

People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research

Département de Biologie

Badji Mokhtar-Annaba University
Faculty of Sciences



جامعة باجي مختار - عنابة
كلية العلوم

Thèse

Présentée pour obtenir le diplôme de

Doctorat Troisième Cycle

Filière : *ÉCOLOGIE – ENVIRONNEMENT*

Spécialité : *BIODIVERSITÉ, SANTÉ ET ÉVOLUTION*

Par :

Bouden Mohammed Chafik

Thème :

«L'Abeille : Produits de la ruche et gradient d'urbanité».

Jury :

N°	Nom et prénom	Grade	Etablissement	Qualité
01	MEDDAD-HAMZA Amel	MCA	Université Badji Mokhtar -Annaba	Président
02	BELABED Adnène Ibrahim	Prof	Université Badji Mokhtar -Annaba	Directeur
03	HAMEL Tarek	Prof	Université Badji Mokhtar –Annaba	Examineur
04	Nesrine Hacini	Prof	Université Chadli Bendjide-El Taref	Examinatrice

Année Universitaire : 2023-2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّحْلِ أَنِ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا

يَعْرَشُونَ ﴿٦٧﴾

ثُمَّ كُلِي مِن كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلًّا يَخْرُجُ مِنْ بُطُونِهَا شَرَابٌ
مُّخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿٦٨﴾

سورة النحل الآية: (67) (68) .



Maurice Maeterlinck a dit : «Aucun être vivant, pas même l'homme n'a réalisé au centre de sa sphère ce que l'abeille a réalisé dans la sienne ; et si une intelligence étrangère à notre globe venait demander à la terre le plus parfait de la logique de la vie, il faudrait lui présenter l'humble rayon de miel».

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions Allah le tout puissant qui nous a donné le Courage, la volonté et la patience pour concrétiser ce travail

Au Terme de ce travail, il m'est agréable de remercier vivement tous ceux qui, grâce à leur aide précieuse, ont permis la réalisation de ce travail.

Je tiens à remercier particulièrement ;

J'adresse mes vifs remerciements et toute ma gratitude à Madame **Zihade Bouslama**, Professeur à l'université Badji Mokhtar d'Annaba et directrice de centre de recherche en environnement d'Annaba pour avoir me proposer cette thématique. Sans vous je n'aurais jamais l'occasion de découvrir ce merveilleux monde des abeilles.

Je remercie vivement Monsieur **Adnene Ibrahim Belabed**, Professeur à l'université Badji Mokhtar d'Annaba d'avoir accepté de diriger ce travail et pour son aide précieux, son soutien, sa patience qu'il m'a apporté en vue de concrétiser ce travail.

Toute ma reconnaissance et mes remerciements à Madame **Amel Meddad-Hamza**, Maitre de conférences (A) à l'université d'Annaba, pour l'intérêt qu'elle a porté à ce travail et pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de cette thèse.

J'adresse également mes remerciements à Monsieur **Tarek Hamel**, Professeur à l'université d'Annaba pour avoir honoré ce travail avec votre intérêt et accepté de participer à notre jury de thèse.

J'exprime ma profonde gratitude et reconnaissance à Madame **Nesrine Hacini**, Professeur à l'université d'El Taref d'avoir accepté d'honorer ce travail de votre attention en acceptant de participer à notre jury de thèse.

Toute ma reconnaissance et mes remerciements à Monsieur **Mohamed Lyamine Chalaghmia**, Professeur et directeur de laboratoire d'analyses industrielles et génie des Matériaux au Département de Chimie à l'université de Guelma pour la confiance qu'il m'a témoigné en acceptant de m'accueillir au sein du laboratoire, ainsi que pour la disponibilité dont il a fait preuve à mon égard.

Je remercie particulièrement Monsieur **Alla Eddine Zaafour**, Maitre de conférences (B) à la faculté de pharmacie de l'université d'Annaba, pour avoir m'aidé avec son écoute, ces conseils et son coup de mains.

Je remercie vivement Monsieur **Adel Benrahmoune**, propriétaire de laboratoire d'analyse de qualité agroalimentaire pour avoir m'aidé avec son écoute, ces conseils et son coup de main.

Toute ma reconnaissance et mes remerciements à Madame **Cheriet**, Maitre de conférences (B) à l'université de Batna pour son aide et ces conseils.

Mes remerciements vont également à Monsieur **Mabrouk Boucena**, Docteur en Biochimie à l'université d'Annaba, pour sa disponibilité et son coup de mains.

Un grand merci à **Rafik Drici**, de m'avoir soutenu durant toute la thèse ainsi que pour son aide et ses conseils précieux.

Merci de tout mon cœur à ma chère épouse qui m'a soutenu, supporté et accepté tout au long de mon parcours et pour avoir cru en moi. Qu'elle trouve ici une expression de ma reconnaissance.

J'exprime ma reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à accomplir ce modeste travail.

**Veillez trouver ici le témoignage de toute
ma gratitude et de mon profond respect
Merci à tous**

DÉDICACES

Je dédie cette thèse à ma mère, qui est la plus heureuse de ce moment exceptionnel de ma vie. Je te dis infiniment merci, pour tout ce que tu as fait pour moi. Que dieu vous préserve et vous accorde santé et bonheur. Qu'elle trouve dans cette thèse le fruit de mes années d'études, le témoignage de ma reconnaissance et mon amour éternel.

A mon père Youcef qui est fortement participé à ma réussite. Que dieu le préserve et lui accorde santé et bonheur.

Avec tout mon amour, et toute ma reconnaissance

A mes frères : Yacine et Ahmed Islem

A ma sœur adorée : Houria

A la petite princesse : Nada

Aux petits princes : Mohamed Dihad et Chahine

A toute ma famille.

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment

Table des matières

REMERCIEMENTS

DEDICACE

I. INTRODUCTION.....	1
II. CHAPITRE I : LA COLONIE D'ABEILLES	5
1) Classification.....	5
2) Présentation générale	6
3) Les différentes castes de la colonie.....	7
1. La reine	7
2. Le faux bourdon	11
3. Abeille ouvrière.....	14
III. CHAPITRE II : PRODUITS DE LA RUHCHE	25
1. Le miel	25
1. A-Origine botanique	25
2. B- Conception : trophallaxie et séchage	26
3. C- Composition du miel	26
4. D- Le rôle du miel	29
2. Le pollen	29
1. Origine	29
2. Composition	30
3. Le rôle du pollen	32
3. La propolis	32
1. Origine	33
2. Composition de la propolis	34
3. Rôle de la propolis.....	35
4. La cire	36
1. Origine de la cire	36
2. La composition de la cire d'abeille	37
3. Usages par les abeilles	37
5. La gelée royale	37
1. Origine de la gelée royale	38
2. Composition de la gelée royale	38
3. Rôle de la gelée royale	40
6. Le venin	40
1. Origine du venin d'abeille	40

2.	Composition du venin d'abeille	40
3.	Le rôle du venin	43
IV.	MATÉRIAL ET MÉTHODES	44
1.	Zone d'étude.....	44
2.	Sites d'étude	46
3.	Méthode de travail	50
V.	Résultats et discussion	54
1.	Caractérisation physicochimique des miels	54
2.	Teneurs des métaux lourds	61
3.	Teneur en métaux lourds en période de COVID-19	71
VI.	Conclusion	76
VII.	Perspectives	79
VIII.	Résumé.....	81
IX.	Références bibliographique	87
X.	Annexes	99

Liste des figures

Figure 1 : Carte d'aire de répartition naturelle des neuf espèces d'Abeilles du genre Apis dans le monde.....	5
Figure 2: Les trois castes d'abeilles mellifères dans la colonie : l'ouvrière, la reine et le faux-bourdon.....	6
Figure 3: photo de la reine d'abeille (photo personnelle).....	7
Figure 4: Appareil génital de la reine.....	7
Figure 5: Cellule royale de la future reine.....	8
Figure 6: Schéma montrant le développement de la reine : De l'œuf à la reine.....	9
Figure 7: Le retour de la reine du vol nuptial avec l'endophalus d'un faux bourdon.....	10
Figure 8: Reine d'abeille entourée par ses serviteurs.....	11
Figure 9: Schéma montrant le développement de mâle: De l'œuf au faux bourdon.....	12
Figure 10: La morphologie et l'anatomie du faux bourdon.....	12
Figure 11: Couvain operculé des faux bourdons.....	13
Figure 12: L'appareil reproducteur (à gauche) et l'endophallus (à droite) du faux bourdon..	14
Figure 13: Les trois régions principales du corps de l'abeille ouvrière	15
Figure 14: Les principaux organes de l'ouvrière	16
Figure 15: Couvain ouvert et operculé des prochaines ouvrières	16
Figure 16: Schéma montrant le développement de l'ouvrière: De l'œuf à l'ouvrière.....	17
Figure 17: Une abeille ouvrière nettoie soigneusement une cellule vide dans le nid à couvain, en préparation pour la ponte de la reine.....	18
Figure 18: L'abeille nourrice produit la gelée royale pour leurs frères et sœurs par leurs glandes hyopharyngiennes.....	19
Figure 19: Les écailles de cire prélevées par les pattes postérieures et pétries par les mandibules	20
Figure 20: Les butineuses déposent le pollen dans les cellules	21
Figure 21: Inspection d'une abeille entrante à la ruche par les abeilles gardiennes	22
Figure 22: Les butineuses avec pelote de pollen(Photo personnelle).	23
Figure 23: Exemples de nectaires.....	25
Figure 24: Composition moyenne d'un miel toutes fleurs.....	27
Figure 25 : Grains de pollen frais(Photo personnelle).....	30
Figure 26: Composition générale moyenne du pollen frais.....	32
Figure 27: La collecte de la propolis par les abeilles	33
Figure 28: Composition générale moyenne de la propolis	35
Figure 29: Propolis brute (photo personnelle).	36
Figure 30: Les écailles de cire dans l'abdomen l'abeille bâtisseuse	36
Figure 31: Composition générale moyenne de la cire d'abeille.....	37
Figure 32: Cellule royale de la reine contenant une larve et de la gelée royale	38
Figure 33 : Composition de la gelée royale	40
Figure 34: Composition générale moyenne de la matière sèche du venin d'abeille.....	41
Figure 35: Zone d'étude(ville d'Annaba).	45
Figure 36: Carte de site .1	46
Figure 37: Carte de site .2.....	47
Figure 38 : Carte de site.3.....	48

Figure 39: Carte de site .4.....	49
Figure 40: Les valeurs du (pH) des miels analysés.....	54
Figure 41: Les valeurs d'acidités libres des miels analysés.....	56
Figure 42: Les valeurs des teneurs en eaux des miels analysés.	57
Figure 43: Les valeurs des teneurs en sucres (Degré de Brix) des miels analysés.	59
Figure 44: Teneur en Zinc (2019).....	62
Figure 45: Teneur en Fer (2019).....	64
Figure 46 : Teneur en chrome (2019).....	65
Figure 47: Teneur en nickel (2019).....	66
Figure 48: Teneur en cuivre (2019).....	68
Figure 49: Teneur en Cadmium (2019).....	69
Figure 50: Teneur en Cuivre (2020).....	72
Figure 51: Teneur en Cuivre (2019-2020).....	73
Figure 52: Teneur en Cadmium(2020).....	74
Figure 53: Teneur en Cadmium (2019-2020).....	75

Introduction



I. INTRODUCTION :

Tous les êtres vivants modifient leur environnement et les humains ne font pas exception (**Vitousek et al., 1997**). Ils construisent des villes qui constituent des habitats presque exclusifs pour répondre aux demandes relativement étroites d'une seule espèce, Homo sapiens (**Mckinney., 2006**), pour se regrouper et de s'unir à la recherche de protection, d'eau et de nourriture pour survivre (**Oliveira & Santos., 2021**).

Alors que la population mondiale augmente, les villes du globe continueront de s'étendre, ce qui augmentera la demande de nourriture et de services. L'urbanisation mondiale devrait se poursuivre, de sorte que d'ici 2050, le monde sera à un tiers rural 32 % et à deux tiers urbain 68 %, soit à peu près l'inverse de la population rurale-urbaine mondiale actuelle (**ONU., 2019**). Parallèlement, les villes s'étendent géographiquement à un rythme supérieur à la croissance démographique.

Au fil des années, les humains ont modelé et changé les milieux naturels et les paysages en utilisant les terres et les ressources naturelles pour leurs activités industrielles ou agricoles et pour leurs habitations (**Lévêque et al., 2003**). Ces changements de mode de vie humaine ont exercé une forte pression sur les systèmes environnementaux et sur les différents paysages naturels (**Oliveira & Santos., 2021**). Ils ont aussi affecté le fonctionnement des écosystèmes notamment les cycles biogéochimiques (**Lévêque et al., 2003**). En outre, d'importantes pertes mondiales de la biodiversité sont attribuées au changement d'affectation des terres, et en particulier aux activités associées à la croissance urbaine (**Wojcik, V. A., 2009**).

Selon le dernier rapport des Nations Unies, la population mondiale devrait atteindre environ 8,5 milliards en 2030, 9,7 milliards en 2050 et 10,4 milliards en 2100 (**ONU., 2022**). D'après ces estimations, il convient de noter que la population mondiale et Le processus d'urbanisation continueront d'augmenter dans les années à venir. Et la population mondiale deviendra trois fois supérieure à ce qu'elle a été au milieu du XXe siècle (**ONU., 2022**).

Bien qu'ils dominent les écosystèmes de la terre, les humains restent exclus en tant que sujets de nombreuses réflexions écologiques et d'expérimentation. La recherche écologique traditionnelle étudie les écosystèmes en termes de processus biophysiques, écologiques et évolutifs non affectés par l'influence humaine (**Alberti et al., 2003**). Historiquement, les écologistes ont évité les zones urbaines pendant la majeure partie du XXe siècle, sous prétexte que les sciences écologiques ne sont pas valables pour résoudre les problèmes environnementaux urbains (**Grimm et al., 2008**), et ont considéré la société



humaine comme une entité distincte de la nature (**Miller & Hobbs, 2002**). Cependant, les progrès scientifiques ont modifié la compréhension scientifique des systèmes écologiques (**Alberti et al., 2003**). Ainsi que, la majeure partie de la population mondiale réside actuellement dans des zones urbaines et génère des impacts sur les systèmes socio-environnementaux. L'étude de l'écologie urbaine est devenue une priorité pour la compréhension de l'environnement et les services éco systémiques qui interagissent avec les systèmes socio-économiques (**Oliveira & Santos., 2021**). L'écologie urbaine au sens étroit, peut signifier l'étude des organismes qui vivent dans les écosystèmes urbains. Cela amène à l'écologie classique, focalisé sur l'étude des plantes, des animaux et des microbes dans la ville. Ce type d'écologie urbaine s'intéresse sur la manière dont les organismes sont affectés par l'urbanisation et comment ils affectent à leur tour l'écosystème urbain et le bien-être de leurs voisins humains (**Angeletto, 2020**).

Cependant, les écosystèmes urbains sont des entités socio-écologiques complexes et l'écologie urbaine devrait intégrer une pluralité de concepts issus des sciences naturelles et sociales pour aborder la question de savoir comment les écosystèmes urbains sont gouvernés par des facteurs liés aux systèmes social et biophysiques (**Niemelä, 2014**). En plus, les villes représentent des centres de production, de consommation et d'élimination des déchets qui entraînent des changements fonciers et une multitude de problèmes environnementaux à l'échelle mondial (**Grimm et al., 2008**) et tous ces impacts socio-économiques et socio-environnementaux sont entièrement méconnus (**Wu., 2014 ;Oliveira & Santos., 2021**).

En conséquence, l'écologie urbaine peut être définie comme l'étude des modèles spatio-temporels, des impacts environnementaux et de la durabilité de l'urbanisation, en mettant l'accent sur la biodiversité, les processus et les services éco systémiques (**Wu, 2014**). Sous cette optique ,l'écologie urbaine serait alors un domaine au sein de l'écologie, qui a pour fondements et principes des connaissances, des théories et des méthodes issues des sciences naturelles et sociales visant à comprendre et à étudier les modèles et les processus qui déterminent les écosystèmes urbains (**Grimm et al., 2008; Oliveira & Santos .,2021**), ce type d'écologie est en réalité une science interdisciplinaire, car elle combine l'écologie biologique avec les approches de divers types de sciences sociales, d'ingénierie et d'urbanisme (**Angeletto, 2020**).

Avec plus de la moitié de la population mondiale résidant actuellement dans des zones urbaines et générant des impacts sur les systèmes socio-environnementaux, l'étude de l'écologie urbaine est fortement impliquée dans la compréhension de l'environnement et des services éco-systémiques en interaction avec les systèmes socio-économiques (**Oliveira &**



Santos., 2021). En plus, l'étude des écosystèmes urbains peut fournir des indicateurs et des informations sur l'impacts des activités humaines sur l'écosystème, ce qui peut servir à anticiper les future changements dans d'autres écosystèmes (**Alberti et al., 2008**). Finalement, le développement de la recherche scientifique a permis de comprendre les relations entre l'homme et la nature. En effet, les villes sont devenues des laboratoires à ciel ouvert et les futures villes refléteront qui nous sommes, ce que nous apprécions et à quel point nous pouvons refaire notre monde (**Wu, 2014; Oliveira & Santos., 2021**).

Les services et les avantages éco systémiques soutiennent la vie humaine. Parmi ces services, la pollinisation par les insectes fait partie des services fournis gratuitement aux écosystèmes (**Papa et al., 2022**). La valeur économique totale de la pollinisation des insectes est de 153 milliards d'euros par an, soit 9,5 % de la valeur de la production agricole mondiale (**Gallai et al., 2009**) et les abeilles domestiques (*Apis mellifera*), restent les pollinisateurs les plus précieux économiquement des cultures dans le monde (**Klein et al., 2006**).

Malheureusement, les abeilles domestiques sont en déclin partout dans le monde. Au cours des 10 à 15 dernières années, les apiculteurs ont signalé des baisses inhabituelles du nombre de colonie d'abeilles dans toute l'Europe et aux États-Unis (**Jovetić et al., 2018**), mais les causes exactes de ce déclin restent à identifier. Cependant, les principaux facteurs affectant la santé des abeilles domestiques sont les suivantes : les maladies, l'exposition aux pesticides, perte d'habitat, mauvaise gestion apicole, changement climatique et perte de diversité génétique (**Mayack et al., 2022**). En outre, le développement urbain et agricole sont les deux formes d'utilisation humaine des terres les plus spectaculaires et les plus répandues, mais leurs effets respectifs sur les abeilles mellifères restent mal compris (**Sponsler et al., 2017**).

Depuis 2007, un nouveau intérêt pour l'apiculture dans les zones urbaines a émergé et cette pratique a prospéré (**Lorenz & Stark, 2015**). L'apiculture dans le milieu urbain a été signalé, notamment dans les métropoles et plusieurs villes du monde : New York (**Moore & Kosut, 2013 ; Lorenz & Stark, 2015**), Londres (**Benjamin & McCallum 2011 ; Lorenz & Stark, 2015**) et Berlin (**Lorenz & Stark, 2015**).

L'intérêt mondial pour la conservation de la biodiversité urbaine et l'apiculture urbaine est en plein expansion (**Lorenz & Stark, 2015**). Car, les villes sont perçues comme des refuges pour les pollinisateurs en raison de leur faible exposition aux pesticides et de leur grande diversité florale tout au long de l'année (**Ropars et al., 2019**). De plus, l'apiculture urbaine a gagné de l'importance en raison de son rôle dans la conservation de la biodiversité, la production alimentaire et le renforcement des communautés dans les zones urbaines



INTRODUCTION

(Matsuzawa & Kohsaka, 2021). Afin de contribuer au développement de l'apiculture urbaine, nous avons conçu cette étude pour obtenir plus d'informations sur la qualité des produits de l'abeille tout au long du gradient urbain.

Le travail de thèse présenté dans ce manuscrit fait suite à cette étude de terrain et s'attache plus précisément à caractériser le degré de pollution par les métaux lourds dans différents types paysagères.

Ce travail doit répondre notamment aux questions suivantes :

- 1- Le type paysager peut-il influencer les paramètres physicochimiques du miel ?
- 2- Vérifier si le miel provenant d'environnements distincts (Urbain, périurbain) présentait des différences en termes de concentration des métaux lourds ?
- 3- Suite au confinement due à la pandémie du COVID19 y a-t-il vraiment un impact sur la quantité des polluants (métaux lourds) présents dans l'environnement ?



A decorative border in a golden-yellow color frames the page. It consists of a thick L-shaped line on the left and top, and a vertical line on the right. In the top-right corner, there is a cluster of small, five-petaled flowers with pointed petals. In the bottom-left corner, there is another cluster of similar small flowers. In the bottom-right corner, there is a large, detailed flower with many long, pointed petals radiating from a central, textured yellow core.

Partie théorique

Chapitre I

La colonie d'abeilles



II. CHAPITRE I : LA COLONIE D'ABEILLES

I. L'abeille :

1) Classification :

En général, il existe plus de 20 000 espèces d'abeilles. Scientifiquement, l'espèce d'abeille domestique est celle d'*Apis*. La classe est Insecta, l'ordre est Hyménoptères et la famille est Apidae. Cependant, parmi toutes ces espèces, seules sept espèces sont reconnues comme abeilles domestiques (Pezza, 2013). Ils sont:

- *Apis mellifera* (occidentale)
- *Apis nigrocincta*
- *Apis koschevnikovi*
- *Apis cerana* (Asie de l'Est)
- *Apis andreniformis* (Naine noire)
- *Apis dorsata* (abeille géante)
- *Apis florea* (Naine rouge) (Pezza, 2013).

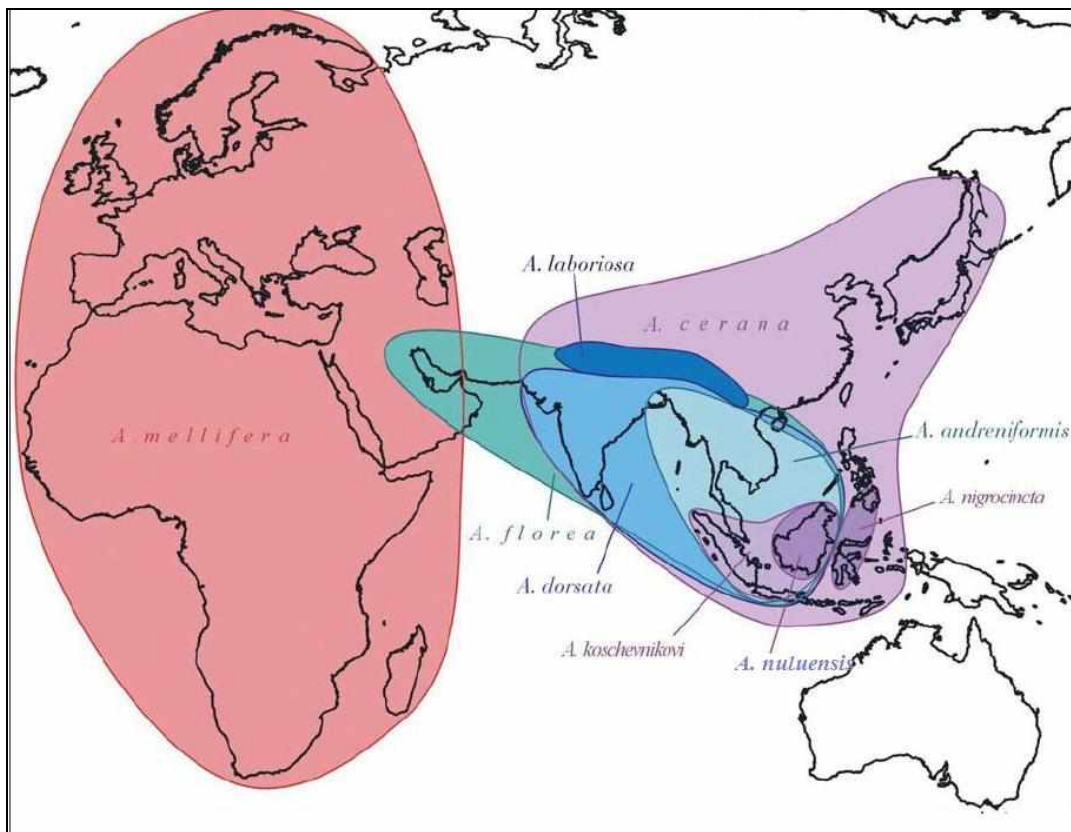


Figure 1 : Carte d'aire de répartition naturelle des neuf espèces d'Abeilles du genre *Apis* dans le monde (Le conte & Franck, 2005).



2) Présentation générale :

L'abeille domestique est un insecte colonial, avec des descendances adultes qui se chevauchent une division du travail appropriée et une interaction sociale (Marwaha, 2022). Chaque membre ne travaille pas pour lui-même, mais pour le bien de la colonie. Les abeilles mellifères ne peuvent pas survivre seules longtemps. Ils ont besoin du cadre social de la colonie (Abrol, 2013). C'est pour cela que les tâches au sein de la colonie sont accomplies grâce à la division du travail.

Il existe trois types morphologiques différents d'abeilles dans la colonie qui peuvent être facilement identifiés (Fig.2). Ces trois castes d'abeilles sont différentes sur le plan anatomique, physiologique, reproductif et fonctionnel (Marwaha, 2022).

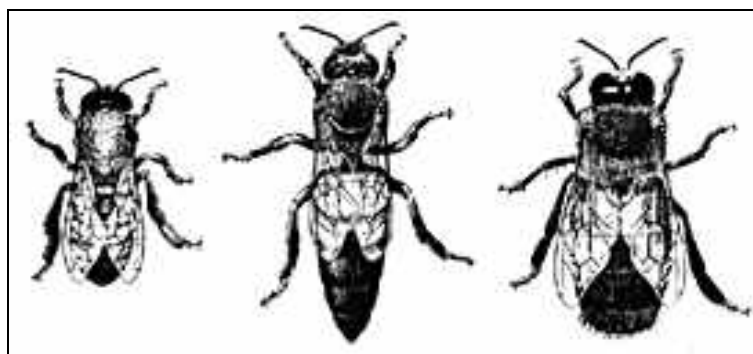


Figure 2: Les trois castes d'abeilles mellifères dans la colonie : l'ouvrière, la reine et le faux-bourdon (Abrol, 2013).

Les abeilles mellifères se divisent en deux classes : la classe reproductible dont la reine et les faux-bourdons. La classe non reproductible ou facultativement reproductible représente les ouvrières. En d'autres termes, une colonie d'abeilles mellifères est composée d'une seule reine dominante fertile, des milliers d'ouvrières stériles et de quelques centaines de faux-bourdons fertiles (Marwaha, 2022).

Contrairement à d'autres espèces animales, les abeilles (comme tous les autres membres de l'ordre des insectes Hyménoptères) maintiennent un système de détermination du sexe haplo diploïde. Il existe 16 paires de chromosomes chez les abeilles femelles (diploïdes) et 16 chromosomes simples chez les faux-bourdons (haploïdes). Dans le système haplo diploïde, les mâles se développent à partir d'œufs non fécondés tandis que les femelles, reproductrices et non reproductrices, se développent à partir d'œufs fécondés (Moškrič *et al.*, 2020).

3) Les différentes castes de la colonie :

1. La reine :

Elle est le cœur et l'âme de la colonie. Elle est la raison de presque tout ce que fait le reste de la colonie. C'est la plus grande abeille de la colonie, avec un corps long et gracieux(Fig.3) (Blackiston, 2009). Dans la colonie des abeilles existe seul et unique reine responsable de la reproduction de la population de la colonie. La reine est la mère de tous les autres membres de la colonie. Son travail le plus important est de pondre des œufs (Abrol., 2013).



Figure 3:photo de la reine d'abeille(photo personnelle).

La reine possède une structure similaire à celle des ouvrières, avec un abdomen plus long. (Marwaha, 2022). Leur abdomen contient ces organes génitaux femelles complètement développées (Fig.4). Elle mesure en moyenne 16 mm de long, son thorax atteint 4,5 mm de diamètre et son propre poids varie entre 230 à 300 mg (Biri, 2011).

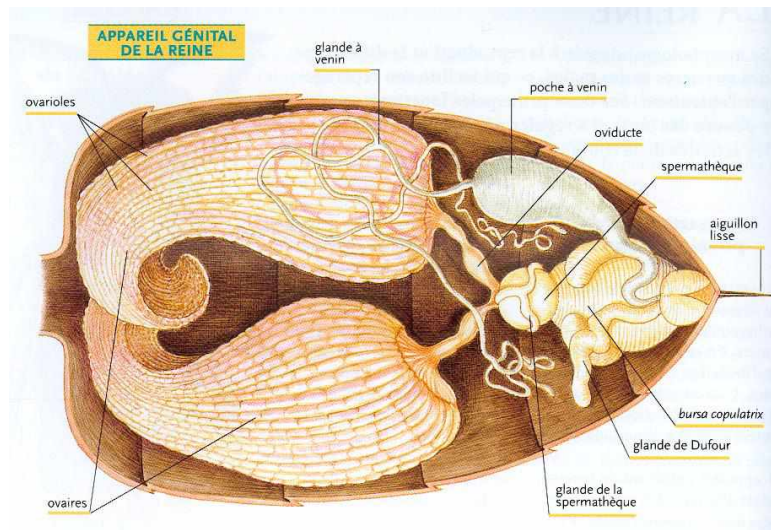


Figure 4:Appareil génital de la reine (Le Conte Y., 2002).



Ses ailes ne couvrent qu'environ les deux tiers de son abdomen, alors que les ailes des ouvriers et des faux-bourçons atteignent presque le bout de l'abdomen lorsqu'elles sont repliées. Leur thorax est légèrement plus grand que celui d'une ouvrière et elle n'a pas de corbeille à pollen ni glandes cirières (Abrol, 2013).

Son appareil buccal et les organes nécessaires à la récolte du pollen et du nectar ne sont pas aussi développés que ceux des ouvrières (Biri, 2011). La reine est totalement incapable de subvenir à ses propres besoins de base. C'est pour ça qu'elle est tout le temps entourée par ses serviteurs (la cour de la reine) qui veillent à ses besoins de base pendant qu'elle va inlassablement de cellule en cellule en mettant des œufs (Blackiston, 2009).

L'appareil vulnérant de la reine est composé d'un dard lisse, des glandes à venin bien développées et un sac à venin plus volumineux (Abrol, 2013). Son aiguillon est plus long à celui de l'ouvrière, mais il présente des barbes moins nombreuses et plus courtes (Devillers, 2002). En général, les reines n'utilisent leurs dards que pour tuer les reines rivales qui peuvent émerger ou être introduites dans la ruche sans perdre son dard contrairement aux abeilles ouvrières (Blackiston, 2009).

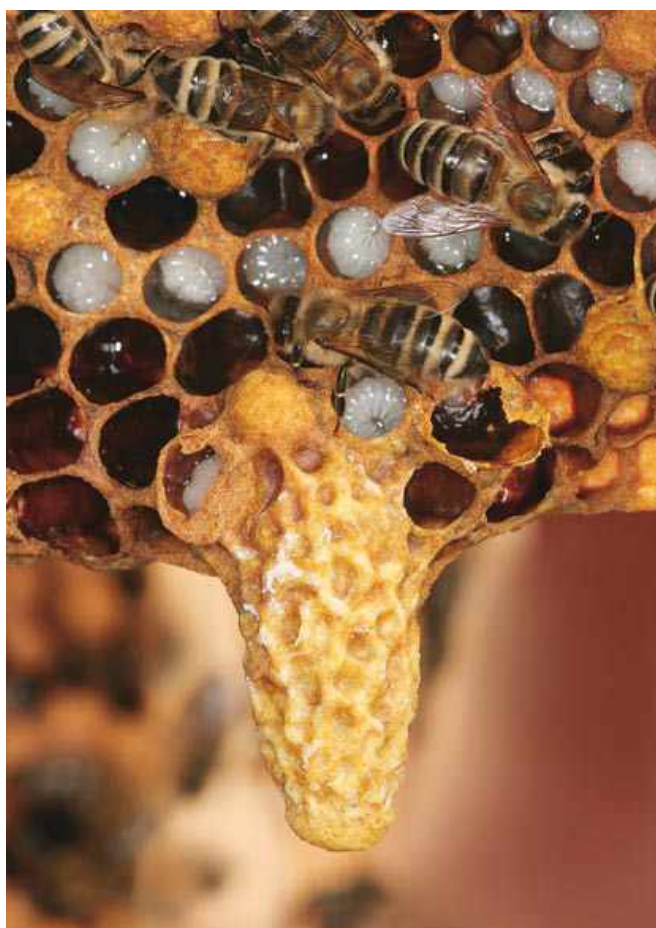


Figure 5: Cellule royale de la future reine (Tautz, 2008).



L'œuf de la reine est un œuf fécond ordinaire qui peut donner naissance à une ouvrière si la larve se développe dans une petite cellule d'ouvrière. Mais en fait, dans une cellule royale plus grande et plus confortable est déposé l'œuf de la reine (**Fig. 5**). Du coup, les ouvrières se rendent compte qu'elle est différente des autres et doit recevoir un traitement particulier tel que la quantité de la gelée royale servi dans la cellule royale pour le bon développement de la future mère de la colonie. La cellule royale est de 20 à 25 mm de long intérieurement lisse et cylindrique, possède un fond de 7,5 x 8,5 mm (**Biri, 2011**).

Le développement de la reine des abeilles domestiques durera au total 16 jours : trois jours pour l'éclosion de l'œuf, six jours environ pour la phase larvaire et sept jours pour la phase nymphale (**Fig. 6**). Au sixième jour après l'éclosion, les ouvrières ferment la cellule royale avec un opercule de cire pour que la future reine puisse se développer tranquillement (**Marwaha, 2022**).

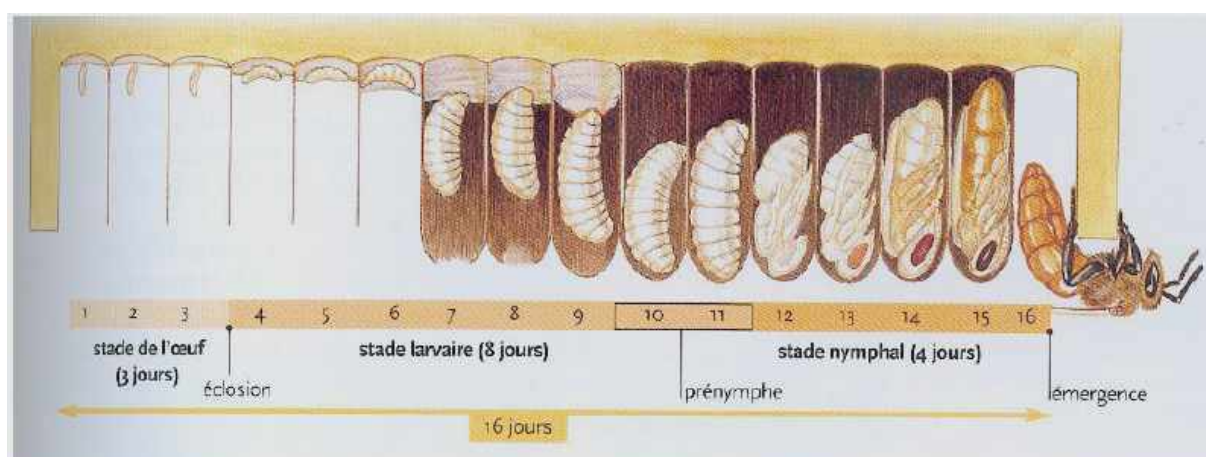


Figure 6: Schéma montrant le développement de la reine : De l'œuf à la reine (**Le Conte Y., 2002**).

