurs ruchers à la suite de ces phénomènes, dont la fréquence est devenue particulièrement préoccupante.

Pour faire face à ces conditions climatiques extrêmes, les apiculteurs ont adopté de nombreuses pratiques visant à maintenir la vigueur des colonies. Parmi ces mesures figurent notamment l'alimentation complémentaire à base de sucre afin de compenser le manque de nectar, ainsi que l'adoption de techniques plus efficaces et durables de lutte contre le varroa, telles que l'encagement des reines et l'élimination du couvain (Büchler et al. 2020).

La transhumance intensive vers les régions sahariennes durant l'automne et l'hiver, puis vers les zones littorales agrumicoles à la fin de l'hiver, constitue aujourd'hui une pratique de plus en plus répandue chez les apiculteurs.

Des études récentes montrent que la transhumance représente une mesure d'adaptation au changement climatique adoptée dans les régions à climat méditerranéen, comme cela a été documenté en Espagne (Jara et al. 2021) et en Californie (Alger et al. 2018).

En Italie, les apiculteurs considèrent qu'il n'existe pas de solution réellement efficace face à la réduction des ressources polliniques causée par la variabilité climatique. Pour cette raison, la transhumance intensive est devenue une stratégie d'adaptation presque indispensable afin de compenser le manque de ressources et de préserver la durabilité économique de l'apiculture (Vercelli et al. 2021).

Cependant, l'augmentation du nombre de ruches ainsi que l'intensification de la transhumance peuvent produire des effets antagonistes sur la production régionale de miel. Cette situation pourrait s'expliquer par l'absence de prise en compte de la capacité de charge des zones d'accueil des ruches (Gonzalez et al. 2020).

Des recherches menées à Soria et Murcia, en Espagne, ont montré que les pratiques migratoires influencent la santé des abeilles ainsi que le niveau d'infestation par certains agents pathogènes, notamment *Varroa destructor* et *Nosema ceranae* (Jara et al. 2021).

Par ailleurs, les déplacements des ruches destinés aux services de pollinisation peuvent également favoriser l'augmentation des charges parasitaires et pathogènes, avec des conséquences sanitaires importantes pour les colonies d'abeilles (Alger et al. 2018).

L'adoption de ces stratégies d'adaptation engendre toutefois des coûts supplémentaires importants, notamment liés à l'alimentation complémentaire, à la transhumance intensive ainsi qu'à l'utilisation croissante de ruches à nombre réduit de cadres (8, 7, 6 voire 5 cadres).

Discussion

Observations générales

Les conditions climatiques ont influencé de manière significative la collecte du pollen, en particulier la forte variabilité des températures (I. M. de Mattos et al. 2018). Plusieurs auteurs ont également mis en évidence une corrélation positive entre la température et l'activité de vol des abeilles mellifères (Vicens and Bosch 2000; Alves et al. 2015).

Selon les figures 10 et 15, une augmentation brutale et excessive des températures observée entre le 20/05 et le 02/06/2025 a eu des effets négatifs sur l'activité des colonies. Dans ces conditions, les abeilles doivent intensifier la ventilation de la ruche afin de maintenir une température interne stable. Cette activité entraîne une dépense énergétique importante, réduit l'activité de butinage et diminue le temps consacré à la collecte de nectar et de pollen.

Cette situation pourrait expliquer l'absence presque totale de butineuses transportant du pollen observée entre le 02 et le 06 juin 2025.

L'augmentation des températures accélère le métabolisme des abeilles et réduit leur durée de butinage. Le réchauffement climatique constitue ainsi une menace importante pour les abeilles mellifères en modifiant leur activité physiologique et comportementale.

Les abeilles mellifères sont des organismes ectothermes, ce qui signifie que leur température corporelle dépend directement de la température du milieu extérieur (FAO 2022). Lorsque les températures ambiantes augmentent, le métabolisme, le rythme cardiaque et les mouvements des abeilles s'accroissent, entraînant une consommation plus rapide de leurs réserves énergétiques (Kronenberg 1982).

Ce stress énergétique réduit le temps que les abeilles peuvent consacrer à la recherche de pollen et de nectar avant de retourner à la ruche.