Une fois sortie de sa cellule royale, la reine vierge effectue quelques courts vols près de la colonie et enfin, dans les deux semaines suivant son éclosion, elle effectue 1 à 2 vols nuptiaux pour l'accouplement. Lors de l'accouplement, la reine reçoit suffisamment de sperme pour toute sa vie et le stock dans son spermathèque (**Fig. 4**). La reine des abeilles mellifères est polyandre, en raison de sa tendance à s'accoupler avec plusieurs faux-bourdon provenant de plusieurs colonies dans la zone d'accouplement. La reine vierge attire les faux-bourdons grâce à ses phéromones, notamment par les phéromones de la glande mandibulaire (**Marwaha, 2022**). Il s'agit d'un seul et unique accouplement de la reine au cours de toute sa vie: le sperme du faux bourdon est stocké pendant toute sa vie (3 ans en moyenne) dans un organe spécialisé appelé spermathèque, qui maintient la viabilité du sperme (**Moškrič et al., 2020**).Après l'accouplement, les faux-bourdons meurent sur le champ et la reine retourne à sa colonie pour accomplir son unique tâche de pondre des œufs (**Fig. 7**) (**Marwaha, 2022**).



Figure 7: Le retour de la reine du vol nuptial avec l'endophalus d'un faux bourdon (Tautz, 2008).

Le processus d'activation des ovaires commence immédiatement après l'accouplement et il est associé à une augmentation du niveau de production de vitellogénine dans le corps adipeux et à son absorption par l'hémolymphe dans les ovaires. De même, après l'accouplement, le profil phéromonal des glandes mandibulaires s'active et la reine devienne attrayante pour un cortège d'ouvrières, ce qui est typique d'une reine pondeuse (Johnson, 2023). Dès son retour de son vol nuptial, la reine commencera son travail de peuplement de la ruche. Elle produira en moyenne 1 000 à 1 500 œufs par jour, dont environ 200 000 seront pondus au cours de sa vie (Pezza, 2013), a peut près 5 à 6 ans (Abrol, 2013).

La reine des abeilles impose sa dominance reproductive grâce à la sécrétion des phéromones royales, notamment en provenance des glandes mandibulaires, tergaux et Dufour. En d'autres termes, les phéromones royales sont des signaux chimiques adressés aux résidents de la colonie, qui témoignent la présence d'individus reproducteurs actifs dans la colonie et par conséquent les ouvrières présentent des réponses morphologiques, physiologiques, anatomiques et comportementales de type ouvrières (Marwaha, 2022). Par conséquent, elle est toujours entourée d'un troupeau de préposées lorsqu'elle se déplace dans la ruche (Fig.8) (Blackiston, 2009). La reine est constamment soignée et nourrie de gelée royale par les ouvrières (Devillers, 2002). Grâce à cette alimentation riche et continue, la



reine fonctionne comme une machine à pondre des œufs pendant quatre ou cinq ans (**Pezza, 2013**).



Figure 8: Reine d'abeille entourée par ses serviteurs (**Tautz, 2008**).

La capacité de ponte de la reine est la clé du succès de la colonie et, en fin de compte, de l'apiculteur, car une grande population d'abeilles ouvrières est nécessaire pour optimiser les rendements en miel et la pollinisation des cultures (**Abrol, 2013**). Plus précisément, la survie de la colonie dépend du nombre d'ouvrières pour accomplir diverses tâches, y compris la recherche de nourriture, la transformation du miel, le stockage, l'élevage du couvain, l'alimentation du couvain, la ventilation et la régulation de la température (**Marwaha, 2022**).

2. Le faux bourdon :

Le faux bourdon est la seule abeille mâle de la colonie. Il se développe en 24 jours à partir d'un œuf non fécondé (**Fig.9**) (**Abrol, 2013**). Il possède une tête et un thorax comparativement plus gros que les deux autres castes femelles. Leur abdomen est épais et arrondi, avec une apparence en forme de balle (**Marwaha, 2022**). Sa longueur est de 13 à 14 mm, le diamètre de son thorax est proche de 5,5 mm et son poids est d'environ 230 mg (**Biri, 2011**).

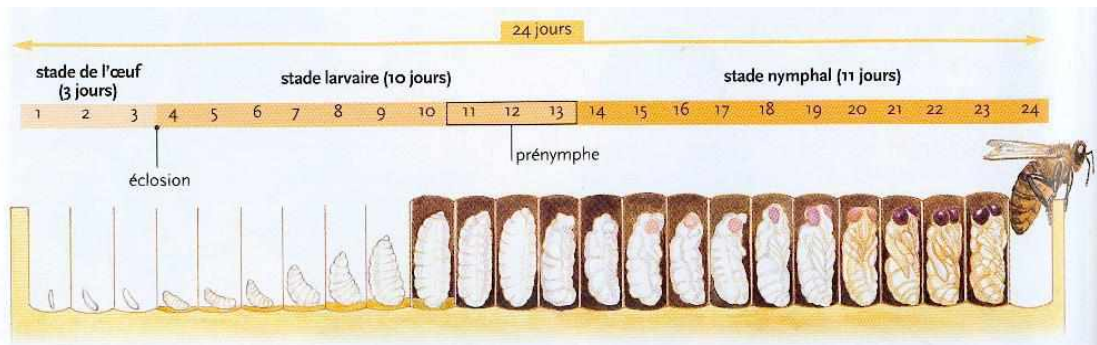


Figure 9: Schéma montrant le développement de mâle: De l'œuf au faux bourdon (Le conte Y., 2002).

Le faux bourdon ne possède pas de sac à venin, ni d'aiguillon (Devillers, 2002), son appareil reproducteur occupe une grande partie de son abdomen (Le Conte, 2002), incluant l'endophallus, les testicules et les glandes associées (Fig.10) (Johnson, 2023). Du coup, leur seul et unique moyen de défense est la fuite (Biri, 2011). Le faux-bourdon ne travaille pas dans la ruche. Il ne possède pas de corbeille à pollen, ni la plupart des glandes nécessaire pour travailler dans la ruche comme celles des abeilles ouvrières. Leur comportement consiste à voler vers des zones de congrégation des faux-bourdons et à tenter de s'accoupler avec des reines vierges (Johnson, 2023).

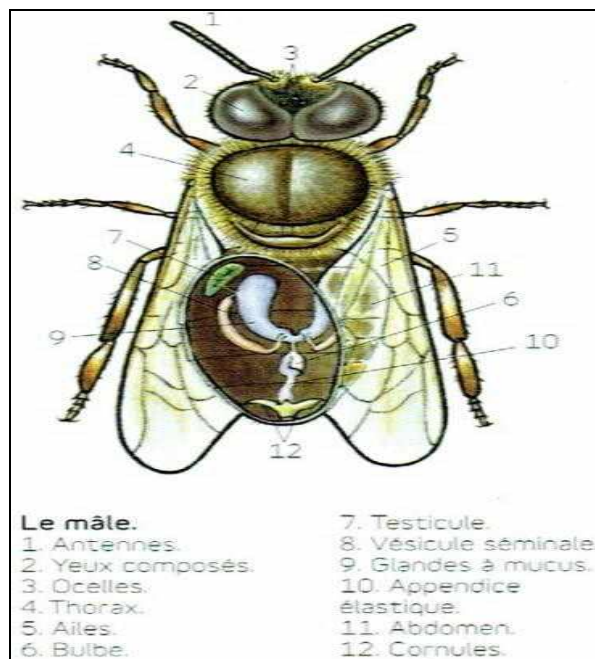


Figure 10: La morphologie et l'anatomie du faux bourdon (Jean, 2012).

Leur pièces buccales sont trop courtes et moins développées que celles des ouvrières pour collecter le nectar (Abrol, 2013). Ces antennes sont plus sensibles que celles des ouvrières, avec environ dix fois plus de plaque olfactive et des structures sous-jacentes à l'odorat. Il a des muscles de vol puissants, de grands yeux et un système reproducteur capable

d'inséminer rapidement les reines en vol avec une grande quantité de sperme. Ces adaptations physiologiques très spécialisés sont liées à cette fonction et il leur manque la plupart des organes non liées à l'accouplement. **(Johnson, 2023)**.

La largeur des cellules des faux bourdons est de 7 mm avec 12 à 13 mm de profondeur. **(Fig.11) (Biri, 2011)**. Elles sont légèrement plus grandes que les cellules des ouvrières ce qui pousse la reine à pondre uniquement des œufs non fécondés c'est à dire haploïde avec seulement la moitié du nombre de chromosomes. Toutes ses caractéristiques génétiques proviennent de la reine de la colonie **(Abrol, 2013)**.



Figure 11: Couvain operculé des faux bourdons **(Tautz, 2008)**.

Après la naissance, les faux-bourdons restent dans la ruche, où ils sont nourris par les nourrices. Vers l'âge de six à huit jours, les faux-bourdons se déplacent vers la périphérie du couvain et commencent à effectuer des vols d'orientation. Ils atteignent leurs maturités sexuelles vers 12 jours environ. Les vols d'accouplement commencent immédiatement après avoir atteint la maturité sexuelle en été, mais au printemps, ils attendent jusqu'à l'âge de 21 jours pour commencer à effectuer des vols d'accouplement **(Johnson, 2023)**. Les faux bords sélectionnent une zone particulière et s'y rassemblent librement pour surveiller les reines lors des vols d'accouplement **(Abrol, 2013)**.



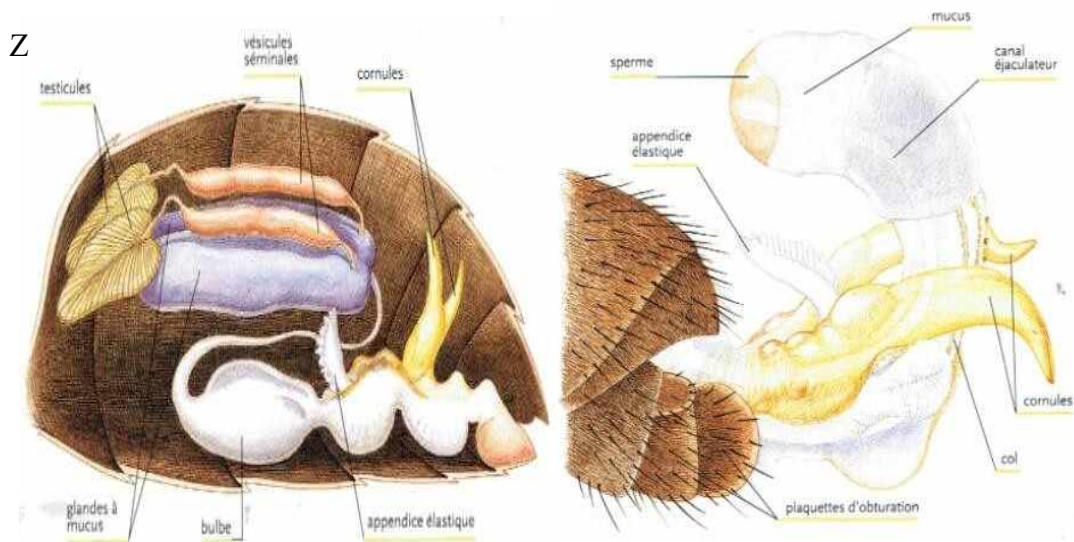


Figure 12: L'appareil reproducteur (à gauche) et l'endophallus (à droite) du faux bourdon (Henri., 2011).

Au cours, du vol nuptial il est impossible qu'un faux bourdon mal formé ou faible puisse s'accoupler avec la jeune reine. Seuls les faux bourdons dont les caractères génétiques sont les plus prometteurs ont la chance de féconder la reine pour avoir une meilleure descendance, c'est pour le bien de la colonie (Biri, 2011). Le faux-bourdon insémine la reine avec son endophallus et ce dernier reste attaché au corps de la reine (Marwaha, 2022). Les organes sexuels du faux bourdon sont formés de la même façon que le dard des ouvrières (Fig.12). Les abeilles ouvrières meurent après avoir piquées. Les faux bourdons meurent après l'accouplement. Ses organes génitaux restent attachés à la reine (Abrol, 2013). Grâce à ce sacrifice, le mâle favorise la survie et la descendance de la colonie d'abeilles, à laquelle il n'appartenait peut-être même pas (Biri, 2011). Pour que le prochain mâle s'accouple, il enlève l'endophallus du mâle ou faux bourdon royal déjà accouplé puis insémine la reine (Marwaha, 2022).

Les faux-bourdons vivent environ 20 à 30 jours, selon la saison : plus longtemps au printemps, moins en été. Le reste des faux-bourdons présents dans la ruche à l'automne seront chassés de la colonie par les ouvrières (Johnson, 2023). Car, l'élevage et l'alimentation des faux bourdons nécessitent des ressources considérables de la part de la colonie. Et l'unique but de les élever est d'avoir un ou plusieurs compagnons avec une reine vierge d'une autre colonie et de transmettre les gènes de la colonie (Abrol, 2013).

3. Abeille ouvrière :

Ce sont des femelles sexuellement sous-développées (Devillers, 2002). Elles sont stériles en raison d'un système reproducteur dégénéré sous l'influence d'un faible régime alimentaire en protéines au cours de leur stade larvaire et les phéromones de la reine (Marwaha, 2022).



Bien que, l'abeille ouvrière issue d'un œuf féconde comme celle de la reine. Les larves des ouvrières sont exemptées de la gelée royale et elles sont nourries d'un mélange de miel et de pollen, appelée «pain d'abeille», pour le reste de toute leur vie. Après 21 jours, les abeilles ouvrières quittent leurs cellules et commencent leur travail (Pezza, 2013).

L'abeille ouvrière est l'individu le plus petit de la colonie. Sa longueur est de 10 à 12 mm, le diamètre de son thorax est voisin de 4 mm et son poids entre 105 à 106 mg (Biri, 2011). Malgré sa petite taille, l'abeille ouvrière est capable d'accomplir un large éventail de tâches grâce à son anatomie structurelle, qui permet à l'animal d'accomplir les fonctions nécessaires au maintien de son existence individuelle et à la perpétuation de son espèce. C'est un mélange complexe de parties intégrées, dans un organisme finement réglé (Fig.13) (Abrol, 2013).

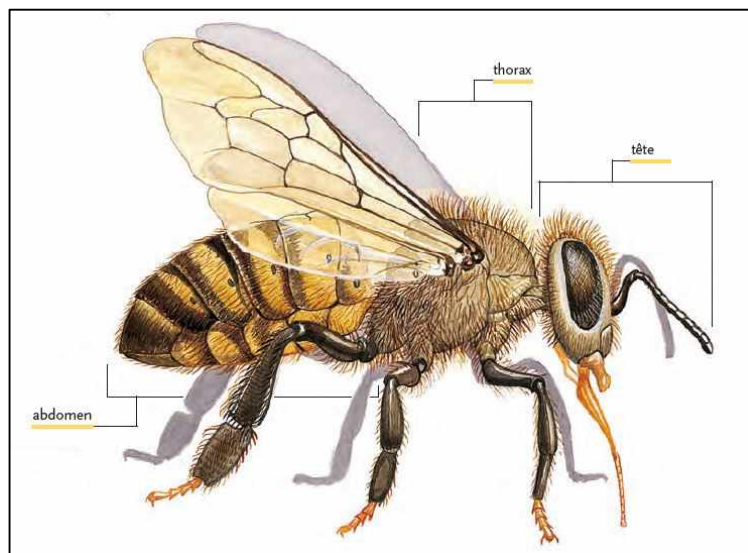


Figure 13: Les trois régions principales du corps de l'abeille ouvrière (Le Conte Y., 2002).

La tête abrite la plupart des structures sensorielles, des pièces buccales, de nombreuses glandes importantes et le cerveau (Johnson, 2023). Elle est plate et de forme quelque peu triangulaire (Blackiston, 2009). Elle est reconnue par sa forme ovoïde (Le Conte Y.2002). C'est à travers la tête que les entrées visuelles, gustatives et olfactives sont reçues et traitées. Elle contient les pièces buccales et constitue la principale région sensorielle du corps avec les yeux, les antennes et les poils sensoriels. De plus, la tête contient également les glandes exocrines à l'intérieur de la tête, notamment les glandes mandibulaires, les glandes hyopharyngiens et les glandes salivaires (Abrol, 2013).

Le thorax de l'ouvrière est composé de 3 segments portant chacun une paire de pattes et les deux segments postérieurs portant chacun une paire d'ailes. Ainsi, le thorax est la principale région locomotrice du corps de l'abeille. Il contient les muscles indispensables pour le vol, la marche et bien d'autres fonctions spécialisées (Abrol, 2013). Sur leurs pattes



postérieures portent des corbeilles à pollen pour le transport du pollen et de la propolis (Blackiston, 2009).

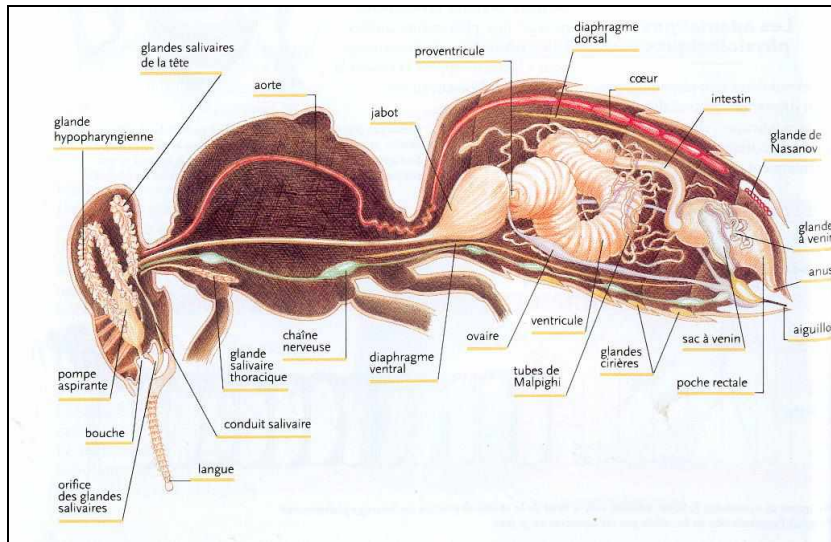


Figure 14: Les principaux organes de l'ouvrière (Le Conte Y., 2002).

L'abdomen est constitué de sept segments visibles et contient des organes internes (Abrol, 2013). Il est constitué de plaques externes reliées par des membranes flexibles. Il peut se dilater et se contracter comme un accordéon face aux changements de volume des organes internes (Gary, 2010). L'abdomen est la partie du corps de l'abeille qui contient le système respiratoire trachéenne, le système digestif et l'appareil vulnérant (Le Conte Y.2002).

Les ouvrières possèdent un dard barbelé attaché à un sac à venin présent à l'extrémité de l'abdomen (Fig.14) (Marwaha, 2022).



Figure 15: Couvain ouvert et operculé des prochaines ouvrières (Tautz, 2008).



Les cellules du couvain des ouvrières sont les plus nombreuses et les plus petites ; elles sont uniformes et possèdent une superficie de 26 mm² avec une profondeur de 10 à 13 mm et entre 5,2 à 5,5 mm de largeur (**Fig.15**) (**Biri, 2011**). La durée de vie des abeilles ouvrières est de six semaines modestes pendant la saison active de la colonie. Cependant, les abeilles ouvrières vivent plus longtemps (quatre à huit mois) pendant les mois d'hiver les moins actifs (**Blackiston, 2009**).

Le cycle de développement des ouvrières commence par un œuf fécondé. Pondue individuellement dans des cellules, chaque œuf est attaché au fond de la cellule. Les œufs éclosent environ vers le troisième jour. Chaque larve est nourrie de gelée royale pendant trois jours, puis leur régime alimentaire sera remplacé par un mélange de miel et de pollen pendant deux jours et demi. Enfin, les larves restent enfermées dans leurs cellules pendant 12 jours, période pendant laquelle elles tissent un cocon et se transforment de nymphe en imago. Vers le 21 jours, l'abeille quittera sa cellule et prête à se mettre au travail (**Fig.16**) (**Abrol, 2013**).

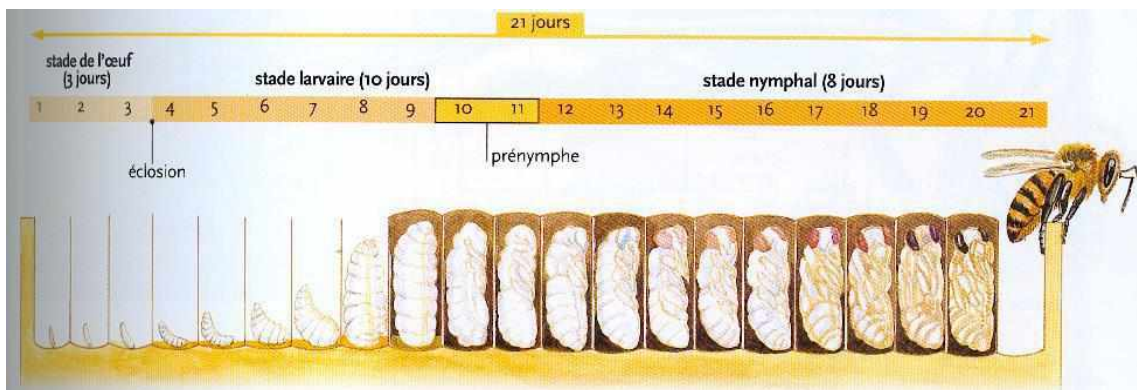


Figure 16: Schéma montrant le développement de l'ouvrière: De l'œuf à l'ouvrière (**le Conte Y., 2002**).

Dès leurs naissances, les ouvrières réalisent une série de tâches dont la succession est une partie intégrante de l'organisation sociale de la colonie. Elles travaillent en équipe. La vie dans la ruche est une vie de coopération obligatoire. Ce qu'une ouvrière ne pourrait jamais faire par elle-même, peut être accompli en tant que colonie (**Blackiston, 2009**). Voilà les principales tâches réalisées par l'abeille ouvrière tout au long de son existence.

a) L'imago (abeille naissante) :

Les abeilles nouvellement naissantes ne peuvent ni voler ni piquer et sont donc immatures sur le plan du développement. Les premiers jours de la vie d'une abeille sont consacrés à son développement continu et à l'acquisition de ces capacités (**Johnson, 2009**). Pendant les quatre premiers jours, elles seront nettoyées et nourries par les abeilles nourrices jusqu'à ce que leur corps durcisse (**Pezza, 2013**).



b) Nettoyeuse :

La nettoyeuse est une abeille ouvrière âgée de 3 à 12 jours (**Abrol, 2013**). Pendant cette période, lorsqu'elle n'est pas occupée à se nettoyer, l'abeille nettoyeuse semble passer son temps soit à nettoyer les cellules du couvain pour la prochaine ponte de la reine (**Fig.17**), soit en restant plus ou moins immobile sur les rayons du couvain operculé et contribue à maintenir la chaleur propice pour le développement des larves des futures ouvrières (**Butler, 2017**).



Figure 17: Une abeille ouvrière nettoie soigneusement une cellule vide dans le nid à couvain, en préparation pour la ponte de la reine (**Tautz, 2008**).

c) Nourrice :

Les abeilles nourrices sont généralement des jeunes abeilles âgées de 5 à 15 jours et consomment une quantité importante de pollen pour inciter la production de la gelée royale par leurs glandes hyopharyngiennes(**Fig.18**)(**Tautz, 2008**). Cela augmente vraisemblablement le taux de croissance des larves (**Johnson, 2009**). Elles s'occupent de leurs «petites sœurs» en nourrissant et en prenant soin des larves en développement. En moyenne, les abeilles nourrices vérifient une seule larve 1 300 fois par jour (**Blackiston, 2009**).



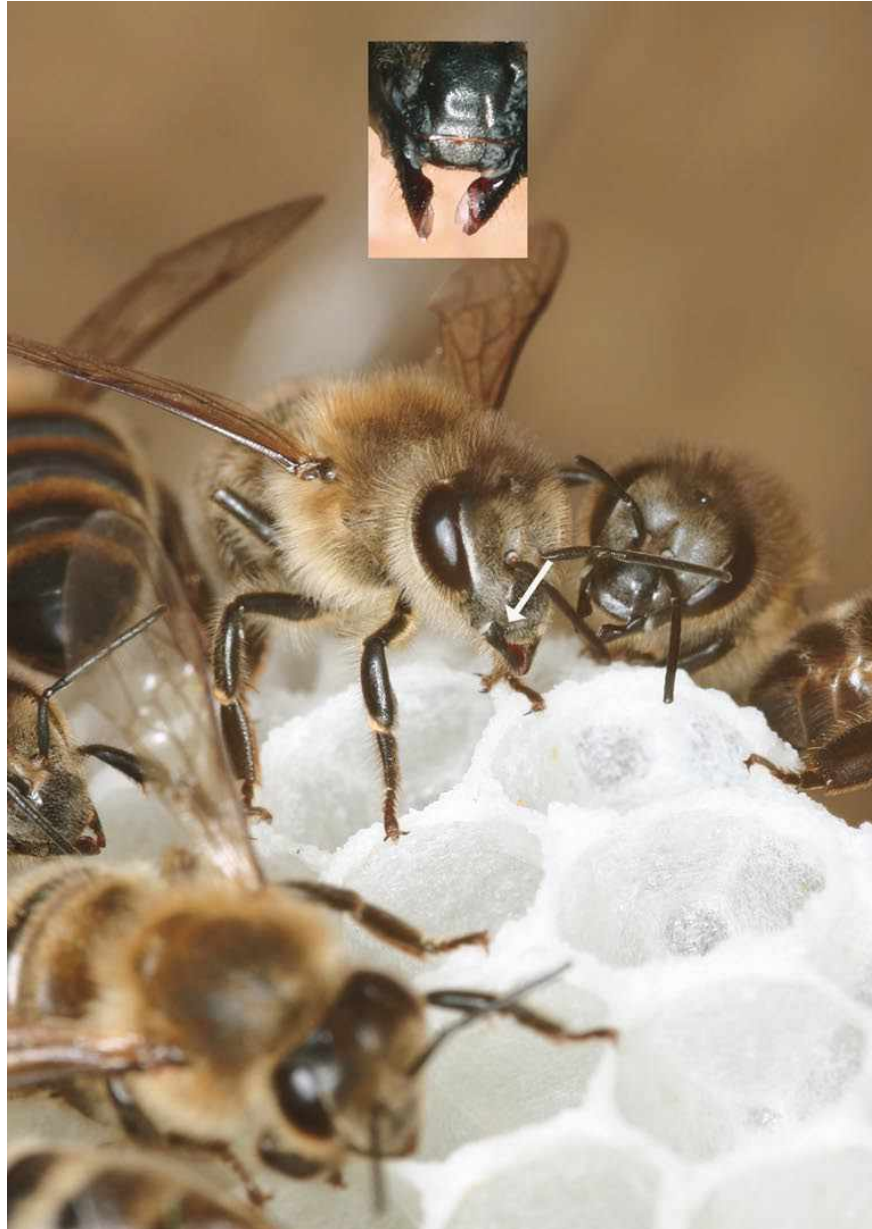


Figure 18: L'abeille nourrice produit la gelée royale pour leurs frères et sœurs par leurs glandes hypopharyngiennes (Tautz, 2008).

d) Maçonne :

Les abeilles ouvrières âgées d'environ 12 jours sont suffisamment matures pour commencer à produire de la cire d'abeille. Ces flocons blancs de cire sont sécrétés par les glandes cirières situées sous l'abdomen de l'abeille ouvrière (Blackiston, 2009). Les écailles sont pétries avec les mandibules, mélangées à une sécrétion des glandes mandibulaires, et amenées à une consistance avec laquelle les abeilles peuvent les moduler. Une abeille ouvrière a besoin d'environ 4 minutes pour terminer la préparation de chaque écaille de cire. Environ 8 000 cellules sont constituées de 100 g de cire, ce qui nécessite environ 125 000 écailles de cire (Fig.19) (Tautz, 2008).





Figure 19: Les écailles de cire prélevées par les pattes postérieures et pétries par les mandibules (Tautz, 2008).

e) Gestionnaire :

Les jeunes abeilles ouvrières âgées de 12 à 18 jours vont récupérer le nectar des abeilles butineuses qui retournent à la ruche par trophallaxie (Blackiston, 2009). Ces abeilles gestionnaires leurs glandes cirières sont atrophiées, vont régurgiter et ingurgiter le nectar à plusieurs reprises dans le but de le déshydrater (Tautz, 2008). De plus, le pH acide de l'estomac des abeilles, associé aux activités enzymatiques de l'invertase, de la diastase et de l'amylase, donnent lieu à une solution aqueuse sursaturée composée de 80% de sucres, principalement du fructose et du glucose, avec des quantités mineures de saccharose, de maltose et d'autres sucres complexes (Cornara et al., 2017). Lorsque le nectar atteint une teneur en eau de 18%, il est stocké dans une alvéole. Il est alors appelé miel. Quant au pollen, c'est la butineuse qui le dépose dans une alvéole et c'est la gestionnaire qui le mélange avec du miel (Fig.20) (Tautz, 2008). De plus, elles font beaucoup de ménage, ramassant les abeilles mortes et tous les débris qui s'accumulent sur le plancher de la ruche (Butler, 2017).|





Figure 20: Les butineuses déposent le pollen dans les cellules (Tautz, 2008).

f) Ventileuse :

Le magnifique mécanisme de régulation de la température présentée par la colonie d'abeilles, implique le regroupement des abeilles dans la zone du couvain pour garder la chaleur par temps froid et la ventilation active par temps chaud (Butler, 2017). Bien que la ventilation puisse être effectuée par des abeilles d'âges différents, cette activité sera effectuée principalement par les ouvrières âgées de 18 jours (Devillers, 2002). Le miel doit être séché pour sa maturation ; ce dernier nécessite également la circulation d'air dans la ruche, tandis que, le couvain nécessite une chaleur constante de 35 °C (Abrol, 2013).

g) Gardienne :

Lorsque les ouvrières ont environ 15 à 20 jours, leur tâche consiste à défendre la ruche (Devillers, 2002). À ce stade-là, ses glandes à venin se sont développées pour contenir une quantité de venin faisant autorité. Elles sont prêtes et vigilantes (Blackiston, 2009), pour inspecter toutes les butineuses entrantes en sentant leurs odeurs (Fig.21) (Abrol, 2013). Seuls les membres de la famille sont autorisés à passer. D'étranges abeilles, guêpes, frelons et d'autres désireux de voler les réserves de miel de la ruche seront chassés (Blackiston, 2009). L'abeille gardienne est également chargée de surveiller toute fissure par laquelle une abeille voleuse ou tout autre intrus pourrait pénétrer dans la ruche (Abrol, 2013). Parfois, des abeilles étrangères à la colonie sont autorisées à entrer lorsqu'elles apportent du butin (nectar ou pollen) (Blackiston, 2009).



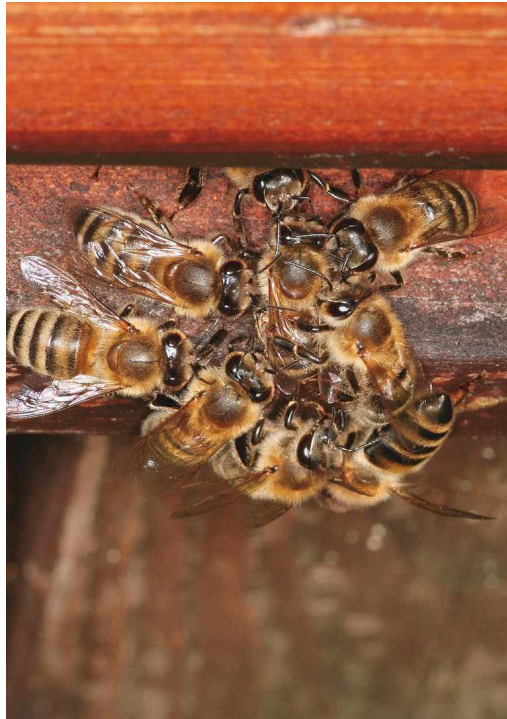


Figure 21: Inspection d'une abeille entrante à la ruche par les abeilles gardiennes (**Tautz, J., 2008**).

Tout intrus, voleur ou autre ennemi reçoit d'abord un avertissement sonore effrayant, suivi d'une piqûre ; s'il persiste, l'application de la phéromone d'alarme à l'endroit où l'abeille a piqué appelle rapidement davantage de gardiennes. Cette odeur aide les autres abeilles à trouver la cible (**Abrol, 2013**).

h) Butineuse :

L'activité du butinage est la période la plus difficile de l'existence des abeilles ouvrières. C'est un travail difficile et dangereux. Elles peuvent se refroidir à l'approche du crépuscule et mourir avant de pouvoir retourner à la ruche. Parfois, elles deviennent un repas savoureux pour un prédateur (**Blackiston, 2009**). Après deux semaines en tant qu'abeilles domestiques, les ouvrières effectuent des courts vols d'orientation (**Devillers, 2002**). Elles enregistrent l'emplacement de leur colonie avant de commencer à faire le tour de la ruche et d'élargir progressivement ces cercles, en apprenant des points de repère qui les guideront finalement vers la colonie. (**Blackiston, 2009**). Une fois la transition vers la recherche de nourriture effectuée, les abeilles abandonnent les tâches d'intérieur et se concentrent sur la recherche des quatre principales ressources dont la colonie a besoin : pollen, nectar, eau et propolis (**Johnson, 2009**). Grâce, à leurs corbeilles à pollen présentes sur ces pattes méso-thoraciques les abeilles ouvrières assurent l'apport quantitative des grains de pollen et de la propolis (**Fig.22**) (**Marwaha, 2022**).



Vue leurs importance pour le bon développement de la colonie le pollen et le nectar constituent la majeure partie de l'activité de butinage chez les abeilles (**Johnson, 2009**). Quant aux collecteur d'eau représentent environ 10% des butineuses, mais ce nombre peut-être augmenter en cas de stress thermique. De l'autre côté, les collecteurs de propolis sont les moins nombreux (**Devillers, 2002**).

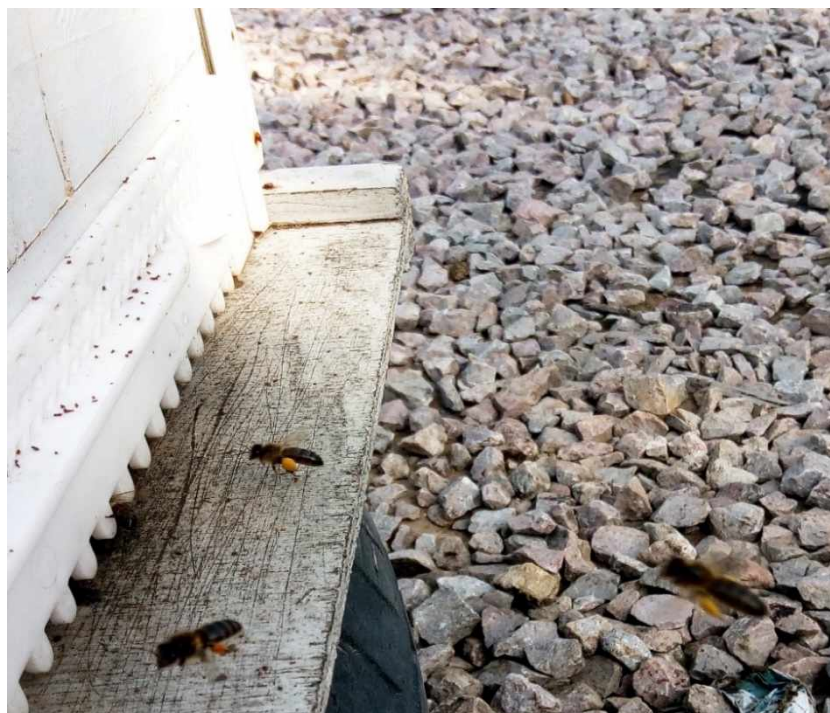


Figure 22: Les butineuses avec pelote de pollen (Photo personnelle).

4) Classification d'abeille Algérienne :

Règne	: Animal
Division	: Eumatozoaires
Embranchement	: Arthropodes
Sous embranchement	: Mandibulates
Classes	: Insectes
Sousclasse	: Ptérygotes
Ordre	: Hyménoptères
Sousordre	: Apocrites
Section	: Aculéates (Néoptères)
Famille	: Apidea
Genre	: Apis
Espèce	: Apis mellifera intermissa

(**BUTTEL-REEPENS.,1906 ; Barour, C.,2012**)



a) *Apis mellifera intermissa* (Buttel-Reepen, 1906 ; Barour ,C.,2012) :

L'Abeille algérienne appartient à la race nord-africaine *Apis mellifera intermissa*, également appelée « abeille tellienne » ou encore « abeille punique ». Son aire de répartition géographique, s'étend à toute l'Afrique du Nord, du Maroc à la Tunisie. Selon **Ruttner (1988)**, les données biométriques sur cette race sont peu nombreuses. En 1906, le zoologiste V. Buttel-Reepen a donné cette qualification *intermissa* dans l'idée qu'elle était une espèce intermédiaire entre l'abeille unicolore de Madagascar et la variété Lehzeni de l'Allemagne septentrionale et de la Scandinavie.

Cette race d'abeille est de grande taille avec un comportement nerveux par rapport aux autres espèces d'abeille. Sur son corps des pigmentations uniformément foncée avec quelquefois de nombreux éclaircissements peu nets sur les tergites abdominaux et le scutellum. Sa langue est de 6,5 mm de long en moyenne. Le tomentum est étroit avec une pilosité plus au moins courte. Elle présente un indice cubital très variable (2,2 mm en moyenne). Son agressivité c'est son principale caractéristique avec sa tendance d'essaimage pendant la grande miellée. Au moment, de la grande miellée, les ouvrières construisent de plusieurs cellules royales à cause de sa forte tendance à l'essaimage. Cette race est présente dans le Nord de l'Afrique (Maroc, Tunisie, Algérie), de l'Atlantique à la Libye et dans les îles à Malte et vraisemblablement aussi aux Canaries (**Ruttner, 1975**).

b) *Apis mellifera sahariensis* (Baldensperger, 1922 ; Barour,C., 2012) :

Cette race d'abeille colonise naturellement les oasis du Sahara algériennes et marocaines. Nommée l'abeille saharienne, l'abeille du Sahara ou, localement, l'abeille jaune et elle a surtout été décrite au Maroc par **Baldensperger. (1922)** puis par **Haccour. (1960a et b)**.

Ruttner. (1968) qui la considérait comme une forme de transition entre *intermissa* et *adansonii* mais qui plus tard (1978) en a fait une race à part entière. Cette race géographique est de petite taille jaune, à indice cubital élevé, peu agressive. Elle possède aussi une résistance remarquable aux conditions difficiles du milieu. Sa taille et la longueur de sa langue la situent entre *A. m. intermissa* et les races plus petites d'Afrique occidentale, ce qui a provoqué une remise en question de l'autonomie de cette race. Parmi toutes les sous-espèces d'abeille, l'une d'elles est plus particulièrement menacée et pourrait même disparaître, c'est *A. m. sahariensis*. De plus, l'existence de cette race d'abeille, s'explique facilement par son isolement géographique lequel a favorisé sa spéciation en la séparant des autres sous- espèces.



Chapitre II

Produits de la ruche



III. CHAPITRE II : PRODUITS DE LA RUCHE

1. Le miel :

Le miel est un cadeau unique de la nature produit par les abeilles avec des propriétés médicales, cosmétiques et nutritionnelles, c'est le plus ancien aliment naturel que l'homme ait utilisé (**Mahmoudi et al. 2016**). Il est influencé par la flore butinée et se caractérise par une forte concentration de sucres, d'eau, de minéraux, de protéines, de vitamines, d'acides organiques, de flavonoïdes, d'acides phénoliques et d'enzymes (**Perna et al., 2012**).

1. A-Origine botanique :

L'abeille domestique (*Apis Mellifera*) fabrique leur miel à partir de deux sources végétales. Le nectar des fleurs ou bien les excréments de certains insectes suceurs. En conséquence, elle élabore deux sortes de miel : miel de nectar et miel de miellat.

a) À partir du nectar :

Les angiospermes ont développé un ensemble de caractéristiques qui s'incarne dans leurs fleurs pour assurer leur survie (**Fig.23**). Ces caractéristiques incluent les nectaires, qui sont responsables de la production de nectar. Cette substance sucrée sert à attirer les pollinisateurs en tant que source de nourriture (**Raven, 2013**).

En fait, le nectar est une substance aromatique, souvent liquide. Son degré de densité varie en fonction de l'espèce végétale et du climat. Il est composé presque de 80% d'eau, 7 à 60% de sucre, des sels minéraux, d'hormones végétales, des pigments et des vitamines. Ce liquide parfumé et sucré est très apprécié par les abeilles (**Biri, 2011**).

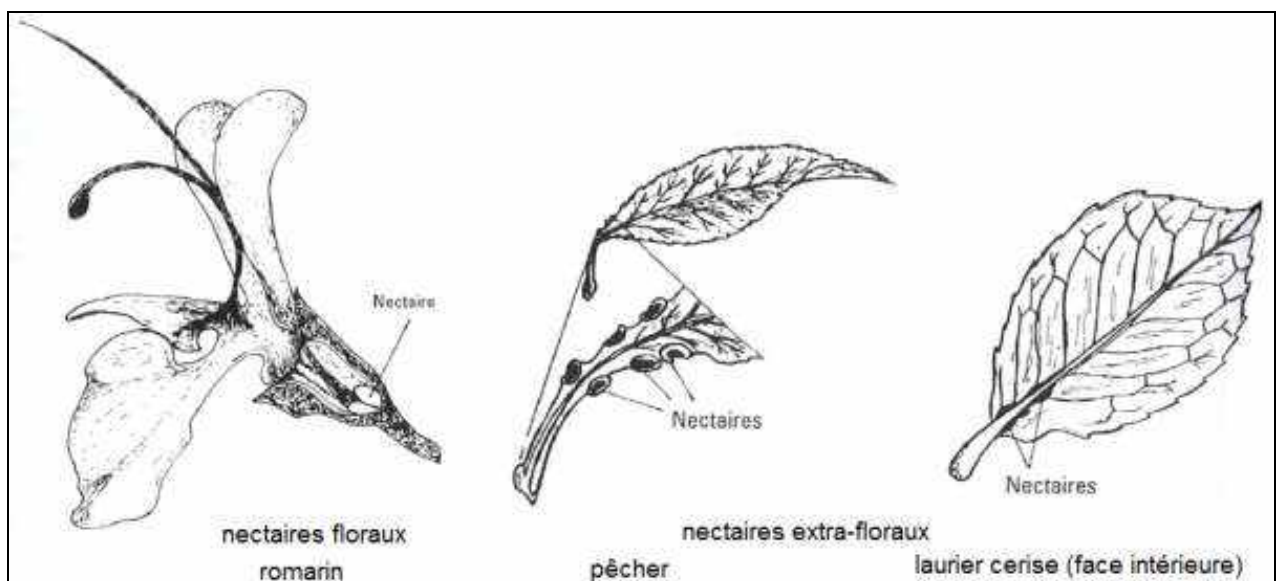


Figure 23: Exemples de nectaires (**Gharbi, 2011**).



b) À partir du miellat :

Le miellat c'est le produit des excréments de certains insectes Hémiptères (punaises, cigales, puceron...). Ces insectes munis d'un appareil buccal piqueur-suceur se nourrissent principalement de la sève des plantes. Ces exsudations déposées en pellicule gluante sur les végétaux sont dépourvu des éléments azotés de la sève. Après, avoir absorbé la dose nécessaire de protéines, le résidu est rejeté et déposé sur les feuilles d'où les abeilles arrivent après et le récolter (**Biri ,2011**).

En revanche, en présence de flore nectarifère abondante, les abeilles abandonnent le miellat à cause de la concentration élevé en sucre par rapport au nectar des fleurs. Ce qui nécessite un apport enzymatique assez important pour pouvoir l'absorber(**Le Conte Y., 2002**). Le miel de miellat est toujours de couleur foncé avec un gout agréable et riche en sels minéraux par rapport au miel de nectar (**Biri ,2011**).

2. B- Conception : trophallaxie et séchage :

Lors du butinage les abeilles stockent le nectar dans leurs jabots ou poche à miel, c'est là qu'il va subir plusieurs transformations. A son retour à la ruche, le mélange va être distribué d'une abeille à une autre, digéré et régurgité et par la suite le nectar va perdre un certain volume d'eau, et s'enrichir en enzyme salivaire sécrétée par l'abeille (**Biri ,2011**).

Au final, les cellules sont remplies de ce liquide. Pour que le miel mûrisse, les ventileuses placées à l'entrée et au bord des rayons vont ventiler la ruche et accélérer l'évaporation du nectar pour obtenir un miel plus visqueux qu'au départ (**Biri ,2011**). Les glandes salivaires et les glandes hyopharyngienne sont les principaux responsables de métabolisme des sucres pour la production du miel (**Le Conte Y., 2002**).

3. C- Composition du miel :

Le miel est une matrice alimentaire avec une composition complexe qui dépend fortement de l'espèce d'abeille, des conditions environnementales et de l'origine botanique (**Durazzo et al., 2021**). C'est une solution saturée en sucre, composé de : 38,5 % de fructose, 31 % de glucose, 12,9 % d'autres sucres, 17,1 % d'eau, 0,5 % de protéines, d'acides organiques, des éléments minéraux, d'acides aminés, de vitamines, de phénols et d'autres composés(**Fig.24**) (**Rao et al., 2017**). Il est fortement influencé par des facteurs naturels et anthropiques qui varient en fonction de ses origines botaniques et géographiques (**Perna et al., 2012**).



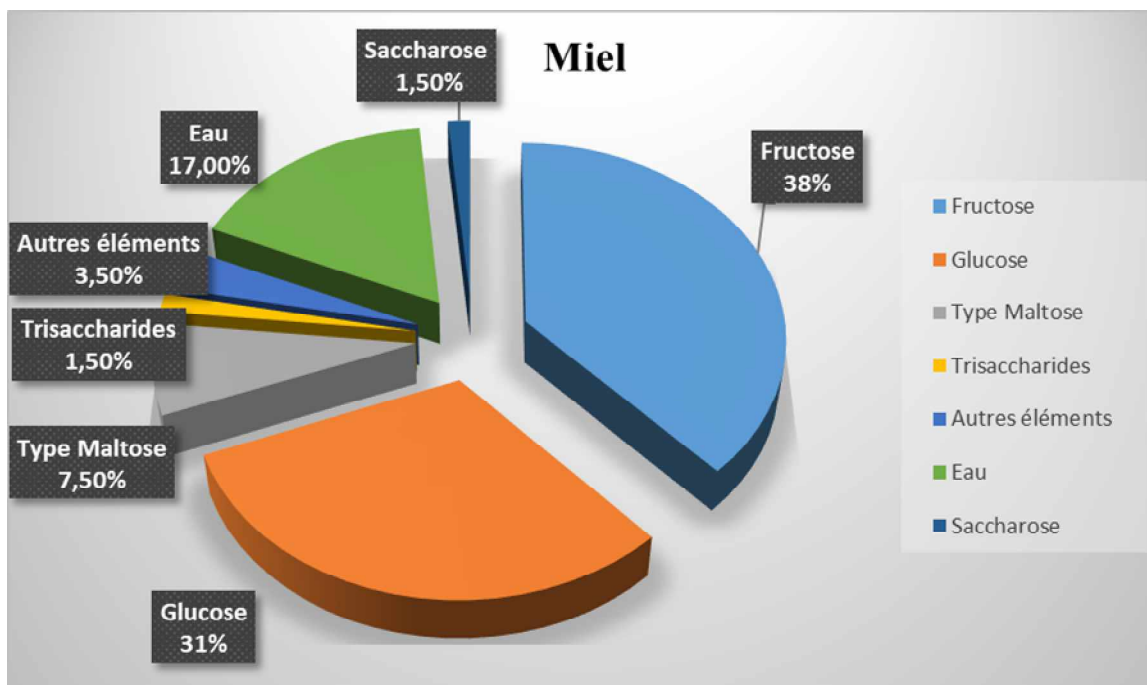


Figure 24: Composition moyenne d'un miel toutes fleurs (Gharbi, 2011).

(1) Glucides :

Les glucides sont les éléments les plus présents dans le miel. Ils représentent 95 à 97% de son poids sec (Luo *et al.*, 2021). A côté de fructose et du glucose, il y a bien plus de 22 autres sucres qui ont été trouvés dans le miel dont le dextrose et le lévulose qui sont les principaux sucres. De plus, une dizaine de disaccharides et tri-saccharides ont été aussi identifiés dans le miel :

(a) Disaccharides :

Maltose, Saccharose, Maltulose, Turanose, Isomaltose, Laminaribiose, Nigérose, Kojibiose, Gentiobiose et B-tréhalose.

(b) Tri-saccharides :

l-Kestose, Centose 3- α 5, Erllose, Maltotriose, Mélézitose, Isomaltotriose, Isomaltosylglucose, Panose, Psopanose et Theandérose.

(Bogdanov *et al.*, 2004; Khan *et al.*, 2018).

(2) Protide :

Les protéines et les acides aminés sont présents dans le nectar, le miellat et dans les sécrétions des abeilles (Valverde *et al.*, 2022). Les protéines sont en très petite quantité (0,5 %) avec plus de 20 acides aminés (Luo *et al.*, 2021), la proline, la tyrosine, l'isoleucine, la phénylalanine, la leucine, l'alanine, l'acide glutamique, et d'autres acides mineurs (Cornara *et al.*, 2017).

La teneur en proline est un facteur de qualité dans le miel et un très bon indicateur de maturation (**Valverde et al., 2022**). D'ailleurs, le pollen représente la principale source d'acide aminé et de protéines dans le miel (**Valverde et al., 2022**). On trouve aussi dans le miel un peptide immun-actif la défensine-1 est sécrété par la glande hypo-pharyngée de l'abeille (**Cornara et al., 2017**).

(3) Lipides :

Les lipides sont généralement présents à des concentrations plus faibles qui nécessitent l'utilisation des techniques d'analyse très sensibles. La fraction lipidique du miel contient principalement des terpènes et des composés apparentés (TERPRC) qui sont généralement appelés terpénoïdes, y compris les caroténoïdes (CARS) et les acides gras (**Valverde et al., 2022**).

(4) Minéraux :

La teneur minérale du miel varie entre 0,04 et 0,2% ce qui peut indiquer son origine géobotanique (**Cornara et al., 2017**). Le potassium est l'élément majeur, représentant plus de 30 % de la teneur totale en minéraux. On trouve également dans le miel du sodium, calcium, magnésium et du fer (**Valverde et al., 2022**).

(5) Enzymes :

On trouve : la saccharase, la diastase ou l'amylase, le catalase, l'invertase, α -glucosidase et le glucose-oxydase (**Luo et al., 2021**).

(6) Vitamines :

Les vitamines sont également présentes, en particulier le complexe de vitamines B dû aux grains de pollen et la vitamine C (l'acide ascorbique) (**Cornara et al., 2017**).

(7) Acides :

Le miel a un pH moyen de 3,9, principalement en raison de la présence d'environ 0,57% d'acides organiques, principalement de l'acide gluconique résultat d'oxydation du glucose et de l'acide citrique (**Cornara et al., 2017**).

(8) Autres :

De plus, le miel contient de petites quantités de composants bioactifs. Les flavonoïdes et les polyphénols sont les deux principales molécules bioactives présentes dans le miel (**Luo et al., 2021**). Parmi ces flavonoïdes qui ont été identifiés : (la myricétine, le kaempférol, la quercétine, l'isorhamnétine, la pinobanksine, la rutine, la galangine), des flavones par exemple : (la lutéoline, l'apigénine, la tricétine et la chrysin) et des flavanones tel que : (la naringénine, la pinocembrine et pinostrobine) (**Durazzo et al., 2021**).



La composition phénolique du miel dépend de plusieurs facteurs, tels que les origines botaniques, géographiques et les conditions météorologiques (Valverde *et al.*, 2022).

D'autres composés d'origine végétale se retrouvent dans le miel à de faibles concentrations et en quantités variables selon les espèces végétales visitées par les abeilles et le climat de la zone de butinage. En d'autres termes, plus de 500 composés volatils aromatiques dans différents types de miel ont été découverts (Cornara *et al.*, 2017).

4. D- Le rôle du miel :

Les abeilles font beaucoup de travail pour l'élaboration du miel. Car une seule abeille ne produira qu'un douzième de cuillère à café de miel au cours de toute sa vie (Pezza, 2013). Au fait, le miel représente un aliment énergétique (Biri, 2011), destiné au maintien des fonctions corporelles des abeilles (Tautz, 2008). Les grandes réserves de miel d'une colonie d'abeilles ne sont donc pas de la nourriture, mais du carburant. Il est principalement utilisé pour réchauffer le nid à couvain en été et pour empêcher les abeilles de se regrouper dans la ruche pendant l'hiver (Tautz., 2008).

2. Le pollen :

1. Origine :

Les grains de pollen se trouvent dans les anthères des étamines de l'appareil reproducteur mâle des fleurs. C'est une poudre fine qui sert à fertiliser la fleur, mais qui est aussi récoltée par les abeilles. Tout en insérant sa langue dans la fleur pour aspirer le nectar, l'abeille butineuse secoue les étamines et par la suite le pollen s'attache et couvre tout son corps. A l'aide des brosses de ses pattes postérieures, elle parvient à récolter les innombrables grains microscopiques de pollen et à les entasser en pelotes dans leur corbeille à pollen pour pouvoir les transporter plus facilement jusqu'à la colonie (Biri., 2011). Le pollen collecté par les butineuses est généralement mélangé avec du nectar afin de le faire coller et adhérer à leurs pattes postérieures (Fig.25). Le mélange de pollen partiellement fermenté stocké dans les rayons est appelé «pain d'abeille». C'est la nourriture donnée aux larves d'abeilles et consommée par les jeunes abeilles ouvrières pour produire la gelée royale (Abrol, 2013).





Figure 25 : Grains de pollen frais (Photo personnelle).

2. Composition :

La composition du pollen varie considérablement selon l'origine végétale, la région géographique et les conditions climatiques. Les principaux composants du pollen d'abeille sont les glucides, les protéines, les acides aminés, les lipides, les acides gras, les composés phénoliques, les enzymes et les coenzymes, les vitamines et les minéraux (Cornara *et al.*, 2017).

(1) Eau :

La teneur en eau d'un grain de pollen à l'état frais est de 1,5 à 13,80 % (Giampieri *et al.*, 2022).

(2) Glucides :

La plupart des sucres simples contenus dans les boulettes de pollen, tels que le fructose, le glucose et le saccharose, proviennent du nectar ou du miel. Le reste sont des polysaccharides comme le callose, la pectine, la cellulose, la lignine, la sporopollénine et autres qui sont principalement des composants du pollen (Abrol, 2013).

- ✓ Fructose : 4.90–33.48 (mg/g)
- ✓ Glucose : 2.77–28.49 (mg/g)
- ✓ Maltose : 0.16–6.03 (mg/g)
- ✓ Isomaltose : 0.10–0.60 (mg/g)
- ✓ Tréhalose : 0.10–0.40 (mg/g)
- ✓ Erlose : 0.10–0.30 (mg/g)



- ✓ Raffinose : 0.10–0.20 (mg/g)
- ✓ Sucrose : 0.05–9.02 (mg/g) (**Giampieri et al., 2022**).

(3) Protéines :

Les protides représentent 10 à 40 % de la matière sèche des pelotes de pollen. Ils sont le deuxième composant le plus abondant de son poids sec. Cette teneur en protéines peut varier selon l'origine florale et géographique des plantes butinées. Les acides aminés essentiels totaux dans le pollen sont de l'ordre de 12 à 45,02 % : (Arginine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, tryptophane et valine) (**Giampieri et al., 2022**).

(4) Lipides :

La teneur totale en lipides est dans une fourchette de 1 à 13 % du poids sec de pollen. Soit au totale neuf classes de lipides, dont la phosphatidylcholine, la phosphatidyléthanolamine, le phosphatidylglycérol, la phosphatidylsérine, la lysophosphatidylcholine, le céramide, le diglycéride, les triglycérides et les acides gras ont été détecté dans le pollen (**Giampieri et al., 2022**).

(5) Minéraux :

On trouve dans le pollen plusieurs éléments trace métallique. Les principaux macro-minéraux sont : potassium, sodium, phosphore, calcium et magnésium. Le reste sont des micro-minéraux tel que : le fer, le zinc, manganèse, cuivre et sélénium (**Giampieri et al., 2022**).

(6) Vitamine :

Au totale, le pollen d'abeille est riche en micronutriment .Il contient le groupe de la vitamine B : Thiamine (vitamine B1), riboflavine (vitamine B2), niacine (vitamine B3), nicotinamide (vitamine B3), acide pantothénique (vitamine B5), pyridoxine (vitamine B6), biotine (vitamine B7), acide folique et la vitamine C. On trouve également plusieurs caroténoïdes tel que: α -carotène, β -carotène, γ -carotène, ξ -carotène, ε -carotène, lutéine, β -cryptoxanthine, iso-cryptoxanthine, iso-zéaxanthine, lactucaxanthine, néoxanthine et violaxanthine (**Giampieri et al., 2022**).

(7) Substance cellulosique :

La paroi cellulaire du pollen contient deux couches distinctes. La couche externe est l'exine, constituée de sporopollennine, qui offre une résistance chimique et préserve les composés bioactifs qu'elle contient. La couche interne est l'intine, composée de cellulose et similaire à celle d'une paroi cellulaire végétale (**Luo et al., 2021**).La cellulose est le composant principal des couches de grains de pollen, sa présence affecte considérablement sa digestibilité (**Giampieri et al., 2022**).



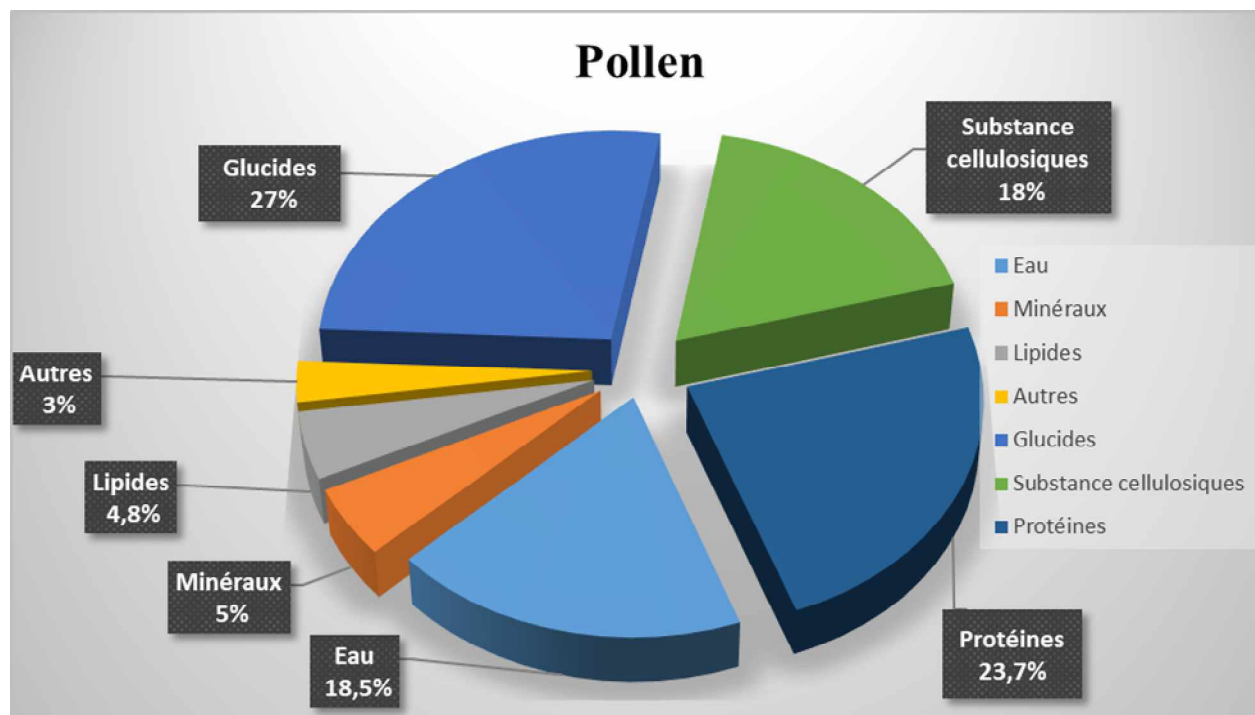


Figure 26: Composition générale moyenne du pollen frais (Gharbi, 2011).

3. Le rôle du pollen :

Le pollen représente la seule source de protéines pour la survie des abeilles. Pendant le butinage, elles emballent les grains de pollen des fleurs dans des pelotes de pollen dans leurs pattes arrière à l'aide de plusieurs peignes et poils. Du retour à la ruche elles le stokes séparément des cellules de nectar (De Almeida-Muradian *et al.*, 2005), l'ajout supplémentaire de miel et d'enzymes favorise la fermentation pour obtenir le pain d'abeille. Le principal aliment des abeilles nourricières (Abrol, 2013).

Du coup, La présence du pollen dans la ruche est une condition préalable à la croissance normale de la colonie et au développement du couvain (Ismail *et al.*, 2013).

3. La propolis :

« La propolis désigne toute une série de substances résineuses, gommeuses et balsamiques, de consistance visqueuse, recueillies par les abeilles sur certaines parties de végétaux (essentiellement les bourgeons et les écorces de certains arbres), substances qu'elles rapportent à la ruche et qu'elles modifient vraisemblablement en partie par l'apport de certaines de leurs propres sécrétions (cire et sécrétions salivaires principalement) » (Donadieu, 2008).



1. Origine :

Le mot "propolis" est dérivé du grec "*pro*" signifier défense et "*polis*" signifier ville ou communauté (Rao *et al.*, 2017). C'est une substance résineuse collectée par les abeilles mellifères (*Apis mellifera*) à partir de diverses sources végétales (substances exsudées des plantes, matières lipophiles sur les feuilles et les bourgeons, gommés et résines). Les abeilles la détachent à l'aide de leurs mandibules et la mélangent avec des enzymes salivaires principalement le β -glucosidase (Hodel *et al.*, 2020). Elle est utilisée par l'homme depuis 300 ans avant notre ère comme aliment et médicament (Luo *et al.*, 2021). Sa couleur, texture et composition chimique varient en fonction de la localisation des ruches et de la flore locale (Hodel *et al.*, 2020). Sa couleur dépend des plantes dont elle est issue : jaune rougeâtre, cendrée, verdâtre (Biri., 2011) (Fig.27).



Figure 27: La collecte de la propolis par les abeilles (Tautz, 2008).



2. Composition de la propolis :

La composition de la propolis varie en fonction de la région géographique, de la végétation et même du moment et de la méthode de collecte. En général, elle est composée de 45 à 55 % de baumes et de résines végétales (flavonoïdes, acides phénoliques et esters), de 8 à 35 % de cire, de 5 à 10 % d'huiles essentielles et d'aromates, 5 % de pollen, 5 % d'acides gras et 5 % entre composés organique et minérale (**Luo *et al.*, 2021**).

(1) Les flavonoïdes :

La composition de la propolis est très complexe et dépend de la source végétale. Plus de 150 flavonoïdes ont été identifiés, dont des flavones, des flavanones, des flavanonols, des flavonols, des isoflavones, des isodihydroflavones, des flavanes et des isoflavanes (**Giampieri *et al.*, 2022**).

(2) Vitamines et minéraux :

La propolis contient également quelques vitamines a des concentrations très faible, telles que les vitamines B1, B2, B6, C et E et des minéraux utiles tels que le magnésium (Mg), le calcium (Ca), le potassium (K), le sodium (Na), le cuivre (Cu), le zinc. (Zn), le manganèse (Mn) et le fer (Fe) (**Rao *et al.*, 2017**).

(3) Les enzymes :

Elle contient quelques enzymes, telles que la déshydrogénase succinique, la glucose-6-phosphatase, l'adénosine tri-phosphatase et la phosphatase acide, sont également présentent dans la propolis (**Rao *et al.*, 2017**).

(4) Les substances volatiles :

La propolis possède une odeur agréable due à la présence de nombreuses substances volatiles dans la résine des arbres, dont sa source principale. Les aldéhydes aromatiques et les alcools sont les composés organiques présents dans la propolis (**Rao *et al.*, 2017**). On trouve aussi des aromates tel que: pinène, viridiflorol, eudesmol et tricosane (**Luo *et al.*, 2021**).



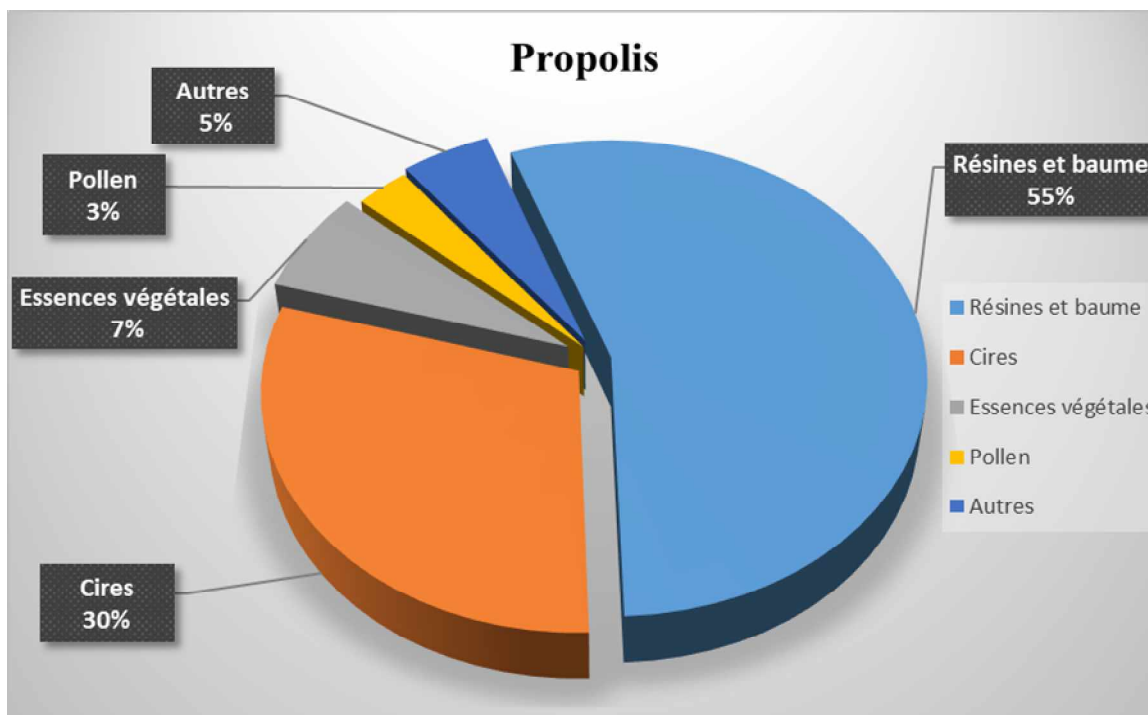


Figure 28: Composition générale moyenne de la propolis (Gharbi, 2011).

3. Rôle de la propolis :

La propolis collectée, doit être mélangée et modifiée avec les sécrétions d'abeilles avant de leur utilisation. En la mélangeant avec de la cire et du pollen pour obtenir une substance malléable et compacte. Les abeilles l'utilisent comme matériau de réparation et de désinfection de la ruche (Cornara *et al.*, 2017). Elle sert à sceller les trous et les fissures dans la ruche. Elle est également utilisée pour lisser la surface intérieure. D'une autre part la propolis représente un matériau d'isolation nécessaire pour conserver la température interne de la ruche (35°C) (Fig.29). De plus, la propolis durcit la paroi cellulaire et contribue à un environnement interne aseptique (Rao *et al.*, 2017).

De plus, quand un intrus s'introduit dans la ruche et y meurt suite aux piqueurs des abeilles. Les abeilles ne peuvent pas le déplacer à l'extérieur. Donc, les ouvrières l'enveloppent avec un mélange de cire et de propolis pour éviter la putréfaction et la décomposition. Ces restes momifiés ne présentant aucune menace d'infection pour la colonie. Ce comportement des abeilles est censé avoir fourni aux anciens Égyptiens l'idée de conserver leurs morts. Les abeilles furent certainement les premières à pratiquer la momification (Tautz, 2008).



Figure 29: Propolis brute (photo personnelle).

4. La cire :

1. Origine de la cire :

La cire d'abeille est une vraie cire qui est sécrétée sous forme liquide, mais qui durcit lorsqu'elle est exposée à l'air sous forme d'écailles blanches. Elle est sécrétée par quatre paires de glandes cirières situées sur la face ventrale de l'abdomen des ouvrières âgées de 14 à 18 jours et est synthétisé à partir de la réduction des sucres ingéré. Les abeilles produisent une grande quantité de cire au cours de leur cycle de vie, et on estime qu'environ 1,5 million d'écailles de cire sont nécessaires pour produire un kilogramme de cire. La quantité moyenne de miel consommée pour produire un kilogramme de cire est de 840 kg (**Fig. 30**) (**Abrol, 2013**).



Figure 30: Les écailles de cire dans l'abdomen l'abeille bâtisseuse (**Tautz, J., 2008**).

2. La composition de la cire d'abeille :

La cire d'abeille est un polymère naturel. Sa composition chimique varie selon l'origine géographique et l'espèce d'abeille (Luo *et al.*, 2021). Elle est composée principalement d'hydrocarbures, dont l'heptacosane, le nonacosane, l'hentriacontane, le pentacosane et le tricosane (Cornara *et al.*, 2017). Elle contient d'environ 50 composants aromatiques : des acides gras libres, des esters complexes, des mono-esters, hydroxy-mono-esters dérivés de l'acide palmitique et oléique et des diols (Fig.31) (Cornara *et al.*, 2017).

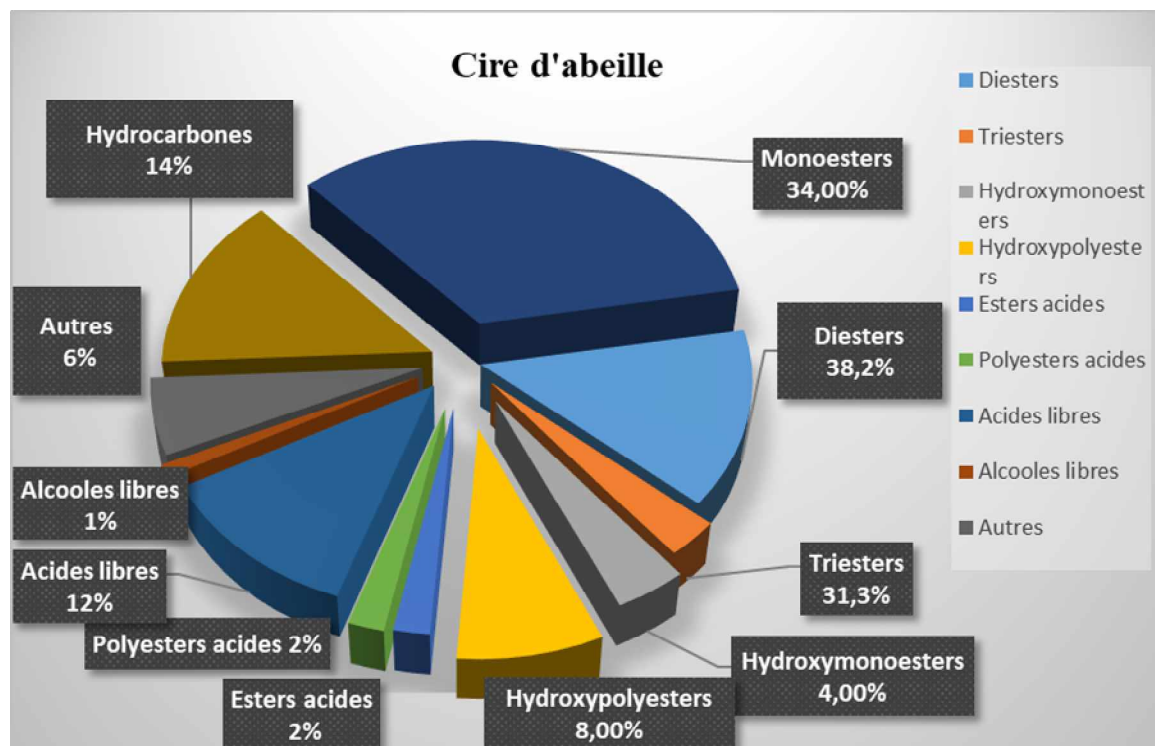


Figure 31: Composition générale moyenne de la cire d'abeille (Gharbi, 2011).