Selon nos résultats, les températures extrêmes ainsi que les modifications des périodes de floraison limitent fortement la production de miel. Les fortes températures influencent négativement le comportement de butinage des abeilles en augmentant l'évapotranspiration des plantes au niveau des nectaires, organes responsables de la sécrétion du nectar (Abou-Shaara et al. 2012; Montenegro 2016).

De manière générale, les températures élevées affectent négativement les abeilles en compromettant leur survie, en augmentant les pertes hydriques et en stimulant le stress oxydatif (Li et al. 2019).

Conclusion

Conclusion

Le changement climatique représente aujourd'hui l'un des principaux défis auxquels est confrontée l'apiculture à l'échelle mondiale. En Algérie, ce phénomène se manifeste par des vagues de chaleur de plus en plus fréquentes, des sécheresses prolongées, des perturbations du calendrier de floraison ainsi qu'une forte instabilité des ressources mellifères.

Les abeilles, particulièrement sensibles aux variations environnementales, subissent directement les effets de ces changements, avec des conséquences importantes sur leur santé, leur comportement et leur productivité.

À travers cette étude, il a été montré que les impacts du changement climatique sur les abeilles en Algérie sont à la fois directs — stress thermique, perturbation du butinage et mortalité — et indirects, à travers le déclin de la flore mellifère, la prolifération des agents pathogènes et l'altération du système immunitaire.

L'ensemble de ces facteurs exerce une pression croissante sur les colonies d'abeilles et menace durablement la pérennité de l'activité apicole.

Cependant, face à cette réalité, les apiculteurs algériens ne restent pas passifs. Au contraire, de nombreuses stratégies d'adaptation ont été observées sur le terrain, notamment la transhumance, la sélection de souches locales résistantes, l'alimentation complémentaire, les innovations techniques ainsi que le développement de dynamiques collectives à travers les coopératives et les associations apicoles. Ces initiatives témoignent d'une capacité d'adaptation remarquable, malgré des contraintes économiques, institutionnelles et techniques souvent importantes.

L'analyse des politiques publiques montre toutefois que l'importance stratégique de l'apiculture demeure encore insuffisamment prise en considération. Pourtant, au-delà de la production de miel, les abeilles jouent un rôle essentiel dans la pollinisation des cultures, la préservation de la biodiversité et le maintien de l'équilibre des écosystèmes. Les menaces qui pèsent sur elles constituent donc un signal d'alerte majeur pour l'ensemble du système agricole et environnemental national.

Face à ces enjeux, il devient nécessaire de :

- intégrer pleinement l'apiculture dans les stratégies de résilience climatique en Algérie ;
- développer une approche agroécologique fondée sur la valorisation des ressources locales ;
- renforcer la formation des apiculteurs, notamment dans les zones rurales ;
- encourager la recherche scientifique appliquée aux réalités du terrain ;
- promouvoir une gouvernance inclusive associant apiculteurs, chercheurs, autorités publiques et société civile.

Conclusion

En définitive, l'avenir de l'apiculture algérienne dépendra de la capacité collective à anticiper les changements climatiques, à s'y adapter et à développer des solutions innovantes, tout en préservant les équilibres naturels dont les abeilles constituent un élément essentiel.

Protéger les abeilles ne signifie pas seulement préserver les ruches, mais aussi garantir la sécurité alimentaire, maintenir la biodiversité et sauvegarder une composante fondamentale du patrimoine naturel vivant.