3. Usages par les abeilles :

La cire sert de substrat essentiel de construction des alvéoles et de leurs opercules. La cire est indispensable pour la pérennité d'espèces d'abeilles. Sans cire n'y aura pas de cellule et du coup la reine ne trouve pas le lieu pour pondre ces œufs. Et sans cire les butineuse ne trouvent pas de place pour stocker leurs butins (miel et pollen). Donc, la cire malgré son pauvre rapport nutritionnel pour les abeilles joue aussi un rôle capital avec les autres produits apicole pour la survie de l'espèce.

5. La gelée royale :

La gelée royale est la substance puissante qui transforme un œuf d'abeille ouvrière ordinaire en une reine d'abeilles et prolonge sa durée de vie de six semaines à cinq ans (Blackiston, 2009). C'est la nourriture unique de la reine de la colonie et des larves des différentes castes (reine, ouvrière, faux-bourdon) (Abrol, 2013). La gelée royale est



indispensable dans les premiers stades du développement larvaire de toutes les castes (Fig.32) (Marwaha, 2022).

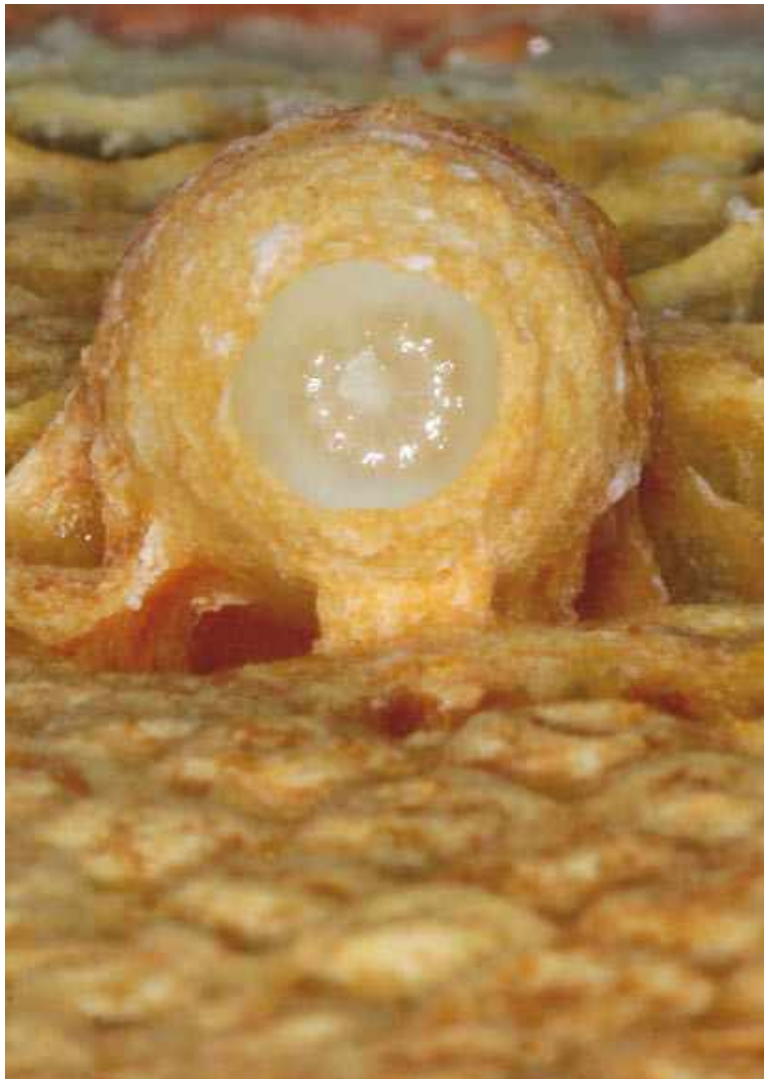


Figure 32: Cellule royale de la reine contenant une larve et de la gelée royale (Tautz, 2008).

1. Origine de la gelée royale :

La gelée royale est une substance blanche laiteuse sécrétée par les glandes hypopharyngiennes des abeilles domestiques âgées de 6 à 12 jours (Abrol, 2013). Elle est composée de pollen digéré et de miel ou de nectar mélangé avec un produit chimique sécrété par la glande hypopharyngienne de la tête de l'abeille nourrice (Blackiston, 2009).

2. Composition de la gelée royale :

La composition de la gelée royale est très complexe et n'a rien à voir avec celle du miel. (Biri, 2011). Composée d'une combinaison de protéines, de sucres et de lipides (Fig.33). La concentration du composant aqueux de la gelée royale varie de 60 à 70 % et son pH peut varier de 3,6 à 4,2 (Marwaha, 2022).

(1) Glucides :

Les teneurs en sucre varient entre 7 et 18 %, le glucose et le fructose étant les plus abondants, représentant environ 90 % du total des sucres présents dans la gelée royale. D'autres sucres peuvent être présents en très petites quantités tel que : le ribose, le saccharose, le tréhalose, le maltose, le galactose, l'érlose et le mélbiose (Giampieri *et al.*, 2022).

(2) Protéines :

Les teneurs en protéines varient entre 9 et 18 %, dont 80 % sont appelées « protéines majeures de la gelée royale » (MRJP). Ces protéines sont hydrosolubles et comprennent neuf classes MRJP1–MRJP9. Ils exercent des effets physiologiques essentiels dans le développement de la reine des abeilles. Les autres protéines sont en petites quantités : l'aspimine, les jelleines, et la royalisine. On trouve également des acides aminés libres tel que : la glycine, la lysine, l'acide glutamique, la proline, l'alanine, la leucine, l'isoleucine, l'arginine, la phénylalanine, l'acide aspartique, la thréonine, la sérine, la méthionine, la valine et la tyrosine (Giampieri *et al.*, 2022).

(3) Lipides :

Environ 4 à 8 % de la gelée royale est composée de lipides, la majorité de ces lipides contiennent 8 à 12 atomes de carbone. Il existe trois types d'acides différents dans la gelée royale : l'acide 10-hydroxy-2-décénoïque (10H2DA), l'acide 10-hydroxydécénoïque (10-HDA) et l'acide sébacique (SA) (Marwaha, 2022).

(4) Autres :

En ce qui concerne les micronutriments, les minéraux les plus abondants dans la gelée royale sont : le calcium, le cuivre, le fer, le potassium, le manganèse, le sodium et le zinc. Il y a aussi d'autres éléments minéraux à l'état de trace, tel que l'aluminium, l'antimoine, le baryum, le bismuth, le cadmium, le cobalt, le chrome, le plomb, le thallium et le vanadium. La gelée royale contient également le groupe des vitamines B, notamment la vitamine B5 est la plus abondante, suivie par l'acide ascorbique (Vitamine C) en quantités infimes. Elle peut également contenir des nucléotides, sous forme de bases libres, y compris l'adénosine, la guanosine, la cytidine, l'uridine et les phosphates, comprenant l'adénosine mono-, di- et triphosphate (Giampieri *et al.*, 2022).



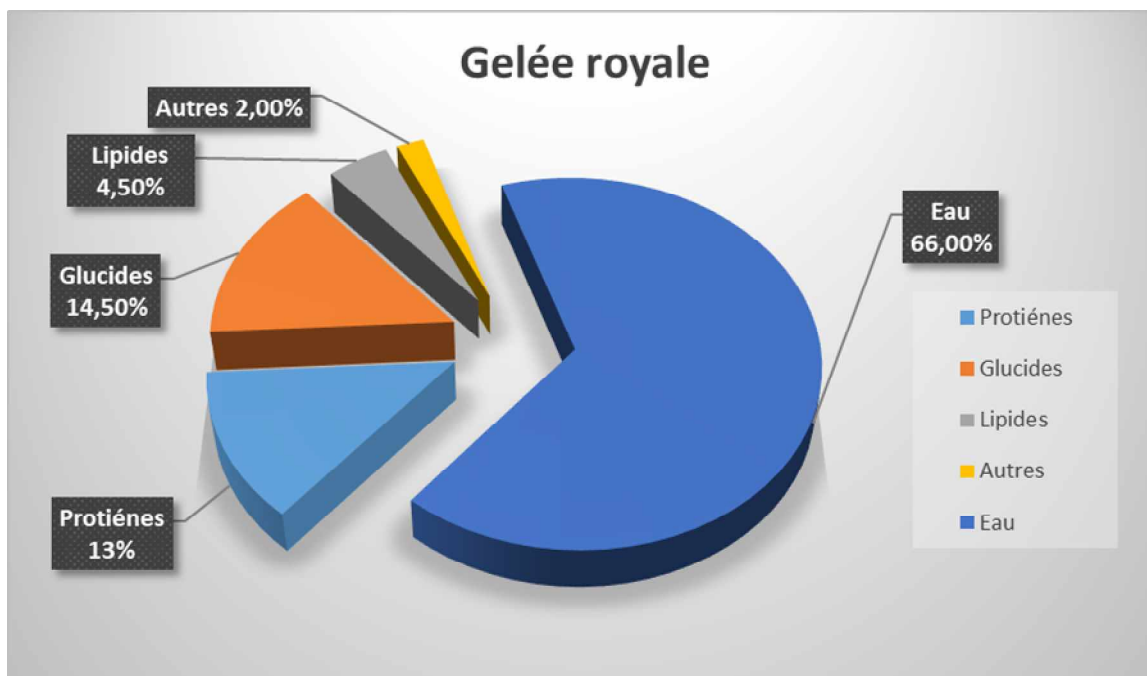


Figure 33 : Composition de la gelée royale (Gharbi, 2011).

3. Rôle de la gelée royale :

La gelée royale est un aliment de conception qui favorise les différentes voies de développement des différentes castes d'abeilles (Tautz, 2008). Elle est distribuée aux larves de toutes les castes pendant les trois premiers jours sauf pour la larve de la future reine. Cette dernière est nourrie avec la gelée royale au cours des différentes phases de son développement. Par conséquent, la consommation exclusive de la gelée royale comme seule source de nutrition chez les larves des futures reines augmente l'expression génomique, qui à son tour régule la formation du système reproducteur et le développement global qui détermine sa domination au sein de la colonie (Marwaha, 2022). De plus, la gelée royale est comme le lait maternel chez les mammifères. Elle fournit aux larves au premier stade de leur vie une immunité contre les infections bactériennes (Tautz, 2008).

6. Le venin

1. Origine du venin d'abeille :

Le venin d'abeille est connu également sous le nom d'apitoxine. C'est un liquide complexe sécrété par la glande à venin d'abeille située dans la cavité abdominale et injecté aux victimes par un dard, provoquant une inflammation locale (Cornara *et al.*, 2017).

2. Composition du venin d'abeille:

Le venin d'abeille contient 88 % d'eau et seulement 0,1 µg de venin sec. Le venin sec est un mélange très complexe de peptides comprenant la mélittine, l'apamine, l'adolapine et le peptide MCD. Il contient également des enzymes, des amines biologiquement actives dont



l’histamine et l’épinéphrine et des composants non peptidiques tels que des lipides, des glucides et des acides aminés libres (Fig.34) (Bellik, 2015).

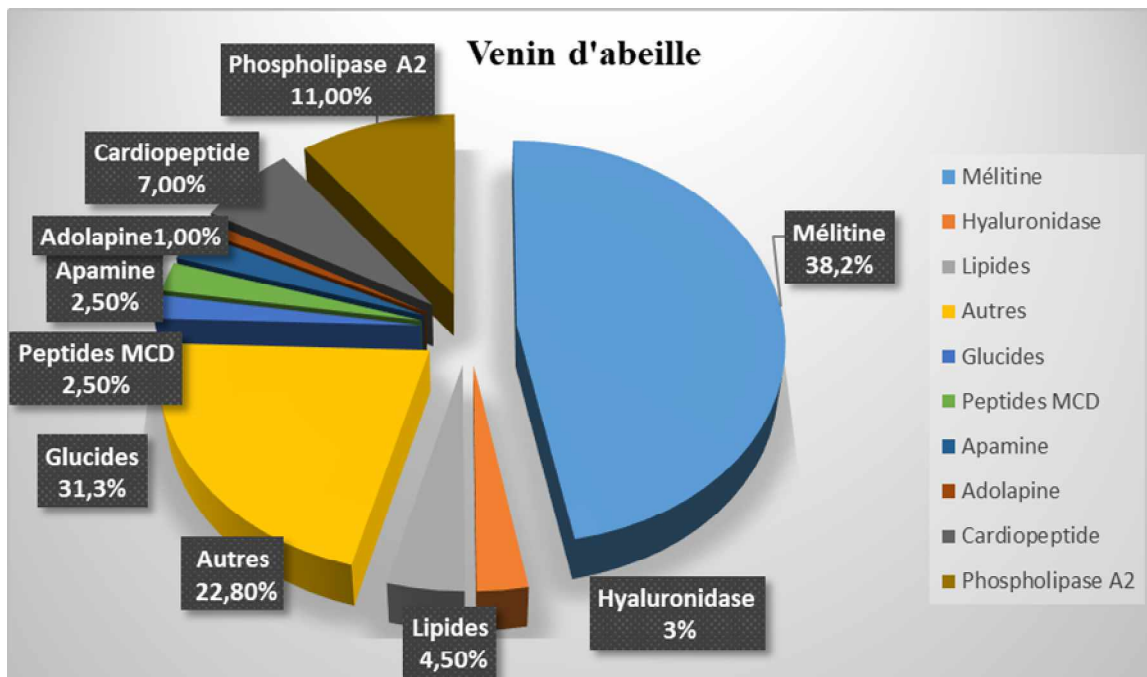


Figure 34: Composition générale moyenne de la matière sèche du venin d’abeille (Gharbi, 2011).

(1) Glucides :

Les glucides représentent entre 2 à 4% du poids sec. Principalement du glucose et du fructose (Bellik, 2015).

(2) Peptides:

De nombreux peptides et protéines présents dans le venin d’abeille ont été découverts, dont les plus importants sont :

a) Adolapine : 1%

L'adolapine est un polypeptide basique avec 103 résidus d'acides aminés. Correspond à 1% du poids sec de venin d’abeille (Wehbe *et al.*, 2019).

b) Apamine : 2-3%

L'apamine est un petit polypeptide de venin d'abeille qui représente au moins 2 % du poids sec du venin et est constitué de 18 acides aminés contenant 2 ponts disulfure (Wehbe *et al.*, 2019).

c) Méllitine : 40 à 60%

La méllitine est un peptide de 26 résidus d'acides aminés, avec une extrémité N-terminale principalement hydrophobe et une extrémité C-terminale hydrophile. Il a des activités

biologiques distinctes et a suscité beaucoup d'intérêt du point de vue pharmacologique et biotechnologique (Cornara *et al.*, 2017).

d) Peptide MCD (Mast Cell Degranulation): 2 à 3%

Il est connu également sous le nom de peptide 401. C'est un polypeptide de venin d'abeille. Il est composé de 22 acides aminés de structure similaire à celle de l'apamine et il contient deux ponts disulfures. Le peptide 401 représente 2 à 3 % du poids sec du venin d'abeille (Wehbe *et al.*, 2019).

e) Sécapine : < 1%

La Sécapine est un peptide de type inhibiteur de sérine protéase exerçant des activités anti-fibrinolytiques et anti-élastolytiques (Cornara *et al.*, 2017).

f) Tertiapine : < 1%

La tertiapine est une neurotoxine de 21 acides aminés. Elle bloque les canaux K⁺ dans les cellules épithéliales, le cœur et le système nerveux central. Dans le cœur, la tertiapine inhibe le courant K⁺ activé par l'acétylcholine qui intervient dans la diminution de la fréquence cardiaque parasympathique (Cornara *et al.*, 2017).

(3) Enzymes :

Le venin d'abeille contient aussi de nombreuses enzymes, dont les plus importantes sont :

a) Hyaluronidase : 1,5 à 2 %

La hyaluronidase est l'enzyme responsable de l'hydrolyse de l'acide hyaluronique et du sulfate de chondroïtine (Bellik, 2015). Il représente 1,5 à 2 % du poids sec du venin d'abeille (Wehbe *et al.*, 2019). La hyaluronidase du venin d'abeille est un polypeptide unique composé de 350 résidus. C'est un allergène puissant qui dégrade principalement l'acide hyaluronique dans la matrice extracellulaire de la peau. Ainsi, il facilite la diffusion d'autres constituants du venin dans l'organisme (Bellik, 2015).

b) Phospholipase A2 : 12 à 15 %

C'est l'enzyme la plus mortelle du venin d'abeille. Elle est extrêmement alcalin, composée d'une chaîne polypeptidique unique de 128 acides aminés contenant quatre ponts disulfure. La phospholipase A2 de venin d'abeille (bvPLA2) appartient aux enzymes sPLA2 du groupe III et peut agir comme ligand de récepteurs spécifiques (Wehbe *et al.*, 2019). Cette enzyme hydrolyse les lipides complexes pour produire un acide gras et divers produits de réaction, notamment l'acide lysophosphatidique, la lysophosphatidylcholine et la sphingosine phosphate (Cornara *et al.*, 2017). La phospholipase A2 représente 12 à 15 % du poids sec du venin d'abeille (Wehbe *et al.*, 2019).



(4) Amines :

L'histamine est présente dans le venin d'abeille proche de 1% du poids sec. Elle a un effet vasodilatateur qui augmente la perméabilité capillaire. De l'autre côté, il y a aussi la dopamine et la noradrénaline (**Bellik, 2015**).

(5) Autres :

Le venin d'abeille contient des amines telles que l'acide R-aminobutyrique et l'acide B-aminoisobutyrique et des substances volatiles telles que les phéromones d'attaque sous forme d'éther complexes (**Bellik, 2015**), dont le principal composant est l'acétate d'isopentyle (**Tautz, 2008**). De plus, le venin d'abeille contient de petites quantités de minéraux. Parmi ces minéraux qui ont été identifiés: le phosphore, le calcium et le magnésium (**Bellik, 2015**).

3. Le rôle du venin :

L'activité de défense de la colonie est l'une des activités la plus importantes à la survie des abeilles, faisant du venin une arme de défense ultime. L'entrée de la ruche est le point par lequel de nombreux ennemis peuvent entrer. Du coup, les abeilles gardiennes contrôlent tous les intrus. Dans le cas où un intrus essaie de pénétrer dans la ruche, les gardiennes tentent de l'éloigner à l'aide de son dard. Après la piqûre, le dard reste attaché à la victime et le sac à venin continue à injecter son contenu par des contractions pendant 2 à 5 minutes. Souvent, la douleur de la piqûre suffit d'éloigner l'agresseur. Et si ce dernier insiste, l'odeur du venin incite les autres abeilles à attaquer, ce qui entraîne dans la plupart des cas la mort de la victime suite à la quantité importante du venin reçu. La dose létale pour un adulte de 80 kg est estimée à un peu plus de 1500 piqûres, soit une dose de 19 piqûres/kg environ (**Cousin, 2014**).



Partie pratique

Chapitre III



CHAPITRE III :

IV. MATÉRIAL ET MÉTHODES

1. Zone d'étude :

1. Description générale :

Annaba ou plus communément Balad Al Unnâb. Cette appellation est due à l'abondance de jujubiers dans la région. Ville côtière de l'Est d'Algérie, 3ème ville principale après la capitale Alger, et Oran (ANDI, 2013). Elle située à l'extrême Nord-est du Tell algérien au niveau de la wilaya de Annaba (latitude 36°,30' N et 37°,03' N ; longitude 7°,20' E et 8°,40' E ; le Chef-lieu de la Wilaya est situé aux coordonnées : 36°54'N et 7°46' E) (Fig.35). Cette région est située à 600 km de la capitale Alger, ouverte sur le littoral méditerranéen sur 80 km, elle s'étend sur 1439 Km² soit 0,06% du territoire national (187 Km², pour la Daïra d'Annaba, et 49 Km² pour la Commune d'Annaba) (Belabed et al., 2017). La population totale de la wilaya est estimée à 609 500 habitants, soit une densité de 429 hab /km² (ANDI, 2013).

2. Climat :

Le climat de la Wilaya est du type méditerranéen, humide en Hiver, chaud en été et la pluviométrie varie entre de 650 à 1000 mm/an, la température moyenne varie entre 14° et 34°. La Wilaya de Annaba dispose aussi d'un réseau hydrographique assez dense, constitué du lac Fetzara (eau douce) qui s'étend sur 18670 ha et de l'Oued Seybouse d'une longueur de 127,5 km (ANDI, 2013).

3. Ressources naturelles :

La ville d'Annaba possède un potentiel agro-pédologique de 58.548 hectares. Il est constitué de 43.850 Ha de superficie agricole utile dont 9.742 hectares de pacages et parcours. Localisé principalement au niveau des plaines alluviales de Seybouse et du lac Fetzara .De l'autre côté le potentiel forestier est de 68.824 Ha composée de maquis, forêt de chênes (chênes lièges- chênes zeen) et des plantes de reboisement (eucalyptus, pin maritime) (ANDI, 2013).

4. Aperçu Economique :

La wilaya de Annaba dispose d'un pôle industriel formé principalement des complexes de SIDER d'El Hajer, ASMIDAL et de FERROVIAL (anciens ateliers de transformation métallique), et autour desquels gravitent 260 unités PME/PMI qui activent dans le domaine de la sous-traitance et dans l'agro-industriel (ANDI, 2013).



Son statut de capitale de l'acier font d'elle l'une des régions les plus polluées : air, mer et terre y sont pollués par divers rejets des différents complexes industriels implantés dans la région (Mebirouk *et al.*, 2018).

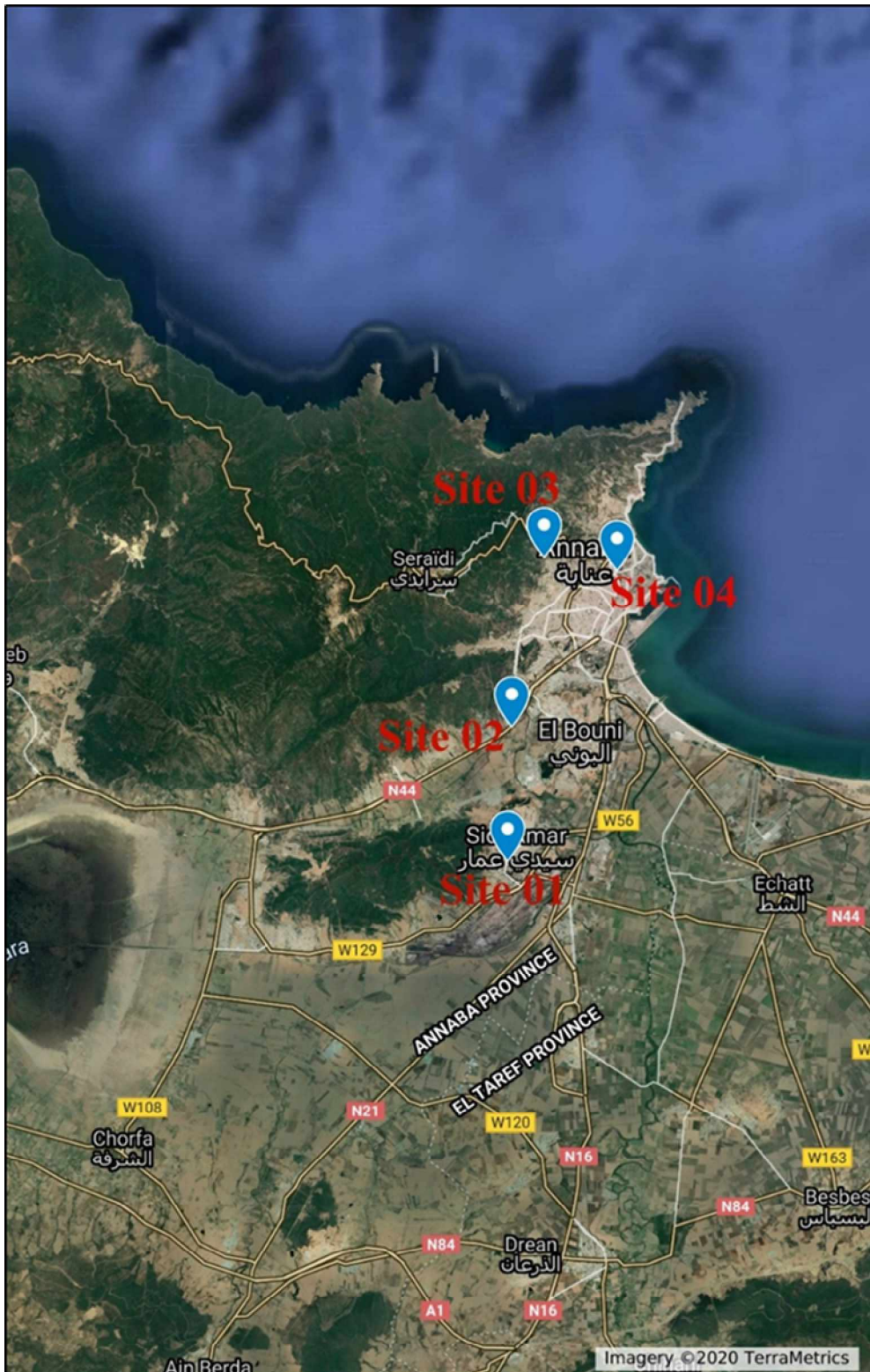


Figure 35: Zone d'étude (ville d'Annaba).



2. Sites d'étude :

Quatre sites distincts de type paysager différents ont été sélectionnés pour cette étude.

1. Site.1. (Sidi Amar) :

Paysage de type urbain : Le premier site est situé dans la commune de Sidi Amar Wilaya de Annaba à l'intérieur de la cité universitaire de l'Université Badji Mokhtar (Latitude N 36.815187, Longitude E 7.711402, altitude 38m) (Fig.36). Ce site est zone urbaine, caractérisée par une superficie urbanisée importante, une flore de type ornementale et sauvage dans les espaces verts de la cité universitaire. Dans le rayon de butinage aux alentours de 3km il y a plusieurs parcelles de cultures annuelles et de maraîchage. Une forte présence industrielle par le complexe sidérurgique d'El Hadjar et plusieurs entreprises au niveau de la zone industrielle Mebouadja représente une source fixe de pollution par les émissions des gaz et de poussières (Bouden et Belabed.2022).

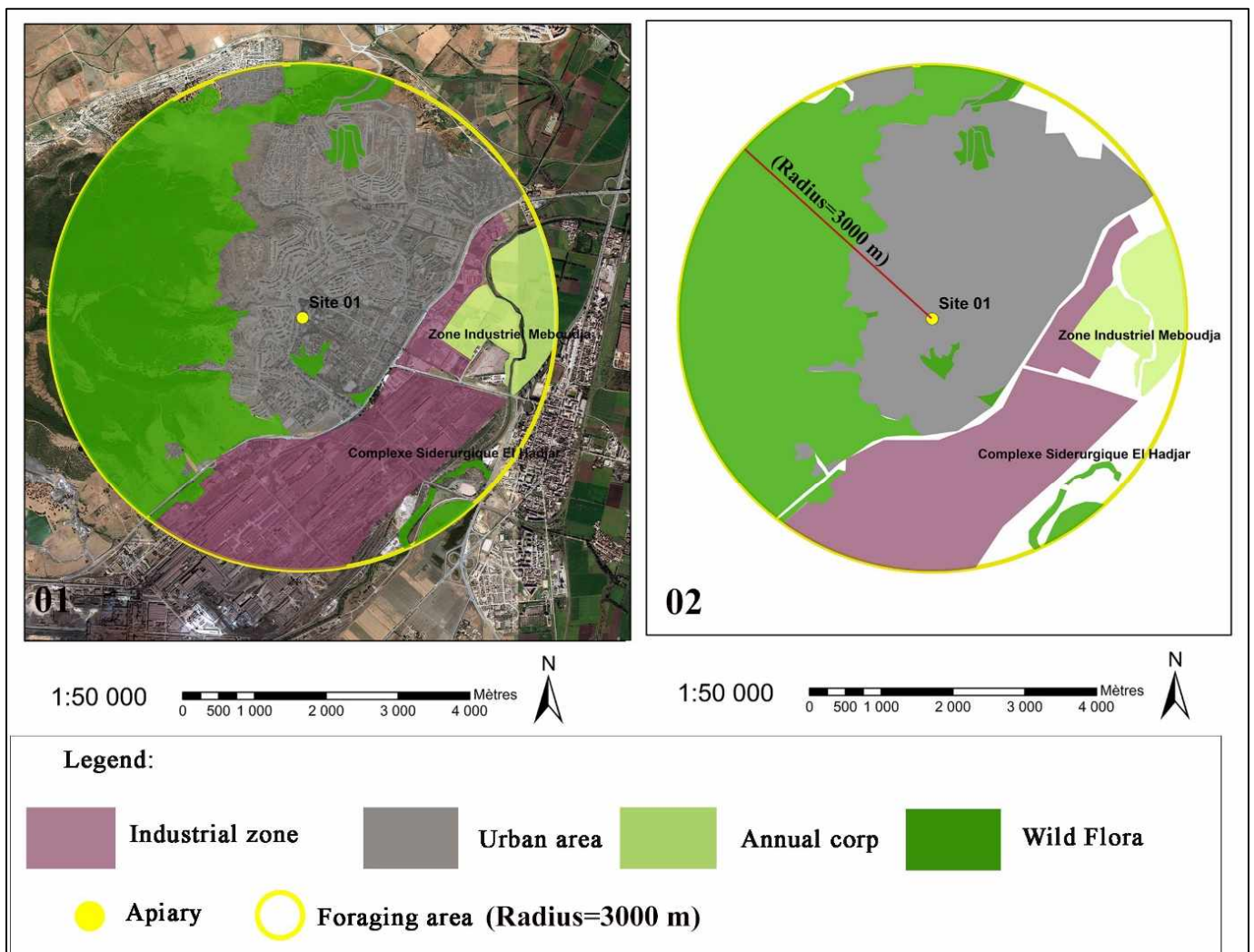


Figure 36: Carte de site .1. (Bouden et Belabed.2022).

2. Site.2. (Chabbia) :

Paysage de type périurbain : Le second site est situé dans la commune d'El Bouni et plus exactement dans une prairie de la région de **Chabbia**, qui se trouve au bord de l'autoroute N 44 (Latitude N 36.859173, Longitude E7.71298, altitude 3m) (**Fig.37**). Ce site est caractérisé par un trafic routier très important et de nombreuses parcelles de prairies ou de végétations sauvages ainsi qu'une activité agricole centrée principalement autour de l'élevage avec quelques parcelles de cultures annuelles et de maraîchage, avec une présence de source de pollution fixe d'activité industrielle (Zone industrielle El Bouni) et source de pollution mobile (Trafic routier) dans le rayon de butinage (**Bouden et Belabed.2022**).

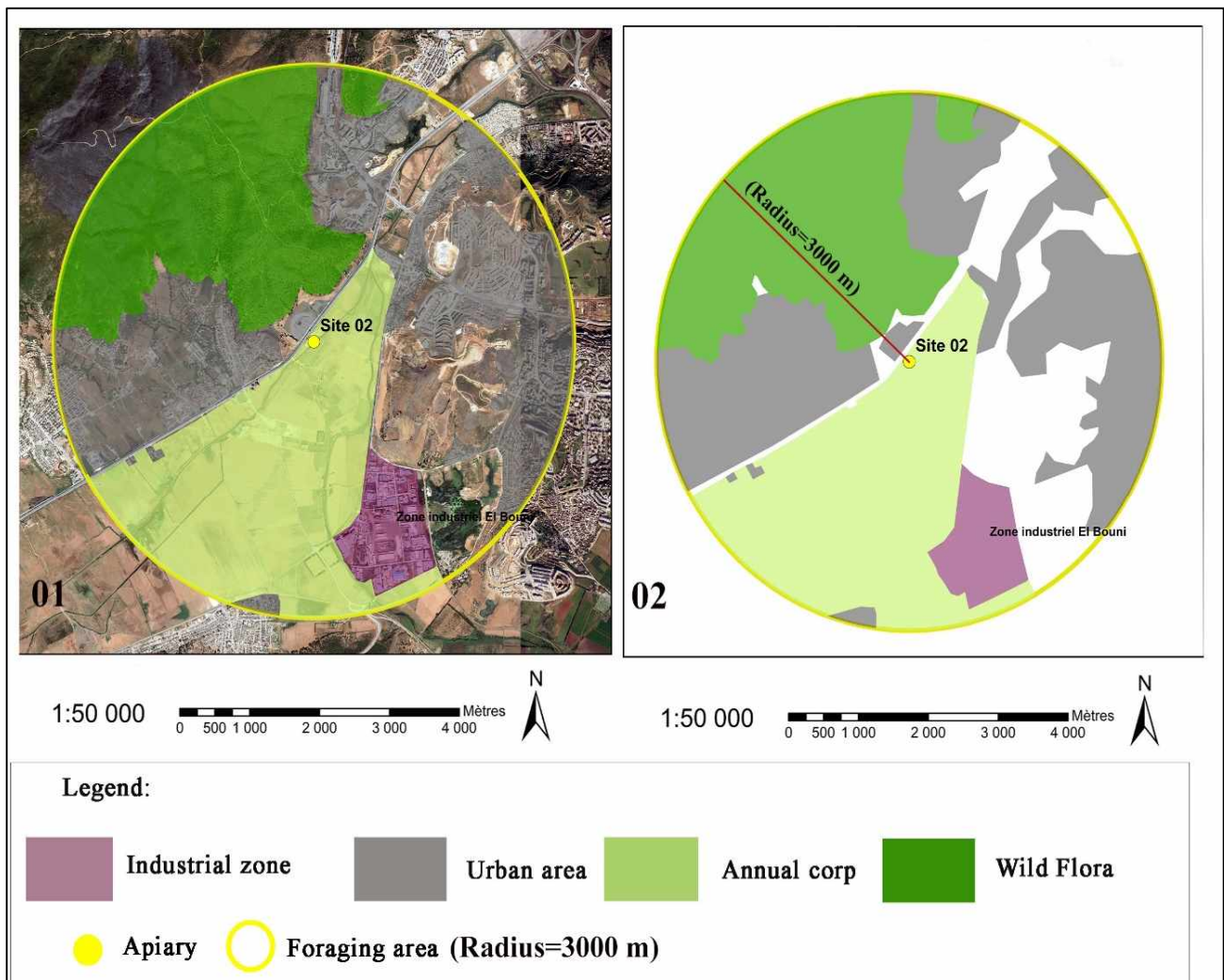


Figure 37: Carte de site .2. (Bouden et Belabed.2022).

3. Site.3. (Pont Blanc) :

Paysage de type plaine : Le troisième site est situé dans la commune de Annaba dans les hauts de la plaine d'Oued Forcha (Latitude N36.915934, Longitude E 7.728565, altitude 72m) (**Fig.38**). Ce site est caractérisé par une zone urbaine avec l'absence d'implantation industrielle. Des terrains vagues avec une végétation adventice et grande formation végétale de chêne-liège autour du rucher avec la présence de quelques habitations. Ce site ne présente pas de sources de pollution fixe et la circulation routière est presque absente car le terrain est inaccessible en voiture (**Bouden et Belabed.2022**).