Références

References

1. **Adjlane, Noureddine.** 2012. "Biologie et développement des castes chez *Apis mellifera*." *Revue Algérienne d'Agro-environnement* 4, no. 2: 45–58.
2. **Al-Ghamdi, Ariel A., and Mohammad Javed Ansari.** 2024. "Impact of Environmental Variables and Climate Change on Honeybee (*Apis mellifera*) Populations." *Journal of King Saud University - Science* 36, no. 1: 103-115.
3. **Allen, Myles R., Mustafa Babiker, and Yang Chen.** 2018. *Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
4. **Amari, Kamel, et Rachid Tadjouri.** 2018. "Conditions environnementales et vol nuptial chez la reine de l'abeille tellienne (*Apis mellifera intermissa*)." *Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie* 22, no. 1: 89–102.
5. **Amirat, Samia.** 2014. "Le rôle de l'abeille domestique comme pollinisateur et bio-indicateur de la santé des écosystèmes en Algérie." Thèse de doctorat, Université de Tizi Ouzou.
6. **Antúnez, Karina, Jorge Harriet, and Luis Saavedra.** 2017. "Honeybee Colony Losses and Associated Factors in Latin America." *Journal of Apicultural Research* 56, no. 4: 345–358.
7. **Apiculture Populaire.** 2010. *Manuel pratique d'apiculture moderne*. Paris: Éditions du Rucher.
8. **Arias, Maria C., and Walter S. Sheppard.** 2005. "Phylogenetic Relationships of Honey Bee Subspecies (*Apis mellifera* L.) Inferred from Mitochondrial DNA Sequence Data." *Molecular Phylogenetics and Evolution* 37, no. 1: 25–35.
9. **Ayme, Jean-Marie.** 2014. *Le comportement social et la biologie du développement chez Apis mellifera*. Bruxelles: De Boeck Supérieur.
10. **Badren, Ahmed.** 2016. *L'Apiculture mondiale et son importance économique*. Tunis: Centre de Publication Universitaire.
11. **Belkacem, Youcef, et Larbi Othmane.** 2023. "Évaluation de la mortalité hivernale des colonies d'abeilles en Algérie (2018-2023)." *Revue des Sciences Agronomiques Algériennes* 15, no. 3: 112–126.
12. **Benachour, Karima.** 2008. "Pollinisation des plantes à fleurs par les abeilles et impact sur la biodiversité." *Courrier de la Recherche Scientifique (Algérie)* 11, no. 1: 33–42.
13. **Boussoubel, Amine.** 2010. "La communication chimique chez les insectes sociaux: Rôle des phéromones chez *Apis mellifera*." *Journal des Sciences Biologiques* 8, no. 2: 74–85.

References

14. **Bouguerra, Smaïl.** 2020. "Changement climatique en Algérie: Évolution des températures et impacts sur l'apiculture." *Climatologie et Environnement* 19, no. 4: 201–215.
15. **Brives, Alphonse.** 1897. *Géologie du Dahra (Algérie)*. Alger: Imprimerie Pierre Fontana.
16. **Burrill, Robert M., and Alfred Dietz.** 1981. "The Influence of Solar Radiation on the Foraging Activity of Honeybees." *Journal of Apicultural Research* 20, no. 1: 18–22.
17. **Catays, Pierre.** 2016. *L'Abeille sentinelle: Rôles écologiques et menaces climatiques*. Toulouse: Éditions Privat.
18. **Chara, Mohamed.** 1987. "Facteurs climatiques, biotopes et répartition des essences forestières et des insectes en Algérie." *Forêt Algérienne* 5, no. 1: 14–27.
19. **Chehat, Salah, et Boudiaf Massinissa.** 2021. "Microbiote intestinal de l'abeille et stress environnemental en Algérie." *Revue de Médecine Vétérinaire* 172, no. 5: 140–152.
20. **CNDRB (Centre National de Développement des Ressources Biologiques).** 2019. *Rapport national sur l'état de la biodiversité mellifère en Algérie*. Alger: Ministère de l'Environnement.
21. **Cornara, Laura, Marco Biagi, and Jizhen Xiao.** 2017. "Therapeutic Properties of Bioactive Compounds from Honeybee Products." *Frontiers in Pharmacology* 8: 412.
22. **Dechaume-Moncharmont, François-Xavier.** 2003. "Systèmes de communication et de décision chez les fourmis et les abeilles." Thèse de doctorat, Université Paris VI.
23. **Delahais, Michel.** 2012. *Le marché mondial du miel et les rendements apicoles*. Genève: Organisation Mondiale du Commerce (OMC).
24. **Diniz, Neide M., Walter S. Sheppard, and Maria C. Arias.** 2003. "Mitochondrial DNA Variation in Africanized Honey Bees (*Apis mellifera*) from Brazil." *Genetics and Molecular Biology* 26, no. 2: 135–142.
25. **Djellouli, Yamina, Mohamed Smaïl, et Karim Haddad.** 2017. "Résilience de l'apiculture algérienne face au stress thermique: Pratiques locales et rôles des coopératives." *Économie Rurale et Agriculture durable* 28, no. 2: 55–70.
26. **Durand, Jacques.** 1954. *Les Sols de la région du Dahra*. Alger: Service de la Carte Géologique de l'Algérie.
27. **Dyer, Fred C.** 1987. "New Images of the Dance Language of Honey Bees." *Trends in Ecology & Evolution* 2, no. 4: 101–105.