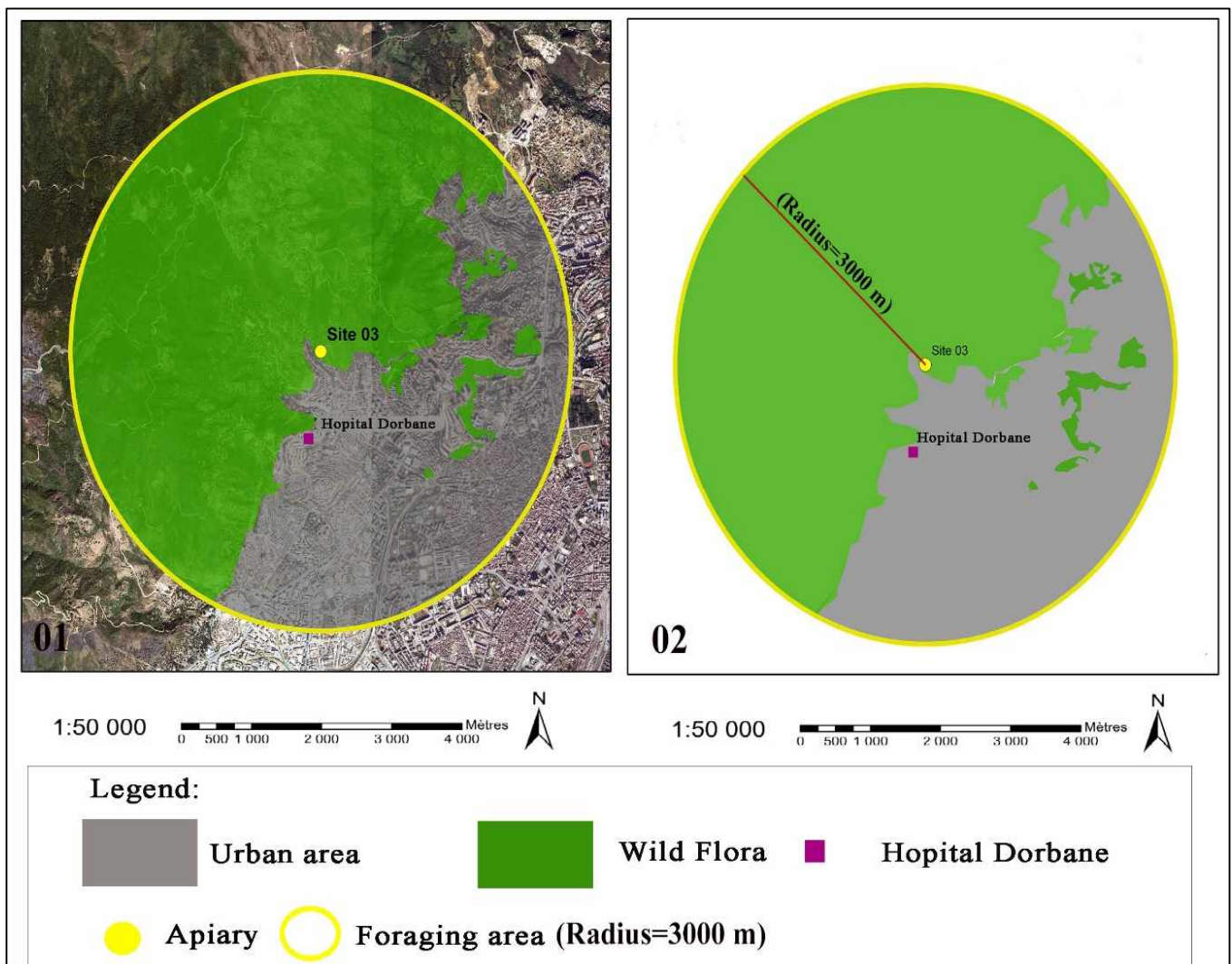


Figure 38 : Carte de site.3. (Bouden et Belabed.2022).

4. Site.4. (Cimetière chrétien) :

Paysages de type urbain : Le quatrième site est situé dans la commune d'Annaba en plein centre-ville, à l'intérieur du Cimetière chrétien (Latitude N 36.91028, Longitude E 7.756232, altitude 13 m) (**Fig.39**). Ce site est caractérisé par une superficie urbanisée, une flore exotique plus importante que dans les autres types paysagers (jardin public), une circulation automobile remarquable et une activité industrielle et agricole absente dans le rayon de butinage. Ce site présente une source de pollution mobile générée par le trafic routier (**Bouden et Belabed.2022**).

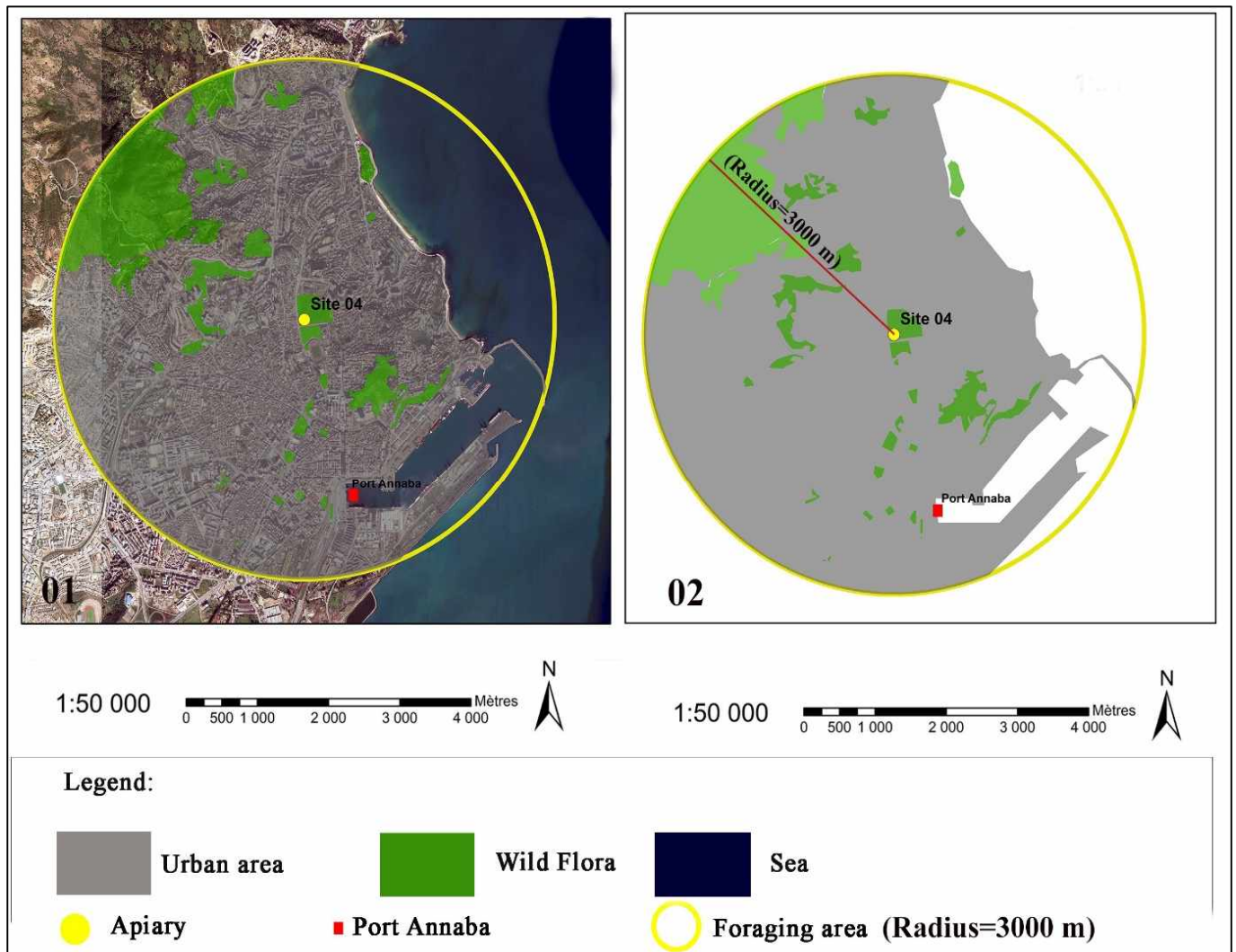


Figure 39: Carte de site .4. (Bouden et Belabed.2022).

3. Méthode de travail :

1- La sélection des sites d'étude a été définie pour obtenir l'image la plus claire du comportement des abeilles dans des paysages présentant des caractéristiques différentes (urbain- périurbain) afin de mieux différencier l'impact négatif et positif sur la vie des abeilles domestiques.

2- On a placé deux à trois ruches maximums dans chaque site, à cause du tempérament des abeilles. Cependant, l'espèce utilisée durant cette étude est l'espèce locale *Apis mellifera intermissa* connue pour son agressivité.

3- Le type des ruches utilisé dans ce travail est du type Langstroth. C'est le plus répandu en Algérie pour ces caractéristiques.

4- Toutes ces ruches sont exemptées de tout traitement chimique pour ne pas interférer avec les résultats d'analyses.

5- Les colonies d'abeilles (*Apis mellifera intermissa*) ont été conservées de l'hiver à l'été dans le même rucher.

6- Les échantillons sont pris à la fin de la saison de la miellée de l'été 2019. Chaque échantillon (100 g) a été stocké dans un pot en plastique et stocké à l'abri de lumière à 4°C.

7- Les échantillons sont extraits à l'aide de l'extracteur centrifugeur et filtré pour éliminer toutes sortes d'impuretés qui peuvent altérer les résultats. L'extracteur doit être nettoyé et séché avant et après chaque extraction de chaque échantillon pour ne pas avoir des interférences entre les différents échantillons.

1. Paramètres physicochimiques :

1) Potentiel d'hydrogène (pH) :

Encore connu sous l'appellation d'indice de Sorênsen, le pH est défini comme le cologarithme de la concentration en ions hydrogène (H^+) dans une solution. Pour le miel, il représente un indice de la «réactivité acide» et est mesuré suivant la méthode de **Louveaux (1985)** à l'aide d'un pH-mètre.

Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre (**EUTECH 510**) à partir d'une solution contenant 10 g de miel dans 75 ml d'eau distillée (**AOAC, 1990**).

2) L'acidité libre :

L'acidité libre a été déterminée par la méthode titrimétrique : l'addition de NaOH



Dix grammes de miel ont été pesés dans un bécher en verre puis 75 ml d'eau distillée ont été ajoutés. La solution a été titrée à 0,1 (N) solution de NaOH jusqu'à ce qu'un pH de 8,3 soit atteint. Les résultats ont été exprimés en meq/kg de miel.

Acidité libre = $V \times (10)$

V = valeur du titre " le volume de ml (0,1 N) de NaOH utilisé dans la neutralisation de 10 g de miel"

- (10) indiquent la dilution facteur de l'échantillon de miel lors de l'analyse.

3) Teneur en eau :

La mesure de la teneur en eau (humidité) est faite avec un réfractomètre Abbe à une température de 20°C. Si il y a une différence de température à 20°C, la lecture doit être corrigée pour obtenir l'indice de réfraction à la normale. Le coefficient de correction est de 0,00023 par degré Celsius. La correction est additive, si la mesure est faite au-dessus de 20°C et soustractive dans le cas contraire (Chataway, 1935). De plus, le miel à analyser doit être parfaitement liquide. La teneur en eau a été déterminée avec un réfractomètre Abbe, lisant à 20°C, en utilisant la table de Wedmore (Annexe.01) (AOAC, 1990), et les résultats ont été exprimés en pourcentages.

4) Teneur en sucres (Brix):

Grâce à la méthode de réfractomètre, on a pu évaluer la teneur en sucres contenu dans les différents échantillons de miel étudiés. La lecture est faite sur l'échelle qui indique le degré Brix situé en parallèle avec l'échelle de l'indice de réfraction. Selon Dailly (2008), le degré Brix du miel indique la quantité de sucres (en g) contenue dans 100 g de miel à 20°C. Il existe donc une légère différence entre le degré Brix et le pourcentage de matière sèche d'un miel.

Si la mesure a été effectuée à une température différente de 20°C, la lecture doit être corrigée pour ramener la valeur Brix à la normale. Le coefficient de correction est de 0,09 par degré Celsius. La correction est additive, si la mesure est faite au-dessus de 20°C, soustractive dans le cas contraire (Chataway, 1935).

2. Dosage des métaux lourds :

1) Préparation des échantillons pour le Dosage des métaux lourds :

Un échantillon de miel (5 g) a été placé dans un creuset et réduit en cendres dans un four à 600°C pendant 12 h jusqu'à la mise en cendres caractérisées par une couleur variant du blanc au gris. Les cendres ont été traitées avec 2 ml de solution de HNO₃ à 65 %. Peroxyde (30% H₂O₂ pur) pour détruire la partie éventuellement organique laissée après la combustion.



Les échantillons ont été placés dans des flacons de 25 ml et complétés avec de l'eau bidistillée.

2) Dosage à la Spectroscopie d'Absorption Atomique (SAA) :

Les concentrations des six métaux (Fer, Zinc, Chrome, Nickel, Cuivre et Cadmium) dans les solutions obtenues, ont été déterminées par spectroscopie d'absorption atomique de flamme (SAA) au laboratoire d'analyses industrielles et Génie des Matériaux (LAIGM) à l'université 8 Mai 1945 de Guelma.

3. Traitement statistique :

Les statistiques descriptives pour chaque paramètre ont été calculées grâce au logiciel Microsoft Excel 2019 et les résultats sont traités par des tests paramétriques. Les concentrations de chaque élément ont été comparées entre les sites grâce au test t (avec un seuil de signification = 0.05), en utilisant le logiciel STATISTICA 12.5, Stat soft.





Chapitre IV

RESULTATS ET DISCUSSIONS



V. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Dans cette étude nous avons opté pour des paramètres physicochimiques les plus importantes pour l'évaluation de la qualité du miel. Le principale but est d'avoir une image plus au moins clair sur cette nouvelle activités récemment apparue dans plusieurs pays. Contrairement, en Algérie jusqu'à présent n'y a pas assez de pratiquant d'apiculture urbain. Car, la plupart des apicultures locales préfèrent installer leurs ruchers dans des terrains loin des zones urbaines. De ce fait, notre étude est la première de son genre. Principalement, s'inscrit dans le cadre d'anticipation au cas où cette pratique devienne courante en Algérie. Elle aidera aussi les responsables et les spécialiste de ce secteur de faire le point pour l'élaboration des plans et des réglementations d'un coté de préserver la biodiversité principalement l'abeille mellifère grâce à son rôle dans la pollinisation des cultures. De l'autre côté, c'est la protection de consommateurs. Les produits de cette dernières connaissent un grand intérêt pour des fins thérapeutique et alimentaires.

Au final, l'étude et le suivi de l'abeille mellifère peut servir à mieux préserver les autres insectes qui ont aussi un rôle très important pour la biodiversité et la pollinisation des plantes.



V. Résultats et discussion:

1. Caractérisation physicochimique des miels :

L'étude de la composition du miel est très utile dans son contrôle de qualité afin de vérifier les effets bénéfiques nutritionnel sur la santé humain (Valverde *et al.*, 2022). Donc, pour assurer la pureté et la qualité du miel à consommer, diverses réglementations nationales et internationales ont été formulées sur la base des propriétés physico-chimiques du miel(Kumar *et al.*, 2018).

1. Potentiel d'hydrogène (pH) :

La détermination de pH est d'une grande importance pour savoir le degré de pureté du miel (Khan *et al.*, 2018). Car, le pH influence la texture, la stabilité et la durée de conservation du miel (Terrab *et al.*,2004). Les valeurs obtenues dans ce travail montrent que le pH des miels est de nature acide allant de 3,69 à 3,90(Fig.40).

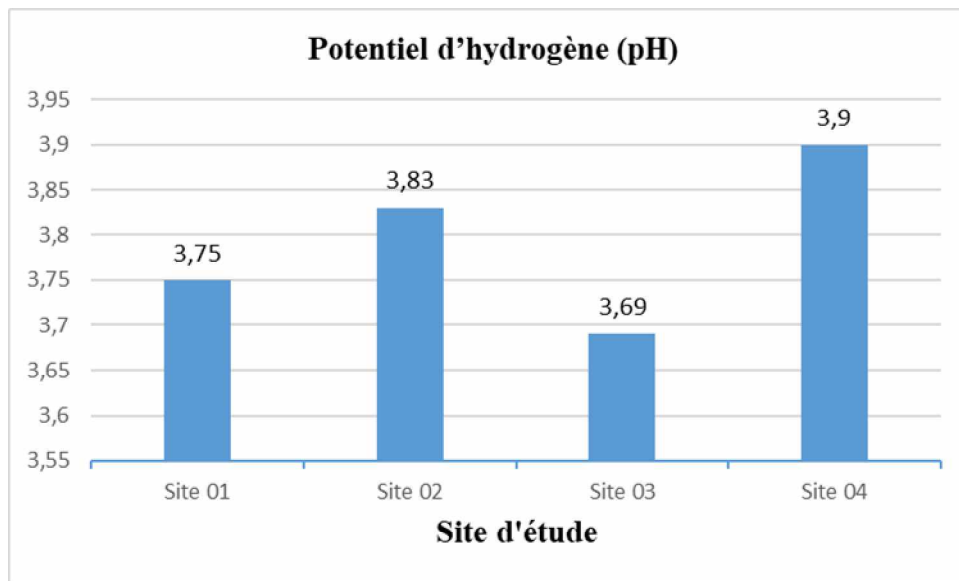


Figure 40: Les valeurs du (pH) des miels analysés.

Des données sur des miels Algériens montrent une variabilité des valeurs de pH d'une région à une autre. Des échantillons de miels des apiculteurs local de la région centre (Laghouat et El Djelfa) étaient de nature acide de 3,58 à 4,72 (Zerrouk *et al.*, 2011). D'autres résultat, comme celle de (Khalil, M.I *et al.*, 2012) sont de l'ordre de 3,70 à 4,00,celles de (Yaiche Achour et Khali., 2014) sont entre 3,66 à 4,04 et celles de (Rebiaiet *al.*, 2015) sont de 4,29 à 4,5. Généralement, les miels frais ont un pH comprise de 3,4 à 6,1 (Annamaria *et al.*, 2014).

En revanche, d'autres résultats sont moins acides à nos résultats comme celle de Draiaia. (2016) dont la valeur maximale obtenue est de 6,62. Un pH supérieur à 5 peuvent être considères comme étant de faible pureté (Draiaia, 2016).



Dans d'autres régions en Afrique, les résultats obtenus sont proche à celle trouvé dans cette étude et même comme celle cité au-dessus en Algérie. En Egypte (3,6 à 4,8) (**El-Sofany et al., 2018**), au Maroc (4,02 à 4,81) (**Laaroussi et al., 2020**), (4,26 à 4,44) dans la région de la Zambie (**Nyau et al., 2016**) et (3,29 à 5,11) le pH des miels de Togo (**Koudegnan et al., 2021**).

En Europe, des travaux de **Terrab et al. (2004)** sur des miels d'Espagne le résultat du pH se situe entre (3,56 à 4,79), en Italie (4,29 à 5,21) (**Annamaria et al., 2014**), en Turquie (3,61 à 4,67) (**Özcan & Ölmez., 2014**) et en Irlande (3,24 à 4,84) (**Kavanagh et al. 2019**).

Des valeurs similaires à celles rapportées au-dessus pour d'autres échantillons, comme des miels provenant de l'Inde sont (3,81 à 4,85) (**Kumar et al., 2018**), du Bangladesh sont (3,6 à 4,1) (**Islam et al., 2012**), du Malaisie sont (3,83 à 4,10) (**Moniruzzaman et al., 2013**) et de l'Iran sont (3,98 à 5,06) (**Mehryar et al., 2013**).

D'après la littérature, le pH du miel est toujours de nature acide quel que soit l'origine géographique, la période de la récolte et même la façon dont les abeilles étaient élevait (Ruche traditionnel ou moderne). En outre, la mesure de pH du miel permet la détermination de son origine florale. Un pH variant de 3,7 à 4,5 pour les miels de fleurs et de 4,5 à 6,5 pour les miels de miellat (**Mehryar et al., 2013**). On peut conclure, que nos miels sont de natures acides issues de nectar.

Dans l'ensemble, les valeurs de pH des échantillons de miel étudiés sont en accord avec les recommandations du *Codex Alimentarius*.

2. Acidité libre :

Le miel est naturellement acide quelle que soit son origine géographique. Dû à la présence d'acides organiques qui contribuent à sa saveur et à sa stabilité contre l'altération microbienne (**Khalil, M.I et al., 2012**). L'acidité du miel est un critère de qualité important. Bien qu'il existe des variations naturelles considérables, une valeur d'acidité maximale sera utile (**Bogdanov et al., 1999**). Dans le présent travail, les valeurs d'acidité libre obtenues sont de 36,01 à 41,14 meq/kg (**Fig.41**).



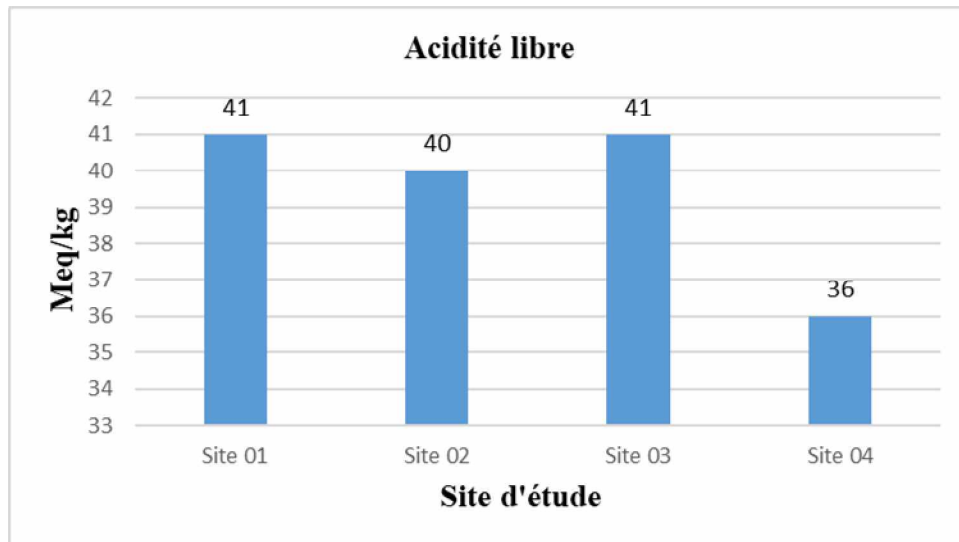


Figure 41: Les valeurs d'acidités libres des miels analysés.

Différentes études sur le miel algériens montrent une variabilité des valeurs d'acidité libre obtenus d'une région à une autre comprise entre 4,75 et 47.0 (meq/kg) (**Zerrouk et al., 2011 ; Yaiche Achour et Khali.,2014 ; Draiaia, 2016 ; Guerzou et al., 2021**).

L'acidité du miel est due à la présence d'acides organiques, principalement l'acide gluconique, l'acide pyruvique, l'acide maléique et l'acide citrique qui sont en équilibre avec les lactones ou les esters internes et des ions inorganiques comme le phosphate, le sulfate et le chlorure (**Mehryar et al., 2013**).

Cependant, d'autres miels apparaissent plus acides que les nôtres. Celle trouvés par **Rebiai et al. (2015)** sont entre 26,1 et 63,2(meq/kg).Ce qu'il faut prendre en compte, c'est que la fermentation du miel provoque l'augmentation de sa teneur en acidité (**Bogdanov et al., 1999**).

De l'autres coté, des résultats représentent une faible teneur d'acidité libre par rapport à nos résultats comme celle du Maroc (12,16 - 31,85) meq/kg (**Laaroussi et al., 2020**), du Nigéria (18.7 - 23.4) meq/kg (**Kayefor et al.,2017**), d'Italie (22,75 - 24,30) meq/kg (**Annamaria et al., 2014**) et d'Iran (12 – 25) meq/kg (**Mehryar et al., 2013**). Parfois, la teneur en acide du miel est faible, mais elle constitue un facteur important pour son goût (**Mehryar et al., 2013**).

Dans le monde, plusieurs travaux sur le miel montrent une différence des valeurs de l'acidité libre. Pour des miels : espagnols (17,59 - 39,81) meq/kg, turcs (18,2 - 47,5) meq/kg, italiens (22,75 - 24,30) meq/kg et indiens (14,83-40,17) meq/kg (**Terrab et al.,2004 ; Özcan & Ölmez, 2014 ; Kumar et al., 2018**).



En général, l'acidité libre diffère considérablement selon le type botanique (**Spirić et al., 2019**). Ce qui concorde avec la littérature et celle des résultats obtenus par **Spirić et al. (2019)** sur plusieurs échantillons de miel d'origines florales différents (miel de tilleul, miel d'acacia, miel multi fleurs et miel de miellat). Cependant, le miel d'acacia était caractérisé par une acidité libre la plus faible, avec une moyenne de $8,50 \pm 2,14$ (meq/kg) (**Spirić et al., 2019**).

Le Conseil de l'Union européenne spécifie une valeur maximale d'acidité libre de 50 (meq/kg) à ne pas dépasser (**Codex, 2001; Conseil de l'Union Européenne, 2002**). Nos valeurs d'acidité libre se situent dans la plage normale. Cela indique l'absence de fermentations indésirables. De ce fait, les valeurs d'acidité libre obtenues dans le présent travail sont toutes dans la norme fixée.

3. Teneur en eau (H°) :

La teneur en eau est un paramètre de qualité important à prendre en considération lors de l'évaluation de la qualité du miel. L'eau est le deuxième composant le plus abondant du miel après les sucres et sa détermination est d'une grande importance pour détecter des cas de falsification (**Mehryar et al., 2013**), l'évaluation du degré de maturité du miel et de sa durée de conservation pendant le stockage (**Yaiche Achour et Khali.,2014**). La valeur moyenne enregistrée est de $17,55 \pm 0,016$ % (**Annexe.02**). Nos résultats obtenus sont compris entre 15,6 et 19,6% (**Fig.42**).

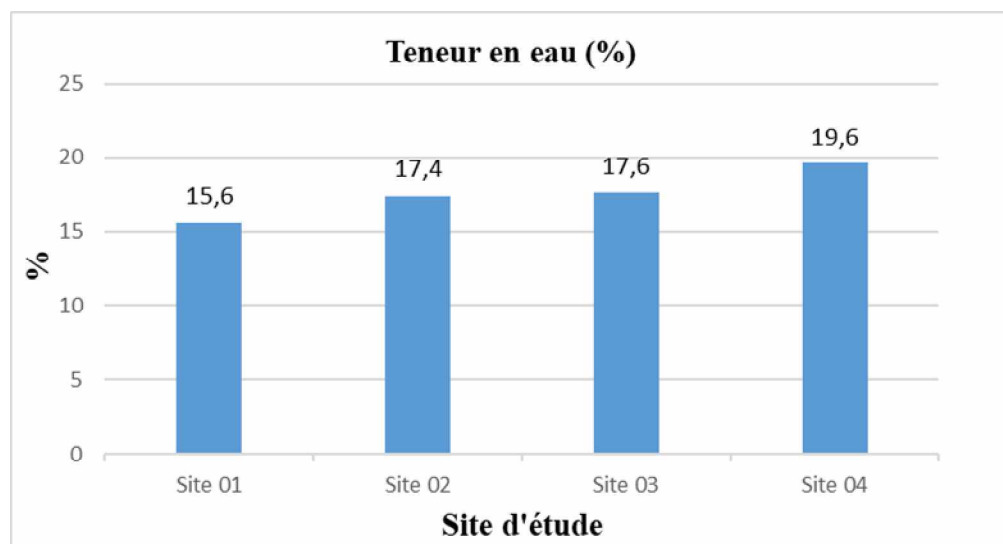


Figure 42: Les valeurs des teneurs en eau des miels analysés.

Nos résultats montrent que toutes les valeurs obtenues étaient toutes inférieures à 20%, ce qui est le maximum autorisé par la directive de l'Union européenne (**Conseil de l'Union Européenne, 2002**) et les normes proposées par le *Codex* ($\leq 21\%$) (**Annexe.02**).



Cependant, **Bogdanov et al. (1999)** indiquent qu'un miel ayant une teneur élevée en eau est probablement risqué de fermenter. Dans nos échantillons, seul l'échantillon du cimetière chrétien (**Site.4**) qui présente une valeur de 19,6% proche de la limite proposée par la norme Codex.

En revanche, la différence de la teneur en eau pourrait être attribuée aux conditions climatiques (température et humidité relative) prévalant au moment de la production du miel, aux pratiques adoptées par les apiculteurs et la flore butinée par les abeilles (**Kumar et al., 2018**).

Des résultats comme ceux de (**Draiaia, 2016**) dont 10% des miels étudiés présentent des teneurs en eau proche de la limite proposée par Codex, variant de 19 à 20%. D'autre comme ceux de **Homrani et al. (2020)** trouvent des résultats variaient de 14,6 à 20 % et les échantillons présentant des teneurs élevées en eau sont deux échantillons de miel mono florale de la Willaya d'El Taref (miel de la bruyère).

D'autre part, plusieurs travaux en Algérie sur la qualité du miel locale montrent des valeurs inférieures à 20% dans différentes régions comme ceux rapportés par **Zerrouk et al. (2011)** 13,36-17,93%, **Khalil, M.I et al. (2012)** 11,59-14,13%, **Yaiche Achour et Khali. (2014)** 13-15 % et **Rebiai et al. (2015)** 14,5-18 %.

Dans d'autre région en Afrique, la teneur en eau est variable d'un pays à un autre. En Egypte de 33 à 19% (**El-Sofany et al., 2018**), au Maroc de 19,60 à 15,81% (**Laaroussi et al., 2020**) et de 21,4 à 16,6% dans la zone guinéenne du Togo (**Koudegnan et al., 2021**).

Du toute façon, le miel est une solution sursaturée en sucre avec une faible activité d'eau, ce qui signifie qu'il y a peu d'eau disponible pour soutenir la croissance des bactéries et des levures (**Saranraj et al., 2016**). En conséquence, le miel ayant une teneur élevée en eau est plus susceptible de fermenter (**Bogdanov et al., 1999**). De plus, La teneur en eau affecte différents paramètres du miel, tels que sa viscosité, son poids spécifique, sa maturité, sa saveur et sa cristallisation (**Spiric et al., 2019**). De ce fait, une teneur trop élevée risque d'altérer les propriétés actives et les bienfaits du miel.

D'autres résultats montrent des valeurs proches de la limite proposée par le codex comme celle d'Espagne qui sont de 14.2 et 19.8 % (**Terrab et al., 2004**), d'Italie sont de 16,90 à 17,75% (**Annamaria et al., 2014**), de la Turquie sont de 16.20 à 20% (**Özcan & Ölmez, 2014**) et celle d'Irlande dépasse la limite fixée par la norme sont de 12.90 et 24.92 % (**Kavanagh et al.2019**).

Généralement, la teneur en eau du miel du genre *A. mellifera* est inférieure par rapport au miel de ses congénères sympatriques, allant de 17 à 20,2 % (**Berenbaum & Calla, 2021**).



Ce qui concorde totalement avec les résultats obtenus dans ce travail et les données de la littérature.

4. Dosage des sucres (Brix):

La valeur des solides solubles exprimée en (Brix) est directement liée à la teneur en sucre et peut constituer un indice fiable de détecter des cas de falsification (**Annamaria et al., 2014**). Les sucres étant les principaux constituants du miel. D'où les caractéristiques physiques et le comportement du miel sont attribués à ses sucres (**Solayman et al., 2015**).

Par ailleurs, une teneur plus élevée en sucre peut être attribuée à une alimentation excessive des abeilles avec du sirop de sucre, à une falsification ou à une récolte précoce des cadres de miel (**Mehryar et al., 2013**). Dans le présent travail, la teneur en sucre (Brix) de nos échantillons varie de 78.8 % à 81% et la moyenne est $80,15 \pm 0,0099$ (**Fig.43**).

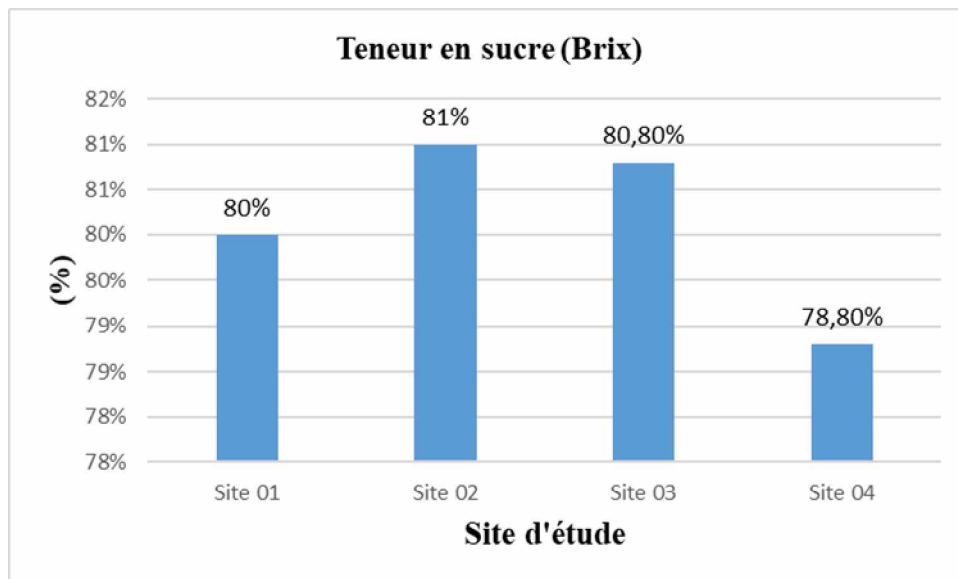


Figure 43: Les valeurs des teneurs en sucres (Degré de Brix) des miels analysés.

Au niveau national, des résultats proches des nôtres obtenues par **Zerrouk et al.(2011)** dont leurs résultats variaient de 80,17 à 84,73 % et par **Yaiche Achour et Khali.(2014)** qui varient de 77,93 à 82,80%. Tandis que, des échantillons du miel analysé dans la région d'El Oued réalisé par **Rebiai et al. (2015)** sont supérieur à nos résultats 83,5-87,1% et ceux obtenus par **Draiaia. (2016)** 79,6 et 87%.

Nos résultats, concordent avec plusieurs travaux internationaux, dont les résultats obtenus de la teneur en sucre oscillent entre 77,0 % et 84,20% (**Terrab et al.,2004; Annamaria et al., 2014; Nyau,et al.,2016; Laaroussi et al., 2020; Koudegnan et al., 2021**).

Le miel est considéré comme l'un des aliments naturels les plus complexes saturées en sucre (**Durazzo et al., 2021**).Ceci rend la fixation de valeurs standardisées pour tous les paramètres physico-chimiques de cet aliment plus complexe qu'il y paraît. Car, il est influencé



par plusieurs facteurs biotiques et abiotiques lors de la conception de ce produit par les abeilles.

En revanche, des résultats obtenus dans d'autres régions sont beaucoup moins inférieurs aux résultats présentés dans ce travail. Ils sont de l'ordre de 42,8 à 64,93 % (**Islam *et al.*, 2012 ; Moniruzzaman *et al.*, 2013**). Cette faible teneur en sucre total peut être due à la conversion du sucre en acide inorganique. Il a été également rapporté que surchauffer le miel pendant le traitement ou le stockage pendant de très longues périodes peut conduire à la conversion des sucres en hydroxyméthylfurfural (HMF) (**Moniruzzaman *et al.*, 2013**).

Il a été prouvé que les facteurs antibactériens présents dans le miel sont sa faible activité de l'eau et son faible pH. De plus, le miel contient du glucose oxydase ajoutée par les abeilles, qui par faible dilution, convertit le glucose en H₂O₂ et en acide gluconique (**Cornara *et al.*, 2017**). Enfin, tous les miels n'ont pas la même activité antimicrobienne en raison des différences dans les niveaux de production de peroxyde et les facteurs non peroxydés, qui varient selon sa source florale et sa transformation (**Saranraj *et al.*, 2016**).

Les valeurs de la teneur en sucre (Brix) obtenues dans la présente étude étaient très probablement intactes.



2. Teneurs des métaux lourds :

Le miel est produit par les abeilles à partir du nectar de différentes plantes et du miellat. Il est également considéré comme le résultat d'un processus de bioaccumulation de nombreux métaux qui peuvent jouer un rôle important dans un certain nombre de processus biochimiques (**Annamariaet al., 2014**). L'analyse des composants mineurs du miel, en particulier la teneur en métaux, peut être un moyen d'évaluation du miel, ainsi que de détecter toute sorte de falsification par rapport à son origine déclarée. Car, les minéraux sont des bons descripteurs de son origine botanique et géographique. Ils sont stables dans le miel pendant une longue période, leurs concentrations dépendent du type de sol sur lequel poussent les plantes nectarifères et de leur origine botanique dans la zone de butinage (**Pohl, 2009**).

Généralement, les métaux lourds sont rejetés dans l'environnement par des sources naturelles et anthropiques. ET comme ils ne se décomposent pas et se caractérisent par une toxicité latente, ils sont continuellement présents dans l'environnement et entrent dans les cycles biologiques (**Perugini et al., 2010**). En conséquence, le miel peut être considéré comme un bio marqueur de la pollution environnementale et peut indiquer de manière cumulative le niveau de contamination de l'air, de l'eau, des plantes et du sol dans la zone de butinage (**Pohl, 2009**). Puisque, l'activité de butinage des abeilles s'étend sur environ 10 km², et lorsqu'elles collectent le nectar ou le pollen, ces éléments sont transférés avec différentes concentrations dans leur miel (**Perna et al., 2021**).

Par conséquent, les ruchers situés à proximité des zones polluées (proche de trafic routière intense, urbaine et industriels) peuvent aider à surveiller le taux des métaux lourds provenant de ces diverses sources (**Tuzen et al., 2007**).

Les résultats de notre étude indiquent que les concentrations des métaux lourds dosées montrent des différences pour chaque élément métallique en fonction de l'emplacement des sites et de leurs caractéristiques (la flore, la présence ou l'absence de source de pollution fixe et mobile, ainsi que le degré d'urbanisation). De ce fait, la présence des éléments métalliques dans les produits de la ruche dépend de plusieurs conditions et des différents endroits visités par les abeilles lors de leur vol pour collecter des différents produits issus de l'extérieur de la ruche (Eau, Nectar, Propolis).



1. Teneur en Zinc :

Les teneurs de zinc pour l'ensemble des variétés de miels dosées se situent dans l'intervalle de 0,117 mg/kg et 3,766 mg/kg (**Fig.44**).

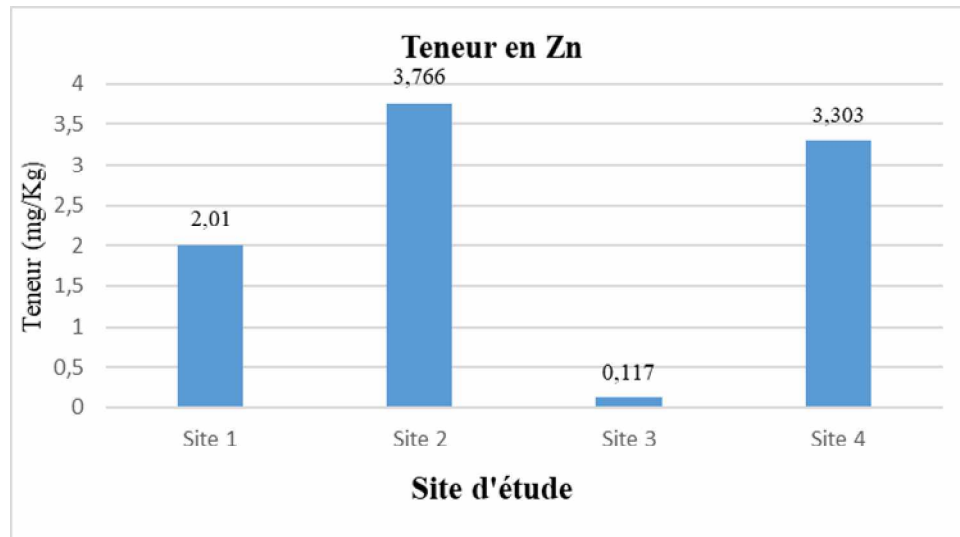


Figure 44: Teneur en Zinc (2019).

En effet, la teneur en zinc la plus élevée est celle de **site (02) (Chabbia)** dans la commune d'El Bouni (3,766 mg/kg), tandis que la teneur la plus faible est celle de **site (03) (Pont Blanc)** dans la commune d'Annaba dans les hauts de la plaine d'Oued Forcha (0.117 mg/kg). De plus, l'analyse statistique par le test t nous montre qu'il n'y a pas des différences significatives entre les quatre sites ($t=2,815$; $p=0,0670$).

Des travaux sur le miel, dans la région d'Annaba de **Draiaiai. (2016)** a trouvée des teneurs plus élevés que les nôtres, plus précisément dans la région de Triaat dans le miel d'agrumes (8.07 mg/Kg). Cette teneur est la plus élevée dans l'ensemble de leurs résultats tandis que la plus faible est trouvé dans le miel de même origine botanique mais dans la willaya d'El Taref région de Boutheldja. D'autre, comme **Yaiche Achour et Khali (2014)** ont aussi trouvé des valeurs plus élevées que les nôtres et la plus élevées est celle du miel d'agrumes (l'oranger) de la région de Mitidja (14.51 mg/kg).

Au Maroc, la teneur en zinc de miel des agrumes la plus élevés est de 3,63 mg/kg et la plus faible teneur en zinc est obtenu dans le miel du même origine florale (0,42 mg/kg) (**Chakir et al., 2011**). Dans la même étude les résultats des autres miels de différents origine botanique : eucalyptus, caroubier, thym, euphorbe, lavande, jujubier, romarin, miellat et multi fleurs sont de 10,78 à 0,42 mg/kg et la plus faible dans toutes ces échantillons analysés est celle du miel des agrumes (**Chakir et al., 2011**). Donc, l'origine botanique n'est pas le seul facteur qui affecte la teneur du zinc dans le miel.



D'autres résultats, montrent que la teneur en zinc varie selon la région et la saison de la récolte. Donc, on peut trouver la teneur de cette élément en quantité très faible comme dans le cas du miel mono floral de plusieurs régions de la Turquie entre 0,5 et 1,16 mg/kg (**Pehlivan et Gül, 2015**) et dans le nord-ouest de l'Iran de 0,12286 à 6,63855 mg/kg (**Aghamirlou et al., 2015**). En Serbie, dans différentes régions le taux de zinc dans les échantillons de miel multi fleurs sont entre 0,37 et 8,02 mg/kg (**Spirić et al., 2019**). Ainsi, une étude chinoise montre une différence de la teneur en zinc en fonction de l'origine botanique : miel d'agrumes \approx miel multi floral > miel de jujubier > miel de litchi > miel de tilleul > miel de nêfle > miel d'acacia (**Ru et al., 2013**).

Généralement, cette différence des teneurs en zinc dans le miel est due à sa présence aléatoire dans l'environnement, soit comme un élément polluant ou comme constituant naturel des fleurs (**Yaiche Achour et Khali., 2014**).

Cependant, l'éloignement de la mer et l'altitude jouent un rôle important dans la concentration de cet élément métallique dans le miel (**M & E, 2014**). Selon, nos résultats la plus forte concentration du zinc est celle de **site(02) (Chabbia)** commune d'El Bouni. Malgré que ce site n'est pas le plus proche de la mer par rapport au **site(04) (Cimetière chrétienne)** commune d'Annaba. Les deux facteurs apparus bien importants dans la variation de la concentration de cet élément. Car, le même site représente aussi la plus faible altitude par rapport aux autres sites environ 3 mètres au-dessus de la mer. Tandis que, la plus faible concentration est celle de **site(03) (Pont-Blanc)** environ 72 mètres d'altitude au-dessus de la mer et le résultat obtenu est 30 fois moins que celle de **site (02)**. Malgré, les différents facteurs qui peuvent affecter la teneur du zinc. Ce qui apparut certainement dans notre cas, c'est la distance par rapport à la mer (les aérosols marins) avec la faible altitude représentent les principales causes de la forte teneur en zinc. Ce qui concorde parfaitement avec les résultats de **M and E. (2014)**.

2. Teneur en Fer :

Les teneurs en Fer pour l'ensemble des variétés de miels dosées se situent dans l'intervalle de 4,22 mg/kg à 8,96 mg/kg (**Fig.45**).



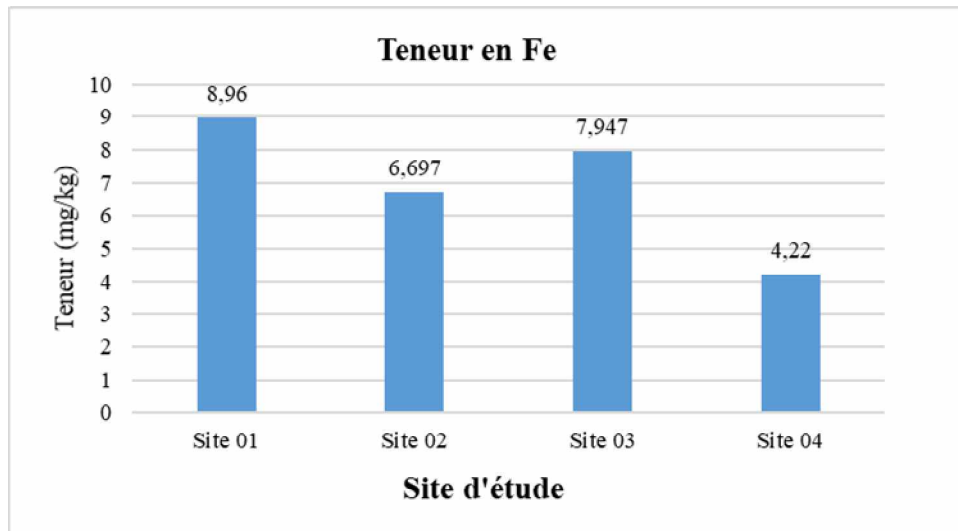


Figure 45: Teneur en Fer (2019).

La teneur en fer de nos résultats n'est pas trop éloignée de ceux trouvés par **Yaiche Achour et Khali. (2014)** qui étaient 1,95 mg/kg à 6,37 mg/kg. La plus forte teneur de fer est celle de la région de Medea cas du miel polyfloral (**Yaiche Achour et Khali., 2014**).

D'autre part, nos résultats sont supérieurs à ceux trouvés par **Pehlivan & Gül. (2015)** en Turquie, qui ont été de 1,71 à 3,61 mg/kg. Ainsi que, ceux trouvés en Serbie qui sont entre 0,77 et 3,94 mg/kg (**Spirić et al., 2019**). Quant à **Nega et ses collaborateurs. 2020** en Ethiopie, ils ont trouvé des valeurs en dessous des nôtres de 0,59 à 5,39 mg/kg.

Bien que le fer soit un élément essentiel pour les organismes vivants, il peut être toxique à des concentrations plus élevées. La toxicité du fer pour les plantes est principalement la conséquence de la production des radicaux libres qui altèrent de manière irréversible la structure cellulaire et endommagent les membranes, l'ADN et les protéines. La toxicité du fer peut également entraîner une réduction de la photosynthèse et du rendement des plantes et augmente le stress oxydatif (**Zarić et al., 2015**).

Nos résultats montrent que, la teneur en fer la plus élevée est celle de **site (01) (Sidi Amar)** dans la commune de Sidi Amar (8,96 mg/kg) et la plus faible teneur est celle de **site (04) (Cimetière chrétien)** commune d'Annaba (4,22 mg/kg). Les concentrations de cet élément dans nos échantillons (**Fig.45**) sont liées certainement à une pollution environnementale due aux activités anthropiques proches des sites d'études comme le complexe sidérurgique d'El Hadjar. La dispersion de la poussière est remarquable avec les plus fortes valeurs de fer dans le cas du **Site (01) (Sidi Amar)** le plus proche du complexe sidérurgique d'El Hadjar par contre en le comparant à celui de **Site (04) (Cimetière chrétien)** un écosystème purement urbain, le taux de Fe dans ce dernier site est deux fois moins que celui du **Site (01)**.



De plus, l'analyse statistique décèle une variation significative entre les teneurs des miels des quatre sites ($t=6,801$; $p=0,006$; ***). Ce qui explique que la teneur de cet élément a tendance à la baisse en s'éloignant du complexe sidérurgique d'El Hadjar. Ce qui confirme la principale source des émissions du Fer dans la région.

D'autre part, nos valeurs sont largement inférieures à celles trouvées par **Draiaia. (2016)** En effet, les valeurs trouvées varient entre 60,62 et 201,07 mg/kg avec une moyenne de $103,51 \pm 6,64$ mg/kg. Selon **Draiaia. (2016)**, parmi les miels étudiés de la région : Bargouga, Al Matar, Hjar Diss et El Bouni dans la wilaya d'Annaba, le contenu métallique élevé peut être due à la pollution développée par le complexe sidérurgique d'El Hadjar situé à proximité de la zone où les ruches ont été placées. Ce qui concorde avec nos résultats.

3. Teneur en Chrome :

Les teneurs en Chrome pour l'ensemble des variétés de miels dosées se situent dans l'intervalle de 0,499 mg/kg à 0,974 mg/kg (**Fig.46**).

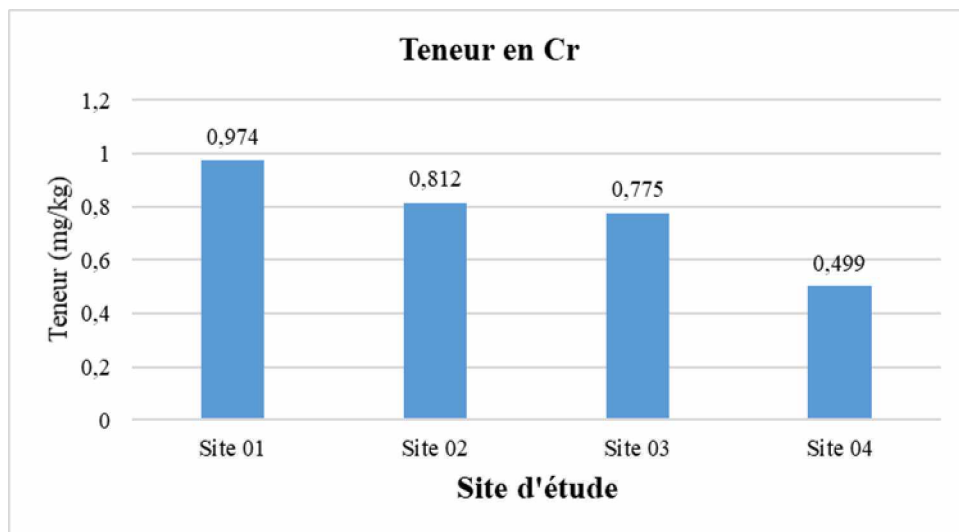


Figure 46 : Teneur en chrome (2019).

En effet, la teneur la plus élevée de nos résultats est celle de **site (01) (Sidi Amar)** commune de Sidi Amar (0,974 mg/kg) et la teneur la plus faible est celle de **site (04) (Cimetière chrétien)** commune d'Annaba (0,499 mg/kg).

Les teneurs en chrome pour l'ensemble des variétés de miels dosées sont plus élevées par rapport aux différents résultats décrites tels que : (**Yaiche Achour et Khali., 2014**) en Algérie (0,023 mg/kg), (**Pehlivan & Gül., 2015**) en Turquie (0,001 à 0,036 mg/kg) et (**Nega et al., 2020**) en Ethiopie (0.22 à 0.46 mg/kg).

L'analyse statistique par le test t nous montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les quatre sites ($t=7,552$; $p=0,004$; ***). Ces différences pourraient être dues aux entreprises industrielles présentes dans le rayon de butinage des



abeilles qui peuvent affecter le miel par des polluants, qui peuvent contenir de fortes teneurs en éléments toxiques tels que les métaux lourds.

L'étude de **Perugini et ses collaborateurs. (2010)** met en avant le chrome comme un métal lourd très répandu dans l'environnement. Environ 75 000 tonnes de chrome sont rejetées chaque année dans l'atmosphère en raison des activités anthropiques principalement l'industrie de production de chromage et fabrication d'acier qui représentent 60 à 70 % des émissions totales. Dans notre cas, la valeur la plus élevée est celle de **Site (01)** le plus proche du complexe sidérurgique d'El Hadjar.

D'autre part, nos résultats sont inférieurs à ceux de **Draiaia. (2016)**, qui a trouvée des teneurs élevées de chrome dans ces échantillons avec une moyenne de $1,34 \pm 0,90$ mg/kg. Et parmi ces échantillons étudiés, la valeur la plus élevée est celle d'échantillon de la région d'Annaba, plus précisément de la commune de Berrahale avec un taux de 4.89 mg/Kg.

Généralement, les concentrations de chrome dépendent de l'intensité des processus industriels, de la proximité des sources, de la quantité de chrome rejetée et de facteurs météorologiques (**Perugini et al., 2010**).

Dans notre cas la concentration de cet élément métallique tend vers la baisse on s'éloignant du complexe industriel ce qui explique la principale source de cet élément.

4. Teneur en Nickel :

Les teneurs en Nickel pour l'ensemble des variétés de miels dosées se situent dans l'intervalle de 0,392 mg/kg à 0,753 mg/kg (**Fig.47**).

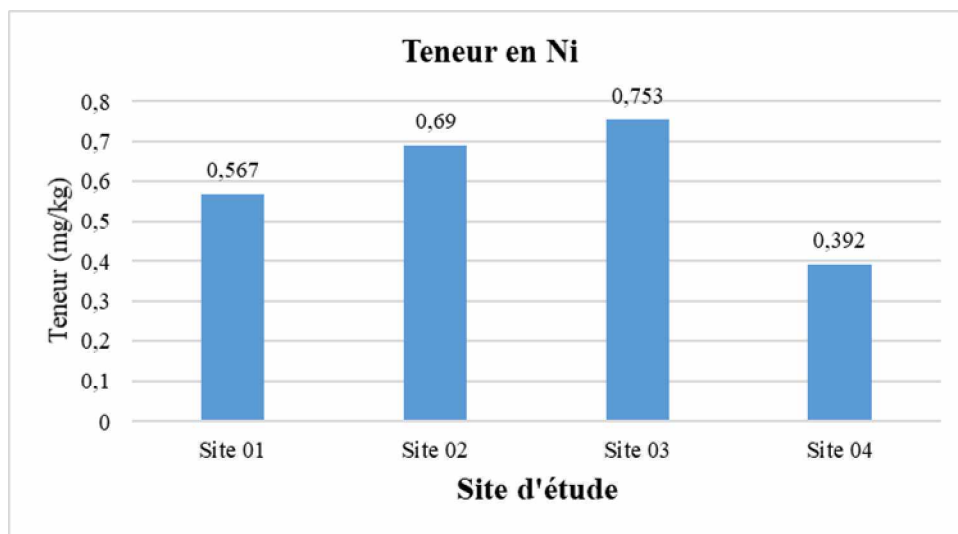


Figure 47: Teneur en nickel(2019).

Les métaux lourds peuvent être présents en quantité faible et très différentes dans les variétés de miels issues de différentes régions. Ainsi, **Yaiche Achour et Khali. (2014)** ont trouvé le nickel avec une moyenne de 0,320 mg/kg, ces résultats concordent avec les nôtres.



Dans d'autres régions dans le monde les valeurs du nickel varient d'un pays à l'autre. En Turquie, des taux allaient de 0,02 à 0,87 mg/kg (**Pehlivan & Gül, 2015**). Dans le nord-ouest de l'Iran, les résultats sont entre 1,09449 et 0,06504 mg/kg (**Aghamirlou et al., 2015**). En Ethiopie, les analyses de miels ont montré des valeurs moyennes de nickel différentes d'une région à une autre, ainsi **Nega et al. (2020)**, ont trouvé des taux de nickel plus au moins faible à les nôtres de l'ordre de 0,14 mg/kg à Debre Markos, 0,12 mg/kg à Bichena et 0,04 mg/kg à Dejen.

L'analyse statistique par le test t nous montre qu'il y a des différences très hautement significatives entre les quatre sites ($t=6,464$; $p=0,007$; ***). La plus forte teneur en nickel est trouvée dans le miel de **site (03) (Pont Blanc)** 0,753 mg/kg tandis que, la plus faible teneur est celle de **site (04) (Cimetière chrétien)** 0,392 mg/kg.

Le nickel peut être trouvé dans certains engrais phosphatés commerciaux, ainsi que dans le fumier animal qui est le principal engrais organique (**Zarić et al., 2015**). Il s'agit de l'un des nombreux métaux traces largement répandus dans l'environnement, rejetés à la fois par des sources naturelles et par des activités anthropiques, provenant de sources fixes et mobiles (**Oroian et al., 2016**). Les résultats des deux **sites (01) et (02)** représentent une forte concentration de cet élément métallique par rapport à d'autres résultats obtenus par d'autres chercheurs à travers le monde. Ce qui peut nous expliquer l'impact de la présence des terres agricoles dans le rayon de butinage des abeilles environ 3 km². En revanche, le **site (03)** représente la plus forte teneur par rapport aux autres échantillons et il n'y a pas des terres agricoles dans le rayon de butinage.

Par ailleurs, **M and E. (2014)** ont évalué la teneur en métaux lourds de plusieurs échantillons de miels grecs et ont croisé plusieurs paramètres géographiques avec les résultats obtenus pour démontrer que les concentrations de certains éléments métalliques comme le nickel. Ils ont une tendance croissante avec l'augmentation de l'altitude au-dessus du niveau de la mer. Ce qui concorde parfaitement avec notre résultat, car la concentration du nickel la plus élevée est celle du plus haut site (**Site.03**) la plaine d'Oued Forcha avec une altitude de 72 mètres au-dessus de la mer.

Enfin, les concentrations de nickel dans les miels se situent entre 0,3 et 1,3 mg/kg. Ces concentrations peuvent être accidentelles ou la plupart du temps naturelles (**Bogdanov, 2004, Yaiche Achour et Khali, 2014**).

5. Teneur en Cuivre :

Les teneurs en cuivre pour l'ensemble des variétés de miels dosées se situent dans l'intervalle de 0,128 mg/kg à 0,277 mg/kg (**Fig.48**).



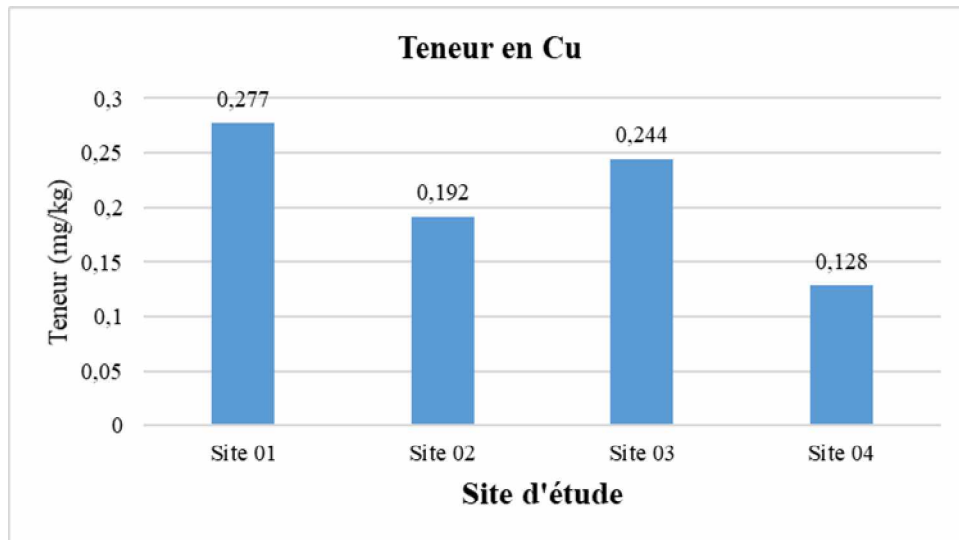


Figure 48: Teneur en cuivre (2019).

Le cuivre est un élément essentiel pour les organismes vivants tel que les plantes, les animaux et les humains. Il joue un rôle important dans de nombreuses réactions enzymatiques (**Zarić et al., 2015**). Nos résultats concordant avec les résultats obtenus par **Nega et ses collaborateurs. (2020)** qui sont de 0,268 à 0,279 mg/kg en Ethiopie et rentrent dans les fourchettes trouvées par d'autres chercheurs. En effet, **Pehlivan & Gül. (2015)** ont trouvé des valeurs allant de 0,01 à 0,36 mg/kg dans le miel mono floral de la Turquie. En Serbie, **Spirić et ses collaborateurs. (2019)** les résultats obtenus sont de 0,09 à 0,92 mg/kg. De plus, les travaux de **Aghamirlou et ses collaborateurs. (2015)** dans le nord-ouest de l'Iran ont trouvé des valeurs de 0,02765 à 2,87274 mg/kg. La présence de cuivre en tant élément métallique essentiel dans l'écosystème est indispensable pour le bon développement des végétaux. Cependant, une absorption excessive de cuivre peut être toxique pour les plantes, affectant leurs croissances, le développement des racines et la mitose (**Zarić et al., 2015**).

D'autre part, nos résultats représentent une faible teneur en cuivre par rapport aux valeurs décrites par **Yaiche Achour et Khali. (2014)**, avec une valeur maximale de 3,22 mg/kg concernant le miel d'eucalyptus de Httatba et une valeur minimale de 2,72 mg/kg cas du miel d'oranger, en plus des résultats obtenus par **Bart et ses collaborateurs. (2020)** de la Roumanie sont trop élevés par rapport à tous les résultats mentionnés auparavant, de 33.00 à 2.00 mg/kg.

Par conséquent, la littérature attribue les concentrations élevées de cuivre à l'utilisation d'engrais, de fongicides et d'insecticides synthétiques (**Zarić et al., 2015**).

Selon nos résultats, la plus forte teneur en cuivre est trouvé dans le miel de **site (01) (Sid Amar)** 0,277 mg/kg tandis que, la plus faible teneur est celle de **site (04) (Cimetière)**



chrétien) 0,128 mg/kg. D'après l'analyse statistique par le test t, le résultat obtenu montre qu'il y a des différences très hautement significatives entre les quatre sites ($t = 6,464$; $p = 0,007$; ***).

Les principaux rejets artificiels de cuivre proviennent des centrales électriques au charbon, de la production des métaux, des incinérateurs de déchets, des processus de traitement des eaux usées et de l'application de produits chimiques agricoles (**Oroian et al., 2016**). Ce qui explique la forte teneur dans le miel de **site (01)**.

6. Teneur en Cadmium :

Les teneurs en Cadmium pour l'ensemble des variétés de miels dosées se situent dans l'intervalle de 0,009 mg/kg à 0,020 mg/kg (**Fig.49**).

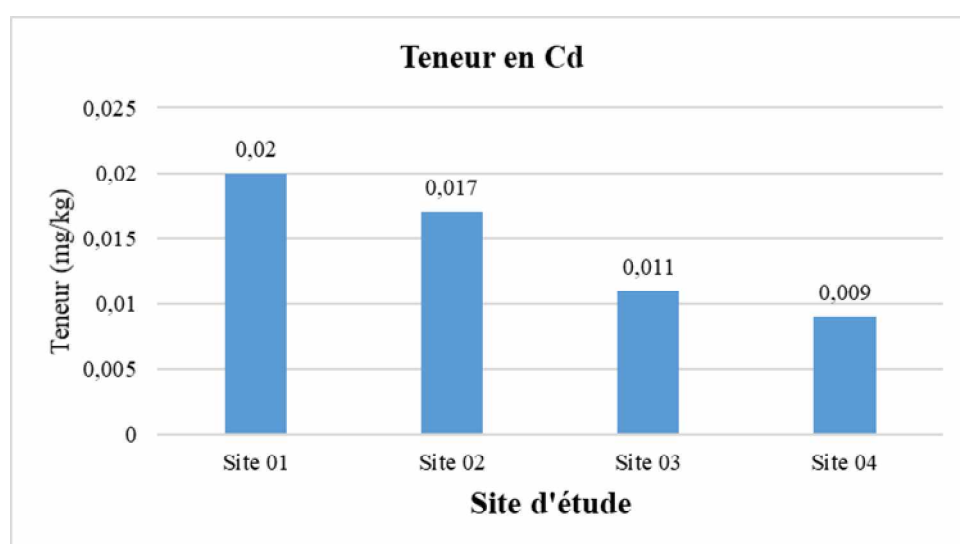


Figure 49: Teneur en Cadmium (2019).

Nos résultats ne sont pas éloignés de ceux détectés par **Yaiche Achour et Khali. (2014)**, dont les valeurs varient de 0,018 à 0,019 mg/kg.

Nos données rentrent dans la fourchette des résultats trouvés dans le nord-ouest de l'Iran avec des valeurs allant de 0,12588 à 0,00136 mg/kg (**Aghamirlou et al., 2015**), ainsi que ceux trouvés dans le miel Marocain mono floral d'euphorbe dans plusieurs localités avec des valeurs inférieures à 0.015 (mg/kg) (**Moujanni et al., 2017**).

Par contre les taux de cadmium détectés dans le miel de Turquie selon **Pehlivan & Gül. (2015)** sont largement inférieurs aux nôtres avec des résultats allant de 0.00023 à <0.0001mg/kg.

Le cadmium peut être présent dans le miel avec des valeurs beaucoup plus importantes comme pour le miel poly-floral de Roumanie qui contenait 3,81 à 0,05 mg/kg (**Bartha et al., 2020**).



L'analyse statistique par le test t nous montre qu'il y a des différences hautement significatives entre les 4 sites ($t=5,562$; $p=0,011$; ***). Ce qui explique que la présence de cet élément métallique est due principalement aux activités industrielles dans la région. La plus grande valeur est de 0,02 mg/kg du **site (01) (Sidi Amar)** le plus proche de zones industrielles (El Hadjar - Sidi Amar), suivi par celui du **site (02) (Chabbia)** dont la présence de la zone industrielle (El Bouni), suivi par celle de **site 03 (Pont Blanc)** et la plus faible est celle de **site (04) (Cimetière chrétien)** de 0,009 mg/kg.

Donc, la présence du cadmium avec des taux élevés dans le miel est la preuve qu'il y a un véritable problème de pollution car le cadmium n'est pas présent dans l'écosystème naturellement à de telles fortes concentrations.

Le cadmium provenant d'industries métallurgiques et d'incinérateurs, est transporté du sol aux plantes et peut alors contaminer le nectar et le miellat. Seule une petite partie du cadmium pourrait atteindre le miel par voie aérienne, principalement à proximité des incinérateurs (**Bogdanov, 2006**).

Dans notre cas les taux de cadmium obtenus ne représentent pas un danger. D'après la recherche, il n'existe pas de limites maximales résiduelles spécifiques au cadmium pour le miel, mais une valeur de 0,1 mg/kg a été proposée par l'Union Européenne (**Bogdanov, 2006**). Nos résultats restent inférieurs à la limite fixée par l'Union Européenne.



3. Teneur en métaux lourds en période de COVID-19 :

En décembre 2019, des cas souffrant d'une pneumonie inconnue ont été identifiés pour la première fois à Wuhan, en Chine. De ce fait, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a donné le nom officiel de la maladie épidémique: coronavirus 2019 (COVID-19) le 11 février 2020. Après cette première épidémie à Wuhan, plusieurs épidémies communautaires se sont produites en février dans des pays hors de Chine, comme la Corée du Sud, l'Italie, l'Allemagne et l'Espagne (**Fu et al.2020**). En Algérie, le premier cas de la maladie (COVID-19) a été signalé le 25 février 2020. Depuis, la maladie a progressé rapidement et le nombre de cas augmente de façon exponentielle chaque jour (**Moussaoui & Auger, 2020**).

La pandémie de COVID-19 a considérablement affecté la société humaine, y compris les soins de santé, les structures économiques et les relations sociales. Une réponse mondiale qui comprend des fermetures d'entreprises et une distanciation sociale a eu des conséquences régionales sans précédent (**Berman & Ebisu, 2020**). Des restrictions sont imposées sur la fermeture des usines, d'écoles, des centres commerciaux, bloquant les transports publics et les événements sportifs. Ce blocage soudain de toutes les activités anthropiques mondiales a considérablement amélioré la qualité de l'environnement (**Scivicco et al., 2022**).

Par conséquent, la pollution de l'air dans plusieurs villes du monde a diminué comme le cas des grandes villes en Malaisie (**Othman & Latif, 2021**). Les résultats de **Fu et ces collaborateurs. (2020)**, indiquent une baisse significative de quantité des polluants atmosphérique : NO₂, SO₂, CO et les particules en suspension dans vingt grandes villes sur six continents dans le monde. Selon **Tobías et ces collaborateurs. (2020)**, un mois seulement après le début de l'épidémie en Espagne plus précisément à Barcelone une amélioration dans la qualité d'aire a été observé dû au mesure de confinement prise par les autorités espagnole. D'autres résultats montrent qu'il existe une association significative entre les mesures d'urgence et l'amélioration de la qualité de l'air, la propreté des plages et la réduction du bruit ambiant (**Zambrano-Monserrate et al., 2020**).

En Algérie comme tous les pays touché par cette épidémie (COVID-19) des mesures sécuritaire sont appliqué dans le but d'éviter une situation catastrophique et pour limiter l'exposition au virus, des mesures de « confinement partiel » donc ont été imposées à certaines villes ayant signalé le plus grand nombre de cas contaminés (**Moussaoui & Auger, 2020**). Malheureusement, y'a pas assez de données au niveau national qui prouve la baisse des émissions anthropique suite à ces mesures de confinement (confinement partiel de la



population, la réduction des transports public et les activités industrielle). Seulement, une enquête menée à l'ouest de pays montre une baisse de la pollution par le NO₂ pendant le confinement à Oran (**Rahal et al., 2021**).

Nous avons eu la chance d'avoir des résultats pendant la pandémie et les comparer avec celle de l'année précédente (2019). Car de nombreuses études soulignent les effets positifs sur la qualité de l'eau et de l'air pendant le confinement lié au Covid-19, en comparant le pourcentage des contaminants trouvés avant et pendant le confinement (**Scivico et al., 2022**).

Dans l'optique de confirmer cette hypothèse à petite échelle dans la région d'Annaba. Une comparaison entre les résultats des deux ans sera utile pour évaluer l'utilité des produits de la ruche dans la surveillance environnementale et voir l'effet positif de la pandémie du (COVID-19) sur la qualité d'air dans la région.

Nous avons déjà des données sur l'état de la pollution dans la zone d'étude de l'année (2019) on les comparant avec celle de l'année suivante et faire la comparaison car les ruche sont au même endroit avec le même contexte d'étude (aucun traitement chimique ou antibiotique) seulement du sirop de sucre au cours de la saison froide et les échantillons sont prises après la pose des hausses au cours de la miellé.

1. Teneur en Cuivre :

Les teneurs en Cuivre pour l'ensemble des variétés de miels dosées se situent dans l'intervalle 0,183 mg/kg à 0,056 mg/kg (**Fig.50**).

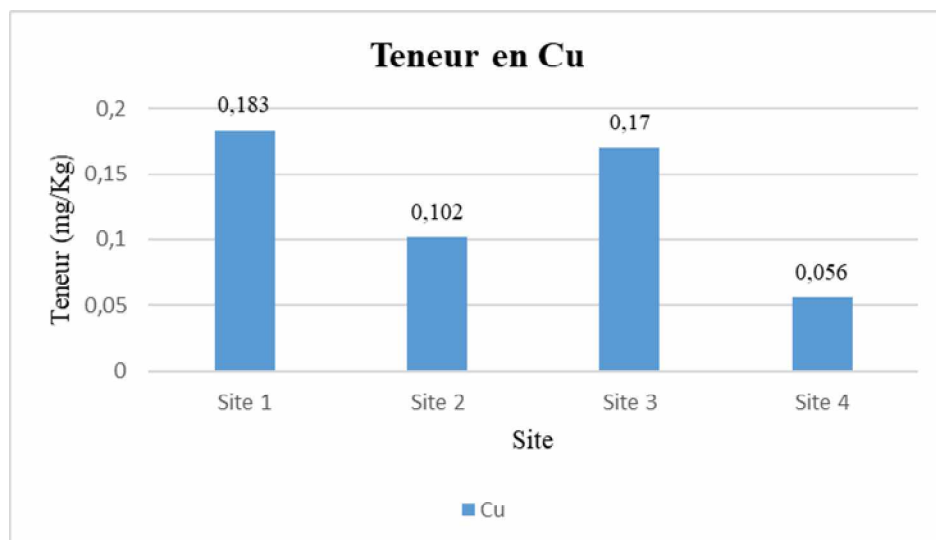


Figure 50: Teneur en Cuivre (2020).

Le cuivre est parmi les éléments métalliques essentiels pour le bon développement des végétaux (**Zarić et al., 2015**) ce qui explique sa présence dans le sol .