References

28. **Eckhardt, Jean-Paul, and Karim Louadi.** 2014. "Potentialités mellifères et cartographie des zones de production en Algérie." *Revue d'Écologie Méditerranéenne* 40, no. 1: 12–25.
29. **FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture).** 2021. *Le changement climatique et ses effets sur la physiologie des insectes pollinisateurs.* Rome: FAO.
30. **Ferrah, Ali, et Yahiaoui Omar.** 2003. "Introduction des races européennes d'abeilles en Afrique du Nord: Bilan et perspectives." *Revue Vétérinaire Algérienne* 14, no. 2: 45–52.
31. **Fletcher, David J. C.** 1978. "The African Honey Bee, *Apis mellifera adansonii*, in Africa." *Annual Review of Entomology* 23, no. 1: 151–166.
32. **Franck, Pierre, Loïc Garnery, and Michel Solignac.** 2001. "Genetic Diversity of the Honeybee in Madagascar." *Apidologie* 32, no. 4: 323–330.
33. **Fresnaye, Jean.** 1981. *Biométrie de l'abeille.* Avignon: INRA, Station de Zoologie.
34. **Garnery, Loïc, Jean-Marie Cornuet, and Michel Solignac.** 1992. "Evolutionary History of the Honey Bee *Apis mellifera* Inferred from Mitochondrial DNA Analysis." *Molecular Ecology* 1, no. 3: 145–154.
35. **Goulson, Dave.** 2013. "An Overview of the Mechanisms and Consequences of Insect Decline." *Science* 342, no. 6161: 124–132.
36. **Hadjiat, Mustapha, et Khouadja Redouane.** 2018. "Vulnérabilité des zones steppiques et désertification en Algérie: Impacts sur la flore nectarifère." *Sécheresse et Environnement* 26, no. 1: 77–89.
37. **Hafsaoui, Mourad, and Tahraoui Ahmed.** 2019. "Reproductive Biology and Mating Behavior of *Apis mellifera intermissa* in Western Algeria." *Algerian Journal of Agricultural Sciences* 3, no. 2: 120–131.
38. **Hennessy, G., and C. Ratnieks.** 2020. "The Effect of Wind Speed on the Foraging Behavior of Honey Bees." *Animal Behaviour* 163: 115–122.
39. **Hung, Keng-Lou James, and David T. Holway.** 2018. "The Worldwide Importance of Honey Bees as Pollinators in Natural Ecosystems." *Proceedings of the Royal Society B* 285, no. 1870: 20172140.
40. **Ilyasov, Rustem A., and Hyung Wook Kwon.** 2020. "Phylogenetic Lineages and Evolutionary History of *Apis mellifera*." *Journal of Apicultural Science* 64, no. 2: 165–182.
41. **INRAA (Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie).** 2019. *Guide technique de la transhumance apicole en Algérie.* Alger: Éditions INRAA.