Cependant, les principales sources artificielles de cuivre proviennent de la combustion pour la production d'électricité, station d'épuration des eaux usées et les produits chimiques à usage agricole (Oroian *et al.*, 2016). De plus, la présence de cuivre dans les zones urbaines est généralement due aux activités anthropiques et industrielles. Les plaquettes de frein des véhicules constituent une source importante de cuivre (Zarić *et al.*, 2015).

La valeur la plus élevée sur l'ensemble dans nos échantillons est celle de **site (01) (Sidi Amar)** 0,183 mg/kg et la plus faible valeur est celle de **site (04) (Cimetière chrétien)** 0,056 mg/kg. Les niveaux moyens de cuivre dans les échantillons étudiés ne dépassaient pas la limite établie par la Commission du *Codex Alimentarius*, soit 5 mg/Kg fixé par le *codex Alimentarius* (Codex Alimentarius, 2001).

L'analyse statistique par le test t nous montre des différences significatives entre les quatre sites ($t=4,288$; $p=0,0233$; *). Cela est dû à l'éloignement de la principale source de pollution de la région, à savoir le complexe métallurgique El-Hadjar. En outre, les résultats obtenus concordent avec les résultats de l'année précédente (2019). Car les concentrations de ce métal ont tendance à diminuer en dehors des zones industrielles (El-Hadjar – Sidi Amar).

Les autorités de la ville d'Annaba ont pris des mesures sécuritaires et préventives pour faire face à la pandémie de Covid-19, notamment le confinement partiel et une réduction du nombre des heures de travail. Bien entendu, cela affecte la capacité des activités industrielles dans la région.

La comparaison faite entre les résultats 2020 et 2019 montre qu'il y a une diminution de concentration de cet élément métallique (Fig.51).

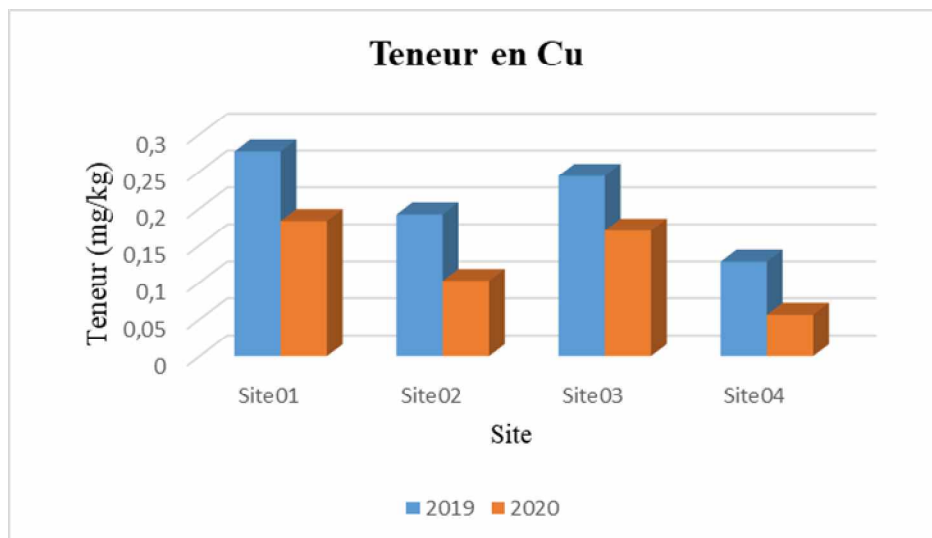


Figure 51: Teneur en Cuivre (2019-2020).

L'analyse statistique par le test t nous donne des différences hautement significatives ($t=14,84$; $p=0,0007$; ***). De nombreuses études soulignent les effets positifs sur



la qualité de l'eau et de l'air pendant le confinement lié au Covid-19, en comparant le pourcentage de contaminants trouvés avant et pendant le confinement (**Scivicco *et al.*, 2022**).

Ce qui concorde avec nos résultats les teneurs en cuivre ont baissé par rapport à l'année précédente à cause de la diminution des activités industrielles dans la région et principalement celle du complexe métallurgique El Hadjar, le principal pollueur dans la région.

2. Teneur en Cadmium :

Les teneurs en Cadmium pour l'ensemble des échantillons de miels dosées se situent dans l'intervalle 0,007 mg/kg à 0,004 mg/kg (**Fig.52**).

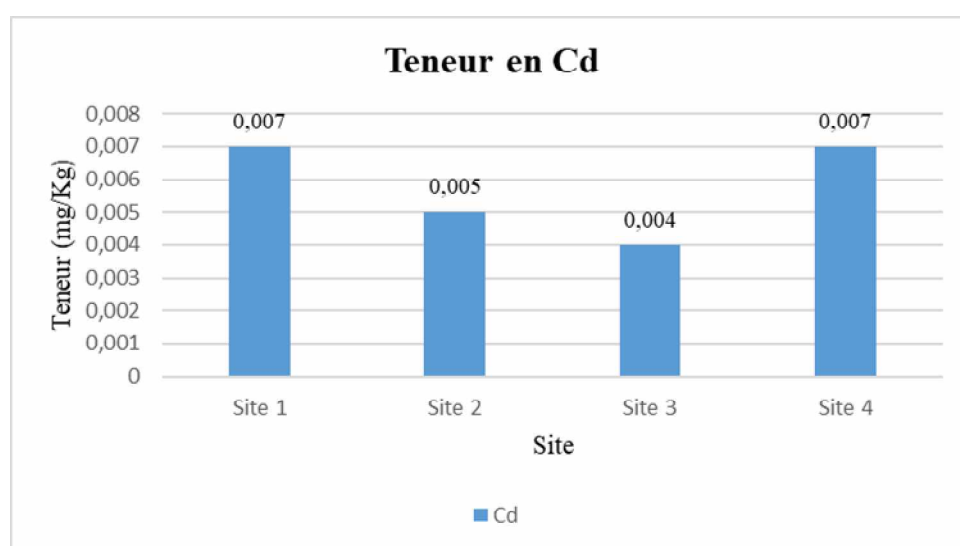


Figure 52: Teneur en Cadmium(2020).

Le cadmium est l'un des métaux lourds les plus dangereux en raison de sa grande mobilité dans l'écosystème et ses effets négative sur les plantes à des faibles concentrations (**Ruschioni *et al.*, 2013**). Généralement, les plantes absorbent les métaux essentiels comme micronutriments pour maintenir leur croissance tels que le fer et le zinc mais, de manière inappropriée, d'autres métaux non essentiels tels que le plomb et le cadmium sont absorbés par les plantes et s'accumulent dans les racines et leurs parties comestibles (**Bouida, L *et al* .2022**).Ce qui explique que malgré la diminution des activités industrielles pendant le confinement. Ce métal est bien présent.

L'analyse statistique par le test t nous donne des différences très significatives entre les 4 sites ($t=7,667$; $p=0,0046$; **). La valeur la plus élevée est 0,007 mg/kg pour les deux sites : **site 01 (Sidi Amar)** et le **site 04 (Cimetière chrétien)** et la plus faible est 0,004 mg/kg pour le **site 03 (Pont Blanc)**.



Le dépôt atmosphérique a été détecté comme étant l'un des principales voies de contamination du cadmium et du plomb dans le système sol-plante, en raison des produits chimiques émis par différents sites d'usines industrielles. Ensuite, les métaux vont attacher à des petites particules dans l'air et se propage à grande échelle et pénètre dans différents compartiments de l'environnement (**Bouida *et al.*, 2022**).

La comparaison faite entre les résultats 2020 et 2019 montre qu'il y a une diminution de concentration de cet élément métallique (**Fig.53**).

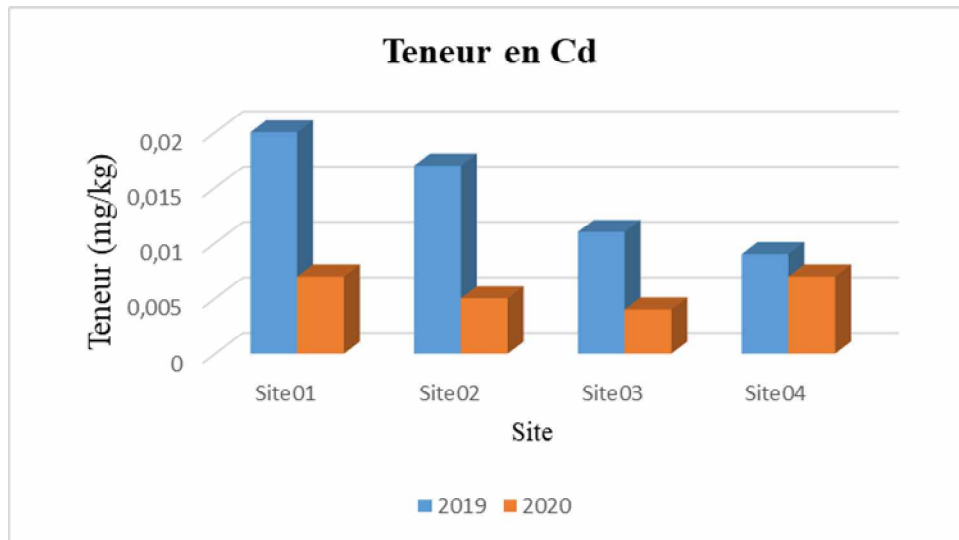


Figure 53: Teneur en Cadmium (2019-2020).

L'analyse statistique par le test t nous donne des différences significatives entre les 4 sites des deux périodes ($t=3,356$; $p=0,0439$; *).

Les activités humaines produisent des contaminants dont la quantité et la toxicité dépassent souvent la capacité homéostatique de l'environnement à se nettoyer (**Bargańska *et al.*, 2016**).

Cela explique pourquoi, malgré la diminution des activités anthropiques pendant la pandémie de Covid-19, le cadmium est toujours présent, bien que les résultats obtenus soient encore faibles par rapport à la limite fixée par le codex. Cela explique pourquoi il existe plusieurs sources de cet élément toxique et que sa mobilité dans l'écosystème est tout à fait remarquable.



*CONCLUSION ET
PERSPECTIVES*



VI. Conclusion :

Nos résultats des paramètres physicochimiques (pH, acidité libre, teneur en eau et teneur en sucre) néanmoins, aucun des miels n'a dépassé la limite autorisée établie par la directive de la Communauté européenne (**Conseil de l'Union européenne, 2002**) et les normes proposées par le *Codex Alimentarius* (**2001**).

Les résultats obtenus montrent des concentrations de métaux lourds dans le miel qui ont une tendance à la baisse en s'éloignant de la zone industrielle.

D'après nos résultats l'élément le plus abondant est le **Fe** avec une concentration moyenne de $6,956 \pm 2,045$ (mg/kg), suivi par le **Zn** : $2,299 \pm 1,633$ (mg/kg), suivi par le **Cr** : $0,765 \pm 0,197$ (mg/kg), le **Ni** : $0,6005 \pm 0,159$ (mg/kg), le **Cu** : $0,21025 \pm 0,065$ (mg/kg) et le **Cd** : $0,01425 \pm 0,005$ (mg/kg).

A partir de ces résultats, on peut établir une image assez claire de la présence d'une véritable pollution dans la région d'étude causée par la présence industrielle dans la wilaya d'Annaba.

Le **Zinc**, le **Fer** et le **Cuivre** sont des oligo-éléments essentiels au développement des organismes vivants et les résultats obtenus ne représentent pas les véritables niveaux naturellement présents dans l'environnement. De plus, l'apport anthropique de ces éléments provenant de plusieurs sources nécessite plusieurs échantillons des différentes parties de l'écosystème pour obtenir des résultats suffisants pour tirer des conclusions concrètes.

En revanche, le **Nickel** s'agit de l'un des métaux traces essentiel pour plusieurs espèces animales, végétales et des micro-organismes, largement répandus dans la nature rejetés par des sources naturelles et industrielles. Les résultats montrent que la concentration de ce métal a une tendance croissante avec l'augmentation de l'altitude au-dessus du niveau de la mer.

Quant à la concentration du **Chrome** les résultats obtenus dans ce travail montrent que les rejets atmosphériques et liquides du complexe sidérurgique d'El Hadjar sont la principale source.

Enfin, la présence du **Cadmium** représente un véritable danger pour les différents êtres vivants (flore, faune) ainsi que pour la santé publique. Les concentrations obtenues ne représentent pas le véritable taux puisque certains auteurs déclarent que l'abeille filtre les métaux lourds de l'environnement (**Devillers et Pham-Delegue., 2002 ; Lequet. 2010**) car elle possède un système de détoxification qui lui permet d'éliminer une partie des polluants rencontrés lors de son parcours pour s'alimenter. Donc une étude approfondie sur d'autres



produits de la ruche et sur l'abeille nous permettrait d'avoir une image bien détaillée sur l'état et le niveau de la pollution dans la région.

D'après **Kadem. (2005)**, les aciéries électriques 1 et 2 du complexe d'El-Hadjar sont les principales sources des émissions atmosphériques chargées de poussières de métaux lourds tels que (Fe, Cu, Ni, Mn, Cr, Zn, Pb, etc.) qui dépassent parfois les taux autorisés par l'OMS.

D'autres études portent sur l'évaluation de la pollution des ressources hydriques dans la région d'Annaba. Les échantillons prélevés à Oued Forcha, Oued Sidi Harb, Oued Bouhdid et Oued Boudjemaa montrent de fortes concentrations en métaux lourds (Cr, Fe, Pb, Ni, Zn, Mn) provenant principalement des rejets liquides de quelques entreprises dans la région qui rejettent ces déchets dans les oueds ou à proximité du lac Fetzara (**Amirat. 2012**).

D'après **Belabedet ces collaborateurs.(2017)**, le complexe sidérurgique d'El-Hadjar est à l'origine de la présence de Fe, Zn, Cu, Cd, Mn et Ni dans les eaux de surface et les sédiments supérieurs du réseau hydrologique régional.

La comparaison faite entre les résultats(2020) et (2019) montre qu'il y a une diminution de concentration des éléments métalliques **Cuivre** et **Cadmium** dans la région ce qui prouve les effets positifs sur la qualité de l'eau et de l'air pendant le confinement lié au Covid-19 et l'utilité d'utiliser les abeilles et ces produits pour la surveillance environnementale. De plus, malgré la diminution des activités anthropiques pendant la pandémie de Covid-19, les métaux lourds sont toujours présentes. Bien que, nos résultats ne dépassent pas la limite fixée par le codex. Cela explique qu'il existe plusieurs sources de ces éléments métalliques et leurs mobilité dans l'écosystème est tout à fait remarquable.

De ce fait, la région d'Annaba est une zone à haut risque de contamination aux métaux lourds, cependant les échantillons de miel analysés étaient de bonne qualité et rentraient dans le champ des normes imposées par l'Union européenne et l'OMS.

Cette étude montre la composition chimique des éléments métallique dans les échantillons de miel de quatre sites de la ville d'Annaba. Les données obtenues à partir de cette étude ne permettent pas de tirer des conclusions spécifiques concernant l'ampleur de la bioaccumulation du Zinc, Fer, Chrome, Nickel, Cuivre et du cadmium dans l'environnement, mais a montré la capacité des abeilles à être utilisé pour détecter les concentrations des métaux dans les produits de la ruche. Ces insectes sont capables de détecter un signal précoce de changements des conditions environnementales et pourraient être un moyen intéressant d'évaluer les changements anthropiques sur de longues périodes.



Pour conclure, le miel le moins pollué lors de notre étude était le miel du **site 04 (le cimetière chrétien)**, ce qui indique que même si les écosystèmes urbains ont tendance à être plus pollués que les autres écosystèmes, la ville d'Annaba n'a pas été significativement affectée par la pollution. D'une manière générale, l'écosystème urbain de la ville d'Annaba est peut-être pollué, mais les abeilles urbaines se sont adaptées à cette pollution et ont pu détoxifier leur miel, ce qui tend à renforcer la théorie de la capacité de cette espèce à s'adapter aux conditions urbaines, et on peut ainsi parler d'urbanité apicole.



VII. Perspectives :

La densité de la population humaine vivant actuellement dans les villes souligne l'importance de ce type d'écosystème, d'une part en termes de son impact sur les écosystèmes environnants et d'autre part les bénéfices écologique positifs qui peuvent être obtenus grâce à une gestion durable des villes. L'écosystème urbain est plus fonctionnel et plus riche en biodiversité qu'on ne le pensait auparavant. Le paysage hétérogène des écosystèmes urbains crée une mosaïque d'habitats potentiels présentant des caractéristiques écologiques que l'on retrouve dans toute la ville.

Les habitats hétérogènes des milieux urbains offrent de nombreuses possibilités du côté de diversité végétales riches en pollen et en nectar. En d'autres termes, les environnements urbains peuvent fournir une alimentation pollinique abondante et diversifiée, adaptée aux pollinisateurs généralistes tels qu'*Apis mellifera* et à d'autres pollinisateurs sauvages.

On peut dire qu'en période de déclin mondial des pollinisateurs, les zones urbaines ont apporté d'importante contribution à la conservation des pollinisateurs. Bien que, les ressources présentent dans les paysages urbains peuvent ne pas être équivalentes à l'habitat sauvage en termes de qualité globale, de taille de parcelle, de diversité et de répartition des ressources, mais elles peuvent avoir un sous-ensemble de caractéristiques appropriées qui permettent à certaines espèces de coloniser et de se reproduire. Cela puisse être une nouvelle encourageante au regard des perspectives d'urbanisation future.

Alors que, les populations urbaines vivent de plus en plus déconnectées de la nature, les programmes de conservation urbaine et la pratique de l'apiculture urbaine pourraient aider les gens à se reconnecter et à se sensibiliser à la conservation de la biodiversité en général.

Les études focalisées sur l'étude de la valorisation de ce genre d'écosystème comme la nôtre consiste à intégrer consciemment ces connaissances dans la construction et la conception verte écologiques des futures villes. Avec l'utilisation des démarches et des techniques appropriées pour améliorer la biodiversité fonctionnelle. Généralement, les conceptions écologiques prennent en compte les besoins humains dans l'environnement bâti, ces conceptions doivent aussi prendre en compte les besoins des organismes qui constitueront la communauté écologique de la ville.

Au final, ces résultats préliminaires obtenus dans le cadre de cette étude ouvrent certaines perspectives d'étude qu'il serait judicieux de les prendre en compte :



- ✚ Poursuivre cette étude sur plusieurs sites afin de réunir le maximum d'information sur les niveaux de contamination par les métaux lourds dans les zones urbaines Algériennes.
- ✚ Adapter une stratégie d'échantillonnage au cours de différentes périodes de l'année de manière à mieux déterminer et suivre les sources et les niveaux de contamination par les métaux lourds.
- ✚ Associer les études sur le dosage des métaux lourds dans le miel à ceux des abeilles butineuses et le reste des produits de la ruche tel que : pollen – propolis – cire – gelée royale.
- ✚ Penser à mettre en place un réseau de surveillance de la qualité d'aire pour le suivi des métaux lourds et l'utilisation des abeilles et ces produits comme un moyen complémentaire de bio-surveillance.
- ✚ Il est également recommandé que de futures études soient menées sur d'autres paramètres pour déterminer la qualité du miel urbain, tels que : la teneur en protéines, en glucides, en proline, en acide ascorbique et en activité diastase dans le miel.
- ✚ Il est recommandé aux autorités, en collaboration avec les parties prenantes concernées (apiculteurs professionnels), de promouvoir les bonnes pratiques apicoles. Cela permettra d'éviter certaines pratiques de falsification du miel et de leur contamination.



VIII. Résumé :

Résumé :

L'abeille domestique (*Apis mellifera*) fait partie des insectes essentiels au maintien de la biodiversité et des écosystèmes. Elle a fait l'objet de nombreuses recherches ces dernières années en raison de l'importance des colonies d'abeilles gérées pour l'économie et l'environnement. Elle est considérée comme l'un des pollinisateurs majeurs, influençant les relations écologiques et la diversité génétique de la communauté végétale ainsi que le maintien et la stabilité des écosystèmes.

Cependant, les colonies d'abeilles mellifères sont en déclin drastique dans le monde entier, en grande partie à cause de la fragmentation de l'habitat et de la perte résultant de l'urbanisation et de l'intensification agricole, suscitant des inquiétudes quant à la protection de cette espèce, essentielle au bien-être humain et à la sécurité alimentaire mondiale.

Alors que les populations d'abeilles diminuent à l'échelle mondiale, l'intérêt mondial pour la préservation de la biodiversité urbaine et l'apiculture urbaine augmente, les villes étant considérées comme des refuges pour les pollinisateurs en raison de leur faible exposition aux pesticides et de leur grande diversité florale tout au long de l'année. De plus, l'apiculture urbaine a gagné en importance en raison de son rôle dans la conservation de la biodiversité, la production alimentaire et le renforcement des communautés dans les zones urbaines.

Le but de cette étude est de déterminer les effets de l'urbanisation sur la santé des abeilles domestiques et de déterminer si les environnements urbains ont un potentiel en tant que sites de conservation. De plus, l'étude des colonies d'abeilles domestiques accessibles et contrôlables comme modèles d'étude constitue un outil puissant pour améliorer la compréhension de l'écologie des pollinisateurs sauvages dans les milieux urbains.

Cette étude vise à comparer les propriétés physico-chimiques et les teneurs des métaux lourds du miel provenant des quatre sites sélectionnés en fonction des différences degrés d'urbanisation.

Notre étude a été menée dans l'extrême Nord-Est du Tell algérien dans la ville d'Annaba ; des colonies d'abeilles ont été placées et maintenues de l'hiver (Décembre 2018) à l'été (Août 2021) dans le même rucher. Un échantillon de miel a été prélevé à la fin de l'été de chaque année. Le type des ruches utilisé dans ce travail est du type Langstroth. C'est le plus répandu en Algérie pour ces caractéristiques. Toutes ces ruches sont exemptées de tout traitement chimique pour ne pas interférer avec les résultats d'analyses. Les colonies



d'abeilles (*Apis mellifera intermissa*) ont été conservées pendant toute la période dans le même rucher.

Dans cette étude nous avons opté pour des paramètres physicochimiques les plus courantes pour l'évaluation de la qualité du miel. Les résultats de l'humidité, teneur en sucre (Brix), pH et de l'acidité libre ont été trouvés de bonne qualité et se situaient dans la fourchette acceptable des normes mondiales et le *Codex Alimentarius*.

Les résultats de dosage des métaux lourds (Zinc, Fer, Chrome, Nickel, Cuivre et Cadmium) indiquent que leurs concentrations montrent des différences selon l'emplacement des sites et de leurs caractéristiques (la flore, la présence ou l'absence de source de pollution fixe et mobile, ainsi que le degré d'urbanisation). Ces résultats montrent qu'il existe une pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba. Malgré, que les concentrations n'excèdent pas les limites fixées par les normes internationales.

De nombreuses études soulignent les effets positifs sur la qualité de l'eau et de l'air pendant le confinement lié au Covid-19, en comparant les teneurs des contaminants trouvés avant et pendant le confinement. Une comparaison des résultats obtenus pendant la pandémie Covid-19 ont permis de savoir l'utilité du miel pour la surveillance environnementale.

Dans notre cas nous avons fait la comparaison des teneurs de cuivre et de cadmium et les résultats montrent qu'il y a une diminution de concentration de ces éléments métalliques. Ce qui confirme les effets positifs sur la qualité de l'eau et de l'air pendant le confinement lié au Covid-19.

Les résultats de cette étude ont montré la possibilité d'utiliser les abeilles domestique pour détecter les concentrations de métaux lourds à travers l'analyse de ces produits. Par ailleurs, nos résultats indiquent que l'environnement urbain d'Annaba ne représente pas un risque majeur pour les abeilles domestique et leurs produits si les bonnes pratiques apicoles sont respectées.

Abstract:

The domestic bee (*Apis mellifera*) is one of the insects essential to maintaining biodiversity and ecosystems. It has been the subject of much research in recent years due to the importance of managed bee colonies for the economy and the environment. It is considered one of the major pollinators, influencing ecological relationships and the genetic diversity of the plant community as well as the maintenance and stability of ecosystems.

However, honeybee colonies are in drastic decline worldwide, largely due to habitat fragmentation and loss resulting from urbanization and agricultural intensification, raising



concerns about the protection of this species, which is essential to human well-being and global food security.

As the honeybee populations decline globally, global interest in urban biodiversity conservation and urban beekeeping is increasing, with cities considered pollinator havens due to their low pesticide exposure and high floral diversity throughout the year. Additionally, urban beekeeping has gained importance due to its role in biodiversity conservation, food production, and community building in urban areas.

The aim of this study is to determine the effects of urbanization on honeybee health and to determine whether urban environments have potential as conservation sites. Furthermore, the study of accessible and controllable honeybee colonies as study models provides a powerful tool to improve understanding of wild pollinator ecology in urban environments.

This study aims to compare the physicochemical properties and heavy metal contents of honey from the four selected sites according to the different degrees of urbanization.

Our study was conducted in the extreme north-east of the Algerian Tell in the city of Annaba; bee colonies were placed and maintained from winter (December 2018) to summer (August 2021) in the same apiary. A honey sample was taken at the end of summer each year. The type of hives used in this work is of the Langstroth type. It is the most widespread in Algeria for these characteristics. All these hives are exempt from any chemical treatment so as not to interfere with the analysis results. The bee colonies (*Apis mellifera intermissa*) were kept throughout the period in the same apiary.

In this study we opted for the most common physicochemical parameters for the evaluation of honey quality. The results of moisture, sugar content (Brix), pH and free acidity were found to be of good quality and were within the acceptable range of the global *Codex Alimentarius* standards.

The results of the dosage of heavy metals (Zinc, Iron, Chromium, Nickel, Copper, and Cadmium) indicate that their concentrations show differences depending on the location of the sites and their characteristics (flora, presence or absence of fixed and mobile pollution sources, as well as the degree of urbanization). These results show that there is pollution by heavy metals in the Annaba region. Despite the fact that the concentrations do not exceed the limits set by international standards.

Numerous studies highlight the positive effects on water and air quality during Covid-19 confinement, by comparing the levels of contaminants found before and during



confinement. A comparison of the results obtained during the Covid-19 pandemic has made it possible to know the usefulness of honey for environmental monitoring.

In our case we compared the levels of copper and cadmium content of the both years. The results show that there is a reduction in the concentration of these metallic elements. Which confirms the positive effects on water and air quality during the Covid-19 lockdown.

The results of this study showed the possibility of using honeybees to detect heavy metal concentrations through the analysis of these products. Moreover, our results indicate that the urban environment in Annaba does not represent a major risk to honeybees and their products if good beekeeping practices are followed.



المخلص:

النحل العسل (*Apis mellifera*) هو أحد الحشرات الضرورية للحفاظ على التنوع البيولوجي والنظم البيئية. فقد كان موضوع العديد من الأبحاث في السنوات الأخيرة بسبب أهميتها الاقتصادية والبيئية. كما يعتبر أحد الملقحات الرئيسية للنباتات، حيث يؤثر على العلاقات البيئية والتنوع الوراثي للمجتمع النباتي وكذلك في الحفاظ على النظم البيئية واستقرارها.

ومع ذلك، فإن مستعمرات نحل العسل تشهد انخفاضاً حاداً في جميع أنحاء العالم، ويرجع ذلك إلى حد كبير إلى تجزئة الموائل الطبيعية وفقدانها نتيجة التوسع الحضري والتكثيف الزراعي، مما يثير المخاوف بشأن حماية هذا النوع من الكائنات الحية، الضرورية لعيش الإنسان والأمن الغذائي العالمي.

مع انخفاض أعداد النحل على مستوى العالم، يتزايد الاهتمام العالمي بالحفاظ على التنوع البيولوجي الحضري وتربية النحل في المناطق الحضرية، حيث يُنظر إلى المدن على أنها ملاذ للملقحات بسبب انخفاض استعمال المبيدات الحشرية وتنوع أزهارها الكبير على مدار العام. بالإضافة إلى ذلك، اكتسبت تربية النحل في المناطق الحضرية أهمية بسبب دورها في الحفاظ على التنوع البيولوجي وإنتاج الغذاء وبناء الروابط الاجتماعية في المناطق الحضرية.

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد آثار التحضر على صحة نحل العسل وتحديد ما إذا كانت البيئات الحضرية لديها الإمكانية في الحفاظ عليها. بالإضافة إلى ذلك، فإن دراسة مستعمرات نحل العسل التي يمكن الوصول إليها والتحكم فيها كنماذج دراسية توفر أداة قوية لتحسين فهم بيئة الملقحات البرية في البيئات الحضرية.

أجريت دراستنا في أقصى الشمال الشرقي للتلل الجزائري في مدينة عنابة؛ تم وضع خلايا النحل وصيانتها من الشتاء (ديسمبر 2018) إلى الصيف (أغسطس 2021) في نفس المنحل. تم أخذ عينات من العسل في نهاية فصل الصيف من كل عام. كما إن نوع خلايا النحل المستخدمة في هذا البحث هو نوع لانجستروث الأكثر انتشاراً في الجزائر من أجل خصائصه. كما أن جميع الخلايا لم يتم معالجتها كيميائياً حتى لا تتعارض مع نتائج التحليل. وتم الاحتفاظ بخلايا النحل (*Apis mellifera intermissa*) طوال الفترة في نفس المنحل.

في هذه الدراسة اخترنا المعايير الفيزيائية والكيميائية الأكثر شيوعاً لتقييم جودة العسل، وقد وجدنا أن نتائج الرطوبة ومحتوى السكر (Brix) ودرجة الحموضة (pH) والحموضة الحرة كانت ذات نوعية جيدة وكانت ضمن النطاق المقبول للدستور الغذائي المعايير الغذائية.

تشير نتائج جرعات المعادن الثقيلة (الزنك والحديد والكروم والنيكل والنحاس والكاميوم) في العسل إلى أن تركيزها تظهر اختلافات من موقع إلى آخر حسب خصائصها (وجود أو عدم النباتات، وجود مصدر التلوث الثابت والمتحرك وكذلك درجة التحضر). وتشير هذه النتائج إلى وجود تلوث بالمعادن الثقيلة في منطقة عنابة على الرغم من أن التركيزات لا تتجاوز حدود المعايير الدولية.

تسلط العديد من الدراسات الضوء على الآثار الإيجابية على جودة المياه والهواء خلال فترة الحجر بسبب فيروس كورونا، من خلال مقارنة مستويات الملوثات الموجودة قبل وأثناء الحجر الصحي، وكشفت مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها خلال جائحة كوفيد-19 عن دور العسل في المراقبة البيئية.

في هذه الحالة قمنا بمقارنة محتويات النحاس والكاميوم في عينات العسل وأظهرت النتائج أن هناك انخفاض في تركيز هذه العناصر المعدنية. مما يؤكد الآثار الإيجابية على جودة المياه والهواء خلال فترة الحجر خلال جائحة كورونا.



تظهر نتائج هذه الدراسة إمكانية استخدام نحل العسل للكشف عن تراكيز المعادن الثقيلة من خلال تحليل منتجاتها. علاوة على ذلك، تشير نتائجنا إلى أن البيئة الحضرية في عنابة لا تمثل خطرا كبيرا على نحل العسل ومنتجاته إذا تم احترام ممارسات تربية النحل الجيدة.



IX. Références bibliographique :

Abrol, DP. (2013). Beekeeping: A comprehensive guide to bees and beekeeping. Scientific publishers, Jodhpur, p 499.

Alberti, M., Marzluff, J. M., Shulenberger, E., Bradley, G. A., Ryan, C. R., & ZumBrunnen, C. (2003). Integrating Humans into Ecology: Opportunities and Challenges for Studying Urban Ecosystems. *BioScience*, 53(12), 1169.

[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053)

Alberti, M., Marzluff, J.M., Shulenberger, E., Bradley, G., Ryan, C. & Zumbrunnen, C. (2008) Integrating humans into ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems. *Urban Ecology* (eds J .M .Marzluff, E. Shulenberger, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, U. Simon & C. Zum Brunnen), pp. 143-158. Springer US.

Aghamirlou, H. M., Khadem, M., Rahmani, A., Sadeghian, M., Mahvi, A. H., Akbarzadeh, A., & Nazmara, S. (2015). Heavy metals determination in honey samples using inductively coupled plasma-optical emission spectrometry. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s40201-015-0189-8>

Amirat, S. (2012). Diagnostic de la pollution des ressources hydriques et EDR Santé dans les sous bassins versants du Sud-Est de l'Edough. Thèse pour l'obtention du diplôme de Magister en Hydrogéologie, à l'université Badji Mokhtar-Annaba. 117p.

ANDI. (2015). Agence Nationale de Développement de l'Investissement Wilaya d'Annaba. Pdf. 24p.

Angeoletto, F. (2020). It is important that medium-sized places have the resources to improve the ecological quality of their growth: Interview with Dr. Steward T. A. Pickett. *Terr@Plural*, 14, 1–4. <https://doi.org/10.5212/terraplural.v.14.2014178.003>

Anklam, E. (1998). A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 63 (4):549-562.

Annamaria, P., Intaglietta, I., Simonetti, A., Calbi, P., Gambacorta, E. (2014). Effect of geographical provenance on the physico-chemical, antioxidant characteristics and sensory evaluation of chestnut honeys. *International Journal of Food And Nutritional Sciences*. Vol.3, Iss.6, 86—96.

AOAC. (1995). Association of Official Analytical Chemists, AOAC official method 942.05, Washington. DC, USA.



- Baldensperger, P.J. (1922).** Sur l'apiculture en orient. Proceeding of the Sixth International Congress of Apiculture, Marseille, France, pp 59-64
- Bargańska, Ż., Ślebioda, M., & Namieśnik, J. (2015).** Honeybees and their products: Bioindicators of environmental contamination. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 46(3), 235–248. <https://doi.org/10.1080/10643389.2015.1078220>
- Barour, C. (2012).** Analyse De La Biodiversité Des Populations D'abeilles Mellifères *Apis mellifera intermissa* (Buttel-Reepen, 1906) (Hymenoptera: Apoidea) Dans Le Nord Algérien: Morphométrie Moderne Basée Sur la Configuration des Points-Repères (Landmark). Thèse de Doctorat en biologie animale. Université d'Annaba, Algérie. 292p.
- Bartha, S., Taut, I., Goji, G., Vlad, I. A., & Dinulică, F. (2020).** Heavy metal content in Polyfloral Honey and potential health risk. A case study of Copșa Mică, Romania. *International Journal of Environmental Research and Public Health/International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(5), 1507. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051507>
- Belabed, B., Meddour, A., Samraoui, B., & Chenchouni, H. (2017).** Modeling seasonal and spatial contamination of surface waters and upper sediments with trace metal elements across industrialized urban areas of the Seybouse watershed in North Africa. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(6). <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5968-5>
- Bellik, Y. (2015).** Bee Venom: Its potential use in alternative medicine. *Anti-infective Agents*, 13(1), 3–16. <https://doi.org/10.2174/2211352513666150318234624>
- Benjamin, A., and B. McCallum. (2011).** Bees in the City. The Urban Beekeepers' Handbook. London: Guardian Books.
- Berenbaum, M. R., & Calla, B. (2021).** Honey as a Functional Food for *Apis mellifera*. *Annual Review of Entomology*, 66(1), 185–208. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-040320-074933>
- Berman, J. D., & Ebisu, K. (2020).** Changes in U.S. air pollution during the COVID-19 pandemic. *Science of The Total Environment*, 739, 139864. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139864>
- Biri, M. (2011).** Tout savoir sur les abeilles et l'apiculture. De Vecchi. 298pp.
- Blackiston, H. (2009).** *Beekeeping for dummies*. John Wiley & Sons. 388pp.
- Bogdanov, S., Lüllmann, C., Martin, P., Von Der Ohe, W., Russmann, H., Vorwohl, G., Oddo, L. P., Sabatini, A., Marcazzan, G. L., Piro, R., Flamini, C., Morlot, M., Lhéritier, J., Borneck, R., Marioleas, P., Tsigouri, A., Kerkvliet, J. D., Ortiz, A., Ivanov, T., . . . Vit, P. (1999).** Honey quality and international regulatory standards: review by the International



Honey Commission. *Bee World*, 80(2), 61-69
<https://doi.org/10.1080/0005772x.1999.11099428>

Bogdanov, S., Ruoff, K., & Oddo, L. P. (2004). Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review. *Apidologie*, 35(Suppl. 1), S4–S17.
<https://doi.org/10.1051/apido:2004047>

Bogdanov, S. (2006). Contaminants of bee products. *Apidologie*, 37 (1) 1-18.