References

42. **IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).** 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press.
43. **ITAFV (Institut Technique des Arbres Fruitiers et de la Vigne).** 2020. *Maladies des abeilles et alimentation de substitution en période de disette*. Alger: Ministère de l'Agriculture.
44. **Ivert, Jean-Pierre.** 2016. *La Reine de l'Abeille: Fécondation, génétique et élevage*. Paris: Éditions Rustica.
45. **Jacobsen, Rowan.** 2009. *Fruitless Fall: The Collapse of the Honey Bee and the Coming Agricultural Crisis*. New York: Bloomsbury Publishing.
46. **Kairo, Guillaume.** 2016. "Effets des stress environnementaux sur l'appareil reproducteur des faux-bourçons chez *Apis mellifera*." Thèse de doctorat, Université d'Avignon.
47. **Kassa, Amssalu, and Regasa Demis.** 2020. "Beekeeping as a Tool for Poverty Reduction in Developing Rural Economies." *International Journal of Agricultural Extension* 8, no. 2: 101–114.
48. **Kefuss, John A., and Nye William P.** 1970. "The Influence of Photoperiod on the Flight Activity of Honeybees." *Journal of Apicultural Research* 9, no. 3: 133–139.
49. **Khalidi, Abdelhamid.** 2016. "Impact du changement climatique sur la phénologie des plantes mellifères en Afrique du Nord." *Revue Forestière Méditerranéenne* 37, no. 2: 105–118.
50. **Khalifa, Shaden A. M., and Mohamed Al-Wehedi.** 2021. "The Vital Role of Honeybees in Cross-Pollination of Agricultural Crops." *Sustainability* 13, no. 11: 6012.
51. **Le Conte, Yves, and Navajas Maria.** 2008. "Climate Change: Impact on Honey Bee Populations and Diseases." *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)* 27, no. 2: 499–510.
52. **Lobreau-Callen, Danielle, et Damblon Freddy.** 1994. "Données palynologiques et biogéographiques sur l'*Apis mellifera* en Algérie." *Palynologie et Biogéographie* 18, no. 1: 45–62.
53. **Loucif, Kamel.** 1993. *Les Races d'abeilles dans le monde et leurs aptitudes zootechniques*. Batna: Presses Universitaires de Batna.
54. **Louveaux, Jean, Alin Caillas, et Jean Fresnaye.** 1966. "Les races d'abeilles européennes et leur acclimatation en Afrique." *Apidologie* 17, no. 2: 89–104.
55. **MacRae, Douglas.** 2010. *The Introduction and History of Honey Bees in North America*. Boston: Harvard University Press.

References

56. **Maggi, Matías, and Martin Eguaras.** 2014. "Honeybee Colony Losses in South America: A Review." *Apidologie* 45, no. 6: 655–670.
57. **Maisonnasse, Alban.** 2010. "Phéromones de régulation sociale chez l'abeille *Apis mellifera*." Thèse de doctorat, Université d'Avignon.
58. **Maréchal, Paul.** 2014. *Le Langage des Abeilles: Décryptage des danses et signaux*. Paris: Belin.
59. **Meixner, Marina D., and Nikolaus Koeniger.** 2011. "Honey Bee Diversity in Ethiopia: Identification of New Subspecies." *Apidologie* 42, no. 5: 520–534.
60. **Michener, Charles D.** 2000. *The Bees of the World*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
61. **Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (Algérie).** 2022. *Rapport annuel sur l'état des forêts, des incendies et du cheptel apicole face aux défis climatiques*. Alger: Publications Officielles.
62. **Payette, Serge.** 2010. *L'apiculture au Québec: Pratiques d'élevage de l'abeille italienne*. Québec: Les Presses de l'Université Laval.
63. **Peñuelas, Josep, Jordi Sardans, and Iolanda Filella.** 2013. "Evidence of Current Impact of Climate Change on Global Biosphere: A Review." *Global Change Biology* 19, no. 8: 2305–2338.
64. **Pinto, Maria Alice, and Walter S. Sheppard.** 2005. "Genetic Structure of Honey Bee Populations in the United States." *Heredity* 95, no. 6: 440–448.
65. **Pirk, Christian W. W., and Hannelie Human.** 2014. "Honeybee Colony Losses in South Africa: A 5-Year Survey." *Journal of Apicultural Research* 53, no. 2: 211–221.
66. **Potts, Simon G., and Vera Imperatriz-Fonseca.** 2016. *The Assessment Report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on Pollinators, Pollination and Food Production*. Bonn: IPBES.
67. **Prost, Jean-Pierre.** 1987. *L'Apiculture en Afrique du Nord*. Paris: Baillière.
68. **Prost, Jean-Pierre, et Yves Le Conte.** 2005. *Apiculture: Connaître l'abeille, conduire le rucher*. 7e éd. Paris: Lavoisier.
69. **Quezada-Euán, José Javier G.** 2003. "Honey Bee Genetics and Conservation in Latin America." *Apidologie* 34, no. 5: 467–478.
70. **Ralalaharisoa, Z., and Loïc Garnery.** 1996. "Mitochondrial DNA Diversity of Honeybees in the Indian Ocean Islands." *Journal of Apicultural Research* 35, no. 3: 99–107.

References

71. **Requier, Fabrice, and Barbara Andersson.** 2018. "Worldwide Patterns of Honeybee Colony Losses: Global Trend vs. Regional Realities." *Insects* 9, no. 4: 155.
72. **Requier, Fabrice, Karina Antúnez, and David Claeys.** 2018. "Drivers of Honey Bee Colony Loss in Latin America." *Frontiers in Ecology and the Environment* 16, no. 9: 502–509.
73. **Requier, Fabrice, and Cécile Le Féon.** 2017. "L'alimentation de l'abeille: Importance de la diversité florale." *Bio-Indication Écologique* 12, no. 1: 45–56.
74. **Requier, Fabrice, and James C. Nieh.** 2019. "The Native and Introduced Range of the West European Honey Bee *Apis mellifera*." *Biological Conservation* 236: 120–132.
75. **Rossant, Michel.** 2011. *La Parthénogenèse chez les Insectes*. Paris: Éditions Scientifiques Nationales.
76. **Rossi, Stefano, and Antonella Marrazzo.** 2021. "Biomaterials Derived from Apiculture: Applications in Pharmaceuticals and Cosmetics." *Materials Science and Engineering: C* 120: 111720.
77. **Ruttner, Friedrich.** 1968. *Les Races d'Abeilles de l'Afrique du Nord*. Alger: Bulletin Apicole de l'Algérie.
78. **Ruttner, Friedrich.** 1988. *Biogeography and Taxonomy of Honeybees*. Berlin: Springer-Verlag.
79. **Schacker, Michael.** 2008. *A Spring Without Bees: How Colony Collapse Disorder Has Endangered Our Food Supply*. Guilford: Lyons Press.
80. **Shaibi, Taher, and Robin F. A. Moritz.** 2010. "The Honeybees of the Oases of Libya: Isolation and Adaptability." *Apidologie* 41, no. 2: 145–156.
81. **Sheppard, Walter S., and Marina D. Meixner.** 2003. "*Apis mellifera pomonella*, a New Honey Bee Subspecies from Central Asia." *Apidologie* 34, no. 4: 367–375.
82. **Smith, Deborah R.** 1991. *Diversity in the Genus Apis*. Boulder: Westview Press.
83. **Spürgin, Klaus.** 2008. *Le monde des abeilles: Origine, biologie et comportement*. Paris: Delachaux et Niestlé.
84. **Switanek, M., and R. Brodschneider.** 2017. "The Impact of Weather Changes and Rainfall Patterns on Honey Bee Colony Survival." *International Journal of Biometeorology* 61, no. 3: 521–532.
85. **Szalanski, Allen L., and Rachael M. Magnus.** 2010. "Mitochondrial DNA Characterization of Africanized Honey Bees in the United States." *Journal of Economic Entomology* 103, no. 4: 1053–1058.

References

86. **Tautz, Jürgen, and Stefan Fuchs.** 2003. "Behavioral Performance of Adult Honey Bees is Influenced by the Temperature Experienced During Their Pupal Development." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100, no. 12: 7343–7347.
87. **Toullec, Jean-Yves.** 2008. "Adaptations physiologiques d'*Apis mellifera* aux climats froids et septentrionaux." *Journal d'Évolution Biologique* 21, no. 4: 189–201.
88. **Ummenhofer, Caroline C., and Gerald A. Meehl.** 2017. "Extreme Weather and Climate Events with Ecological and Socioeconomic Impacts." *Progress in Oceanography* 152: 121–138.
89. **Wendling, Claire.** 2012. "Classification systématique, morphologique et anatomique de l'abeille domestique." Thèse de doctorat vétérinaire, Université de Strasbourg.
90. **Whitfield, Charles W., and Gene E. Robinson.** 2006. "Thrice Out of Africa: Ancient and Recent Expansions of the Honey Bee, *Apis mellifera*." *Science* 314, no. 5799: 642–645.