Bouden, M. C., & Belabed, I. A. (2022). Determination of Heavy metals in honey samples from different region of the north-east of Algeria: according to an urban gradient. *Pollution*, 8(3), 820-829. DOI: 10.22059/poll.2022.334317.1259

Bouida, L., Rafatullah, M., Kerrouche, A., Qutob, M., Alosaimi, A.M., Alorfi, H.S., Hussein, M.A. (2022). A Review on Cadmium and Lead Contamination: Sources, Fate, Mechanism, Health Effects and Remediation Methods. *Water* 2022, 14, 3432.
<https://doi.org/10.3390/w14213432>

Butler, C. G. (2017). *The World of the Honeybee (Collins New Naturalist Library, Book 29)*. HarperCollins UK.

Buttel-Reepens, H.V. (1906). *Apistica. Beitrage zur Systematik, Biologie, sowie zur geschichtlichen und geographischen Verbreitung der Honigbiene (Apis mellifica L.), ihre Varietäten und der übrigen Apis-Arten*. Veroff. Zool. Museum Berlin, 117-201.

Chakir, A., Romane, N., Barbagianni, D., Bartoli, et Ferrazzi, P. (2011). Major and Trace Elements in Different Types of Moroccan Honeys, *Rev. Australian J. of Basic and App Scien.*, 5 : 223-231.

Chataway, H.D. (1932). Determination of moisture in honey. *Can. J. Res.*, 6: 532-547

Chataway, H. D. (1935). *Canad. Bee J.* 43(8): 215

Codex Alimentarius. (2001). Commission Standards, Codex Standards for Honey, (1981/ revised 1987/ revised 2001). FAO– Rome, 1-7.

Conseil de l'Union Européenne. (2002). Council directive 2001/110/EC relating to honey. *Official Journal of the European Communities*, L10, 47–52.

Cornara, L., Biagi, M., Xiao, J., & Burlando, B. (2017). Therapeutic Properties of Bioactive Compounds from Different Honeybee Products. *Frontiers in Pharmacology*, 8.
<https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00412>

Cousin, L. (2014). *L'abeille et le conseil à l'officine*, Thèse pour l'obtention d'un diplôme de docteur en pharmacie, Université de POITIERS, France, 2014.87p.

Dailly, H. (2008). Le réfractomètre, un outil essentiel. *Abeilles & Cie*, 122: 30-32.



- De Almeida-Muradian, L. B., Pamplona, L. C., Coimbra, S., & Barth, O. M. (2005).** Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(1), 105–111. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2003.10.008>
- Devillers, j., Pham-Delegue, mh (2002).** Honeybees: estimating the environmental impact of chemicals. Taylor & Francis Editions, London and New York, 332 p.
- Donadieu, Y. (2008).** *La Propolis*. EditionsDangles. 96p.
- Draiaia, R. (2016).** Caractérisation physico-chimiqueet appellation botanique des miels Algériens (Cas des ruches langstroth). Thèse de Doctorat en Biochimie. Université Badji Mokhtar d'Annaba, Algérie.319p.
- Durazzo, A., Lucarini, M., Plutino, M., Lucini, L., Aromolo, R., Martinelli, E., Souto, E. B., Santini, A., & Pignatti, G. (2021).** Bee Products: a representation of biodiversity, sustainability, and health. *Life*, 11(9), 970. <https://doi.org/10.3390/life11090970>
- Durazzo, A., Lucarini, M., Plutino, M., Lucini, L., Aromolo, R., Martinelli, E., Souto, E. B., Santini, A., & Pignatti, G. (2021).** Bee Products: a representation of biodiversity, sustainability, and health. *Life*, 11(9), 970. <https://doi.org/10.3390/life11090970>
- El-Sofany, A., Naggar, Y. A., Naiem, E., & Seif, A. (2018).** Characterization of Apis mellifera Honey of Different Botanical and Geographical Origins in Egypt. *المجلة المصرية لعلم النبات التجريبية*, 14(1), 75. <https://doi.org/10.5455/egysebz.20180523104927>
- Fu, Franck, Kathleen L. Purvis-Roberts, and Branwen Williams. 2020.** "Impact of the COVID-19 Pandemic Lockdown on Air Pollution in 20 Major Cities around the World" *Atmosphere* 11, no. 11: 1189. <https://doi.org/10.3390/atmos11111189>
- Gallai, N., Salles, J., Settele, J., & Vaissière, B. (2009).** Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68(3), 810–821. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014>
- Gandara, J. (2022).** Bee Products: An Emblematic Example of Underutilized Sources of Bioactive Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c05822>
- Gary, N. (2010).** *Honey Bee Hobbyist: The Care and Keeping of Bees*. Hobby Farms Press. 178p.
- Gharbi, M. (2011).** Les produits de la ruche : Origines - Fonctions naturelles - Composition - Propriétés thérapeutiques. Api thérapie et perspectives d'emploi en médecine vétérinaire. Thèse Med. Vet. Université Claude Bernard, Lyon, 247p.
- Giampieri, F., Quiles, J. L., Cianciosi, D., Forbes-Hernández, T. Y., Orantes-Bermejo, F. J., Alvarez-Suarez, J. M., & Battino, M. (2022).** BEE products: an emblematic example of



underutilized sources of bioactive compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(23), 6833–6848. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c05822>

Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319(5864), 756–760. <https://doi.org/10.1126/science.1150195>

Guerzou, M., Aouissi, H. A., Guerzou, A., Burlakovs, J., Doumandji, S., & Krauklis, A. E. (2021). From the Beehives: Identification and comparison of physicochemical properties of Algerian honey. *Resources*, 10(10), 94. <https://doi.org/10.3390/resources10100094>

Haccour, P. (1960a). Recherches sur la race d'abeille saharienne au Maroc. *Comptes Rendus, Société des Sciences Naturelles et Physiques du Maroc*. 6 : 96-98.

Haccour, P. (1960b). Recherches sur la race d'abeille saharienne au Maroc. *Abeilles et fleurs* 91 :7-6.

Henri, C. (2011). Le traité Rustica de l'apiculture. France: rustica editions. 560p.

Hodel, K. V. S., Machado, B. a. S., Santos, N. R. D., Costa, R., Menezes-Filho, J. A., & Umsza-Guez, M. A. (2020). Metal content of nutritional and toxic value in different types of Brazilian propolis. *The Scientific World Journal*, 2020, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2020/4395496>

Homrani, M., Escuredo, O., Dalache, F., Bouzouina, M., Homrani, A., & Seijo, M. C. (2020). Botanical Origin, Pollen Profile, and Physicochemical Properties of Algerian Honey from Different Bioclimatic Areas. *Foods*, 9(7), 938. <https://doi.org/10.3390/foods9070938>

Islam, A., Khalil, I., Islam, N., Moniruzzaman, M., Mottalib, A., Sulaiman, S. A., & Gan, S. H. (2012). Physicochemical and antioxidant properties of Bangladeshi honeys stored for more than one year. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/1472-6882-12-177>

Ismail, A. M., Owayss, A. A., Mohanny, K., & Salem, R. A. (2013). Evaluation of pollen collected by honey bee, *Apis mellifera* L. colonies at Fayoum Governorate, Egypt. Part 1: Botanical origin. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 12(2), 129–135. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2012.09.003>

Jean, L. (2012). L'ABC de l'apiculture. France. 224p.

Jovetić, M., Redžepović, A. S., Nedić, N., Vojt, D., Đurđić, S., Brčeski, I., & Milojković-Opsenica, D. (2018). Urban honey - the aspects of its safety. *Arhiv Za Higijenu Rada I Toksikologiju*, 69(3), 264–274. <https://doi.org/10.2478/aiht-2018-69-3126>



- Johnson, B. R. (2009).** Division of labor in honeybees: form, function, and proximate mechanisms. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 64(3), 305–316.
<https://doi.org/10.1007/s00265-009-0874-7>
- Johnson, B. R. (2023).** *Honey bee biology*. Princeton University Press. 513 p.
- Kadem, Dhaou-El-djabine. (2005).** Évaluation et comportement des métaux lourds (Cd – Cr – Cu – Ni – Pb – Zn et Mn) dans les sols à vocation agricole et à végétation naturelle soumis à une pollution atmosphérique. (El-Hadjar – Annaba – Est Algérien). Influence de la végétation sur la dynamique de ces métaux. Thèse de Doctorat en écologie, Université Mentouri de Constantine. 76p.
- Kavanagh, S., Gunnoo, J., Passos, T. M., Stout, J. C., & White, B. (2019).** Physicochemical properties and phenolic content of honey from different floral origins and from rural versus urban landscapes. *Food Chemistry*, 272, 66–75.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.035>
- Kayefor, Ebigwai, Egbe, Alexander, and Justin, Eyoma. 2017.** “Botanical Affinity and Physico-Chemical Parameters of Honey Samples Obtained from Bee Hives in Cross River State Nigeria”. *Journal of Scientific Research and Reports* 14 (6), 1-23.
<https://doi.org/10.9734/JSRR/2017/34218>.
- Khan, S. U., Anjum, S. I., Rahman, K., Ansari, M. J., Khan, W. U., Kamal, S., Khattak, B., Ali, M., & Khan, H. U. (2018).** Honey: Single food stuff comprises many drugs. *Al-æMi'galat Al-sa'udiyat Lī-ulum Al-ḥayat*, 25(2), 320–325.
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.08.004>
- Klein, A., Vaissière, B., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, L., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2006).** Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings - Royal Society. Biological Sciences/Proceedings - Royal Society. Biological Sciences*, 274(1608), 303–313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Koudegnan, C., Etse, K., Coulibaly, S., Quashie, M-L., Radji, P., Kokou, K. (2021).** Caractérisations physico-chimiques des miels du Togo. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* 9(2) p-ISSN: 2028-991X.
- Kumar, A., Gill, J. P. S., Bedi, J. S., Manav, M., Ansari, M. J., & Walia, G. S. (2018).** Sensorial and physicochemical analysis of Indian honeys for assessment of quality and floral origins. *Food Research International*, 108, 571–583.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.005>
- Laaroussi, H., Bouddine, T., Bakour, M., Ousaid, D., & Lyoussi, B. (2020).** Physicochemical Properties, Mineral Content, Antioxidant Activities, and Microbiological



Quality of *Bupleurum spinosum* Gouan Honey from the Middle Atlas in Morocco. *Journal of Food Quality*, 2020, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2020/7609454>

Le Conte, Y. (2002). Le traité rustica de l'apiculture. Rustica Edition, Paris, p. 12-83.

Le Conte, Y & Franck, P. (2005). Les races de l'abeille domestiques *Apis mellifera* Linneaus. *Abeille & fleurs*, 659:22-23.

Lequet, laudine. (2010). Du nectar a un miel de qualité : contrôle analytique du miel et conseils pratiques a l'intention de l'apiculteur amateur. Thèse pour obtenir le grade de Docteur vétérinaire à l'université Claude-Bernard – Lyon ,195p.

Lévêque, Christian ; Tatiana, Muxart; Luc, Abbadie; Alain, Weill et Sander, Van Der Leeuw. (2003). «L'antroposystème : entité structurelle et fonctionnelle des interactions sociétés-milieus». In Quelles nature voulons-nous ? Pour une approche socioécologique du champ de l'environnement, sous la dir. de Lévêque, C. et Sander van der Leew,p.120. Paris: Elsevier.ISBN 2-84299-454-X. ISSN 1624-026X.

Lorenz, S., & Stark, K. (2015). Saving the honeybees in Berlin? A case study of the urban beekeeping boom. *Environmental Sociology*, 1(2), 116–126. <https://doi.org/10.1080/23251042.2015.1008383>

Louveaux, J. (1985). Le Miel. Cah. Nutr. Diét., 20: 57-70.

Luo, X., Dong, Y., Li, Z., Zhang, X., & Ma, H. (2021). Processing Technologies for BEE Products: An Overview of recent developments and perspectives. *Frontiers in Nutrition*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.727181>

M, S., & E, M. (2014). Elemental Composition of Honeys from Greece-Possible Use as Environmental Indicators. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, s8. <https://doi.org/10.4172/2155-9600.s8-002>

Mahmoudi, R., Ameneh, G., & Ghajarbeygi, P. (2016). HONEY SAFETY HAZARDS AND PUBLIC HEALTH. *Journal of Chemical Health Risks*, 6(4), 249–267. https://www.sid.ir/en/VEWSSID/J_pdf/53000620160402.pdf

Magwaza, L. S., & Opara, U. L. (2015). Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products—A review. *Scientia Horticulturae*, 184, 179–192. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.01.001>

Marwaha, L. (2022). *The Polyandrous Queen Honey Bee: Biology and Apiculture*. <https://doi.org/10.2174/97898150791281120101>

Matsuzawa, T., & Kohsaka, R. (2021). Preliminary experimental trial of effects of lattice fence installation on honey bee flight height as implications for urban Beekeeping Regulations. *Land*, 11(1), 19. <https://doi.org/10.3390/land11010019>



- Mayack, C., Macherone, A., Zaki, A. G., Filiztekin, E., Özkazanç, B., Koperly, Y., Schick, S. J., Eppley, E. J., Deb, M., Ambiel, N., Schafsnitz, A. M., & Broadrup, R. L. (2022). Environmental exposures associated with honeybee health. *Chemosphere*, 286, 131948. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131948>
- McKinney, M.L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127, 247-260.
- Mebirouk, H., Boubendir-Mebirouk, F., & Hamma, W. (2018). Main sources of pollution and its effects on health and the environment in Annaba. *DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals)*. <https://doaj.org/article/6d896184544c47dd83e14ba142c24eec>
- Mehryar, Laleh & Esmaili, Mohsen & Hassanzadeh, Ali. (2013). Evaluation of Some Physicochemical and Rheological Properties of Iranian honeys and the Effect of Temperature on its Viscosity. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 13 (6): 807-819, 2013. 807-819. 10.5829/idosi.aejaes.2013.13.06.1971.
- Miller, J.R. & Hobbs, R.J. (2002). Conservation where people live and work. *Conservation Biology*, 16, 330-337.
- Moniruzzaman, M., Sulaiman, S. A., Khalil, I., & Gan, S. H. (2013). Evaluation of physicochemical and antioxidant properties of sourwood and other Malaysian honeys: a comparison with manuka honey. *Chemistry Central Journal*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/1752-153x-7-138>
- Moore, L. J., & Kosut, M. (2013). Among the colony: Ethnographic fieldwork, urban bees and intra-species mindfulness. *Ethnography*, 15(4), 516–539. <https://doi.org/10.1177/1466138113505022>
- Moškrič, A., Formato, G., Škerl, M. I. S., & Prešern, J. (2020). Reproductive technologies in the honeybee (*Apis mellifera*). In *Elsevier eBooks* (pp. 229–243). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817107-3.00014-x>
- Moujanni, A., Terrab, A., Eddoha, R., Nasser, B., Benbachir, M., Tannaoui, M., Zouaoui, A. and Essamadi, AK. (2017). Quantification of heavy metals and pesticides residues in labeled Moroccan *Euphorbia resinifera* honey from Tadla-Azilal *JMES*, 2017, 8 (5), 1826-1836.
- Moussaoui, A., & Auger, P. (2020). Prediction of confinement effects on the number of Covid-19 outbreak in Algeria. *Mathematical Modelling of Natural Phenomena*, 15, 37. <https://doi.org/10.1051/mmnp/2020028>



Nega, A., Mulugeta, E., Abebaw, A. (2020). Physicochemical Analysis and Determination of the Levels of Some Heavy Metals in Honey Samples Collected from Three District Area of East Gojjam Zone of Amhara Region, Ethiopia. *J AgriSci Food Res*; 11: 279.

DOI: 10.35248 / 2593-9173.20.11.279.

Niemelä, J. (2014). Ecology of urban green spaces: The way forward in answering major research questions. *Landscape and Urban Planning*, 125, 298–303. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.07.014>

Nyau, Vincent & Mwanza, Elebert & Moonga, Bernard. (2016). Physico-chemical qualities of honey harvested from different beehive types in 10.13140/rg.2.1.4564.8244.

Othman, M., & Latif, M. T. (2021). Air pollution impacts from COVID-19 pandemic control strategies in Malaysia. *Journal of Cleaner Production*, 291, 125992. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125992>

Oliveira, J. L. D. S., & Santos, J. S. D. (2021). Ecologia Urbana: histórico, definições e abordagens interdisciplinares. *Acta Brasiliensis*, 5(3), 116. <https://doi.org/10.22571/2526-4338549>

Oroian, M., Prisacaru, A. E., Hreţcanu, C. E., Stroe, S., Leahu, A., & Buculei, A. (2016). Heavy metals profile in honey as a potential indicator of botanical and geographical origin. *International Journal of Food Properties*, 19(8), 1825–1836. <https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1107578>

Özcan, M. M., & Ölmez, Ç. (2014). Some qualitative properties of different monofloral honeys. *Food Chemistry*, 163, 212–218. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.072>

Papa, G., Maier, R., Durazzo, A., Lucarini, M., Karabagias, I. K., Plutino, M., Bianchetto, E., Aromolo, R., Pignatti, G., Ambrogio, A., Pellecchia, M., & Negri, I. (2022). The Honey Bee *Apis mellifera*: An Insect at the Interface between Human and Ecosystem Health. *Biology*, 11(2), 233. <https://doi.org/10.3390/biology11020233>

Pehlivan, T., & Gul, A. (2015). Determination of heavy metals contents of some monofloral honey produced in Turkey. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 042–045. <https://doi.org/10.7324/japs.2015.50807>

Perna, A. M., Simonetti, A., Intaglietta, I., Sofò, A., & Gambacorta, E. (2012). Metal content of southern Italy honey of different botanical origins and its correlation with polyphenol content and antioxidant activity. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(9), 1909–1917. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03050.x>

Perugini, M., Manera, M., Grotta, L., Abete, M. C., Tarasco, R., & Amorena, M. (2010). Heavy metal (HG, CR, CD, and PB) contamination in urban areas and wildlife reserves:



Honeybees as bioindicators. *Biological Trace Element Research*, 140(2), 170–176.
<https://doi.org/10.1007/s12011-010-8688-z>

Pezza, K. (2013). Backyard Farming: Keeping Honey Bees: From Hive Management to Honey Harvesting and More (Vol. 3). Hatherleigh Press.

Pohl, P. (2009). Determination of metal content in honey by atomic absorption and emission spectrometries. *Trends Anal Chem* 28(1):117–128. doi:10.1016/j.trac.2008.09.015

Rahal Farid, REZAK Salima, & BENABADJI Nouredine. (2021). Influence of the COVID-19 pandemic on nitrogen dioxide pollution in the city of Oran, Algeria. *AJHS*, 3(2), 52-57. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4657587>

Rao, P. V. M., Sammugam, L., Ramesh, N., & Gan, S. H. (2017). Honey, propolis, and royal jelly: A comprehensive review of their biological actions and health benefits. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 1–21. <https://doi.org/10.1155/2017/1259510>

Raven, P.H. (2013). *Biology of Plants*. W.H. Freeman and Company, NY, New York. 727.p.

Rebiai, Abdelkrim & Lanez, Touhami & Atef, Chouikh. (2015). Physicochemical and biochemical properties of honey bee products in south Algeria. *Scientific Study and Research: Chemistry and Chemical Engineering*. 16. 133-142

Ropars, L., Dajoz, I., Fontaine, C., Muratet, A., & Geslin, B. (2019). Wild pollinator activity negatively related to honey bee colony densities in urban context. *PLOS ONE*, 14(9), e0222316. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222316>

Ru, Q., Feng, Q., & He, J. (2013). Risk assessment of heavy metals in honey consumed in Zhejiang province, southeastern China. *Food and Chemical Toxicology*, 53, 256–262. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.12.015>

Ruschioni, S., Riolo, P., Minuz, R. L., Stefano, M., Cannella, M., Porrini, C., & Isidoro, N. (2013). Biomonitoring with Honeybees of Heavy Metals and Pesticides in Nature Reserves of the Marche Region (Italy). *Biological Trace Element Research*, 154(2), 226–233. <https://doi.org/10.1007/s12011-013-9732-6>

Ruttner, F. (1968). Intraracial selection of race-Hybrid breeding of honeybees. *Am. Bee J.* 108: 394-396.

Ruttner, F. (1975). Die kretische Biene, *Apis mellifica adami*. Allgemeine deutsche Imkerzitung. 9:271-272.

Ruttner, F. (1988). Biogeography and Taxonomy of honeybees. Springer Verlag, Berlin. 284p.

Saranraj, P., Sivasakthi, S., Feliciano, G.D. (2016). Pharmacology of honey. Review. *Biological research*. 10. 271-289. 10.5829/idosi.abr.2016.10.4.104104



- Scivicco, M., Nolasco, A., Esposito, L., Ariano, A., Squillante, J., Esposito, F., Cirillo, T., & Severino, L. (2022).** Effects of Covid-19 pandemic lockdown and environmental pollution assessment in Campania region (Italy) through the analysis of heavy metals in honeybees. *Environmental Pollution*, 307, 119504. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119504>
- Seeley, TD. (1995).** The wisdom of the hive: the social physiology of honey bee colonies. Cambridge, MA: Harvard University Press.317p.
- Solayman, M., Islam, A., Paul, S., Ali, Y., Khalil, M. I., Alam, N., & Gan, S. H. (2015).** Physicochemical Properties, Minerals, trace elements, and heavy metals in Honey of Different Origins: A Comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 219–233. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12182>
- Spirić, D., Ćirić, J., Đorđević, V., Nikolić, D., Janković, S., Nikolić, A., Petrović, Z., Katanić, N., & Teodorović, V. (2019).** Toxic and essential element concentrations in different honey types. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 99(5), 474–485. <https://doi.org/10.1080/03067319.2019.1593972>
- Sponsler, D. B., Matcham, E. G., Lin, C., Novotny, J. L., & Johnson, R. M. (2017).** Spatial and taxonomic patterns of honey bee foraging: A choice test between urban and agricultural landscapes. *Journal of Urban Ecology*, 3(1). <https://doi.org/10.1093/jue/juw008>
- Tautz, J. (2008).** *The Buzz about Bees: Biology of a Superorganism*. Springer Science & Business Media. 1st edn. Springer-Verlag, Berlin, pp 205-232
- Terrab, A., Recamales, A. F., Hernanz, D., Heredia, F. J. (2004).** Characterisation of Spanish thyme honey by their physicochemical characteristics and mineral contents. *Food Chemistry*, 88 : 537-542.
- Tobías, A., Carnerero, C. S., Reche, C., Massagué, J., Via, M., Minguillón, M. C., Alastuey, A., & Querol, X. (2020).** Changes in air quality during the lockdown in Barcelona (Spain) one month into the SARS-CoV-2 epidemic. *Science of the Total Environment*, 726, 138540. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138540>
- Tuzen, M., Silici, S., Mendil, D. & Soylak, M. (2007).** Trace element levels in honeys from different regions of Turkey. *Food Chemistry*, 103, 325–330.
- 136.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019).** *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420)*. New York: United Nations.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2022).** *World Population Prospects 2022: Summary of Results*. UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3.



- Valverde, S., Ares, A. M., Elmore, J. S., & Bernal, J. (2022).** Recent trends in the analysis of honey constituents. *Food Chemistry*, 387, 132920. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132920>
- Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J., & Melillo, J. M. (1997).** Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 277(5325), 494–499. <https://doi.org/10.1126/science.277.5325.494>
- Wojcik, Victoria. Agatha. (2009).** Bees in urban landscapes: An investigation of habitat utilization. A dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Environmental Science, Policy, & Management in the Graduate Division of the University of California, Berkeley. 219p.
- Wehbe, R., Frangieh, J., Rima, M., Obeid, D., Sabatier, J., & Fajloun, Z. (2019).** Bee Venom: Overview of main compounds and bioactivities for therapeutic interests. *Molecules*, 24(16), 2997. <https://doi.org/10.3390/molecules24162997>
- White, (2019).** Physicochemical properties and phenolic content of honey from different floral origins and from rural versus urban landscapes, *Food Chemistry*, Volume 272, 2019, Pages 66-75, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.035>
- Wu, J. (2014).** Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. *Landscape and Urban Planning*, 125, 209–221. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.018>
- Yaiche Achour, H. and Khali, M. (2014).** Physicochemical composition of Algerian honeys. Determination of trace elements and potentially toxic elements. *Africa Science*, 10 (2): 127 -
- Zambrano-Monserrate, M. A., Ruano, M. A., & Sanchez-Alcalde, L. (2020).** Indirect effects of COVID-19 on the environment. *Science of the Total Environment*, 728, 138813. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138813>
- Zarić, N. M., Ilijević, K., Stanisavljević, L., & Gržetić, I. (2015).** Metal concentrations around thermal power plants, rural and urban areas using honeybees (*Apis mellifera* L.) as bioindicators. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 13(2), 413–422. <https://doi.org/10.1007/s13762-015-0895-x>
- Zerrouk, S. H. I. H., Biagio, G., Elena, N., Gabriele, F., AL. (2011).** Quality Evaluation of Some Honey from the Central Region of Algeria. *Jordan J. of Biological Sci.* 4(4): 243 -248.



X. Annexes :

ANNEXE 1: Table de CHATAWAY des indices de réfraction.et Matières sèches

Indice de réfraction à 20°C	% réel d'eau	Indice de réfraction à 20°C	% réel d'eau
1.5041	13.0	1.4910	18.2
35	13.2	05	18.4
30	13.4	00	18.6
25	13.6	1.4895	18.8
20	13.8	90	19.0
15	14.0	85	19.2
10	14.2	80	19.4
05	14.4	76	19.6
00	14.6	71	19.8
1.4995	14.8	66	20.0
90	15.0	62	20.2
85	15.2	58	20.4
80	15.4	53	20.6
75	15.6	49	20.8
70	15.8	44	21.0
65	16.0	28	21.5
60	16.2	15	22.0
55	16.4	02	22.5
50	16.6	1.4789	23.0
45	16.8	77	23.5
40	17.0	64	24.0
35	17.2	52	24.5
30	17.4	39	25.0
25	17.6	26	25.5
20	17.8	14	26.0
15	18.0	1.4702	26.5



ANNEXE 2 : Norme concernant la qualité du miel selon le projet CL1998/12-S du *Codex Alimentarius* et selon le projet de l'UE 96/0114 (CNS)

Critères de qualité	Projet Codex	Projet U.E
Teneur en eau		
Général	< 21 g/100g	< 21 g/100g
Miel de bruyère, de trèfle	< 23 g/100g	< 23 g/100g
Miel industriel ou miel de pâtisserie	< 25 g/100g	< 25 g/100g
Teneur en sucres réducteurs		
Miels qui ne sont pas mentionnés ci-dessous	> 65 g /100 g	> 65 g /100 g
Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar	> 45 g /100 g	> 60 g /100 g
	> 53 g /100 g	> 53 g /100 g
Xanthorrhoea Pr.		
Teneur en saccharose apparent		
Miels qui ne sont pas mentionnés ci-dessous		
Robini, Lavandula, Hedysarum, Trifolium, Zitrus, Medicago,	< 5 g/100 g	< 5 g/100 g
Eucalyptus cam., Eucryphia luc. Banksia menz.*	< 10 g/100 g	< 10 g/100 g
Calothamnus san., Eucalyptus scab., Banksia gr., Xanthorrhoea pr. Miel de miellat et mélanges de miel de miellat et de nectar	< 15 g/100 g	
Teneur en matières insolubles dans l'eau		
Général	< 0,1 g/100 g	< 0,1 g/100 g
Miel pressé	< 0,5 g/100 g	< 0,5 g/100 g



Teneur en matières minérales (cendres)	< 0,6 g/100 g	< 0,6 g/100 g
Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar, miel de châtaignier	< 1,2 g/100 g	< 1,2 g/100 g
Acidité	< 50 meq/kg	< 40 meq/kg
Activité diastasique, (indice diastasique en unités de Schade)		
Après traitement et mise en pot (Codex).Tous les miels du commerce (UE) .Général	> 8	> 8
Miels avec une teneur enzymatique naturellement faible	> 3	> 3
Teneur en hydroxyméthylfurfural		
Après traitement et mise en pot (Codex)	< 60 mg/kg	< 40 mg/kg
Tous les miels du commerce (UE)		





Determination of Heavy Metals in Honey samples from different Regions of the northeast of Algeria: according to an Urban Gradient

Bouden Mohammed Chafik^{1,2*}, Belabed Ibrahim Adnène^{1,2}

¹ Affiliations et coordonnées des auteurs 1 EcoSTAq - Ecology of Terrestrial and Aquatic Systems Laboratory, University of Badji MOKHTAR at Annaba, Algeria

² UrbEco Team – Urban Ecology Team at EcoSTAq Laboratory, the University of Badji MOKHTAR at Annaba, Algeria

Received: 23.11.2021, Revised: 25.04.2022, Accepted: 01.05.2022

Abstract

This study aims to assess the pollution of honey by heavy metals based on the efforts of an urbanization gradient in the city of Annaba (Northeast Algeria) where the dosage of five heavy metals (Fe, Cr, Ni, Cu, Cd) was carried out in four sites. The level of heavy metals was determined by atomic absorption spectrophotometer. The results obtained indicated that even when all the samples were contaminated they were of good quality since the concentrations did not exceed the international standards. According to the results of heavy metal concentrations in the honeys studied, the most abundant element is Fe with an average concentration of 6.956 ± 2.045 (mg/kg), Cr 0.765 ± 0.197 (mg/kg), Ni 0.6005 ± 0.159 (mg/kg), Cu 0.21025 ± 0.065 (mg/kg) and Cd 0.01425 ± 0.005 (mg/kg). The heavy metals studied are present in all samples but trace amounts. Moreover, the comparison of the honey from the four sites indicates to us that the healthiest honey is that of the urban site.

Keywords: heavy metals; honey; urban; atomic absorption spectrophotometer; Annaba

INTRODUCTION

Honey is a unique gift of nature producing by honeybees with medical, cosmetic, and nutritional properties, it is the oldest natural food that human has utilized (Mahmoudi, R et al., 2016). Honey is defined as a natural supersaturated sugar solution, which has been consumed as a high nutritive value food; the latter is composed of a complex mixture of carbohydrates (Saxena et al., 2010). Its composition is a variable owing to the differences in plant species, environmental conditions, climate, and beekeeper contribution (De Rodriguez et al., 2004; Küçük et al., 2007; Adugna et al. 2020). Beside these honey contains different sugars, organic acids, proteins, enzymes, hormones, yeast, vitamins, minerals, and heavy metals (Kujawski & Namieśnik, 2008; Wang & Li, 2011; Adugna et al. 2020).

The honeybee is more exceptional than it can appear. In addition to producing honey, it helps to transmit life thanks to their action of pollination, their passage from flower to flower plays an essential role in the increase in the quantity and the quality of the harvests of several cultures. (Biri, M., 2011). Moreover, several ethological and morphological characteristics make the honeybee a reliable ecological detector: it is an easy-to-breed, almost ubiquitous organism with modest food requirements; its body is covered with hairs, it takes samples from almost

* Corresponding author Email: chafikbouden@hotmail.fr

all environmental sectors (soil, vegetation, water, and air) during these foraging activities, thus providing several indicators for each season. (Porrini et al. 2003). The honeybee then acts as a detector of environmental pollution in two ways. Its signals either via high mortality rates, even blanket apicides, the presence of toxic molecules, or via the residues in honey, pollen, larvae, and so forth (Celli, 1983; Porrini et al., 2002).

The heavy metals are released into the environment by natural and anthropic sources, and as they do not decay and are characterized by latent toxicity, they are continuously present in the environment entering into the biological cycles (Perugini et al., 2011). Their rate is an important indicator of possible environmental pollution as well as another potential indicator of the geographical origin of honey (Anklam., 1998). Minerals presence and content in honey reflects the area surrounding the apiary; the foraging activity of the bees extends for about 10 km², and when the bees collect nectar or pollen, these elements are transferred, contributing to the levels in the honey (Perna,A et al., 2021). In fact, the air and the soil contain heavy metals, mainly from industry and road traffic, which can also contaminate the honeybee colony and its products. (Bogdanov., 2006). Therefore, apiaries located near polluted areas (because of intense traffic, industrial contaminants) can help in monitoring of the heavy metals from the various sources. (Tuzen et al., 2007)

Hence, this study aims to analyze the content of heavy metals in the collected honey samples according to an urban gradient (i.e. urban, peri-urban and rural samples) and to compare them to detect the existing differences or similarities between the different honey samples. The urbanity gradient can influence the content of honey even in heavy metals?

MATERIAL AND METHODS

Our study was conducted in the extreme northeast of the Algerian Tell on the city of Annaba (latitude 36 °, 30 ' N and 37 °, 03 ' N; longitude 7 °, 20 ' E and 8 °, 40 ' E; the capital of the city located at coordinates: 36 ° 54'N and 7 ° 46 ' E) (**Figure 1**). This region located 600 km from the capital of the country Algiers, open on the Mediterranean coast for 80 km, it extends over 1439 Km² or 0.06% of the national territory (187 Km², for the Daira of Annaba, and 49 km² for the Municipality of Annaba) (Belabed., 2017).

The study sites were selected according to the different degrees of environmental pollution, especially due to urban and industrial activities. Knowing that honeybees forage within a radius of an average of 3 km around the hive (Bogdanov, S.2006), the bee's exhibition area is 27 km² around the studied site. Thus, to establish the typology of an industrial site (rural, urban, etc.), it is necessary to consider the land use inside this area. To this end, 27 km² areas of 4 sites were mapped by ArcGIS 10.8.

The first site is in the municipality of Sidi Amar inside the campus of the Badji MOKHTAR University of Annaba (Latitude N 36.815187, Longitude E 7.711402, altitude 38m). This site is an urban area characterized by a large urbanized area, an ornamental, and wild flora on campus's green spaces. In the foraging area located about 3km away, there are several plots of annual crops and market gardening. The heavy industries of the El Hadjar iron and steel complex and several other companies in the Mebouadja industrial zone represent a fixed source of pollution through gas and dust emissions. (**Figure 2**)

The second site is in the commune of El Bouni and more precisely in a meadow in the region of Chabbia, which is along the road N 44 (Latitude N 36.859173, Longitude E 7.71298, altitude 3m). Very remarkable road traffic and many other plots of grassland or wild vegetation as well as an agricultural activity centered mainly around livestock, in addition to some annual crops and market gardening, and the presence of another source of pollution such as a fixed industrial activity (industrial area of El Bouni) and a mobile source of pollution (road traffic) in the foraging area. (**Figure.3**)



Fig. 1. Sampling site map.

The third site is in the commune of Annaba on the heights of the plain of Oued Forcha (Latitude N 36.915934, Longitude E 7.728565, altitude 72m), and characterized by an urban area without industrial activity. Weed vegetation and a large formation of cork oak around the hives with the presence of some dwellings. This site has no fixed sources of pollution and road traffic is almost absolutely absent simply because the land is inaccessible by car. (Figure.4)

The fourth site is in the commune of Annaba, more precisely in the city center, inside the Christian cemetery (Latitude N 36.91028, Longitude E 7.756232, altitude 13m) and characterized by an urbanized surface, an important exotic flora than the other types of landscape (public garden), remarkable automobile traffic, and an industrial and agricultural activity absent in the foraging area. This site presents a mobile source of pollution generated by road traffic. (Figure.5)

The number of colonies in each research apiary varied between two and three because of the temperament of the bees, especially in urban sites as the species used during this study is the local species *Apis mellifera intermissa* known for its aggressiveness. There were therefore 10 research colonies in total in the 4 apiaries.

The type of hive used is Langstroth type with 10 frames, the most widespread in Algeria for these characteristics. All the hives are exempt from any chemical treatment so as not to interfere with the results of analyses. The colonies of honeybees were kept from winter to summer in the same apiary.

Samples were collected in late summer (August 2019). Each sample (100 g) was kept in a plastic jar and stored in the dark at 4 ° C.

A honey sample (5 g) was placed in a crucible and reduced to ash in an oven at 600 ° C for 12

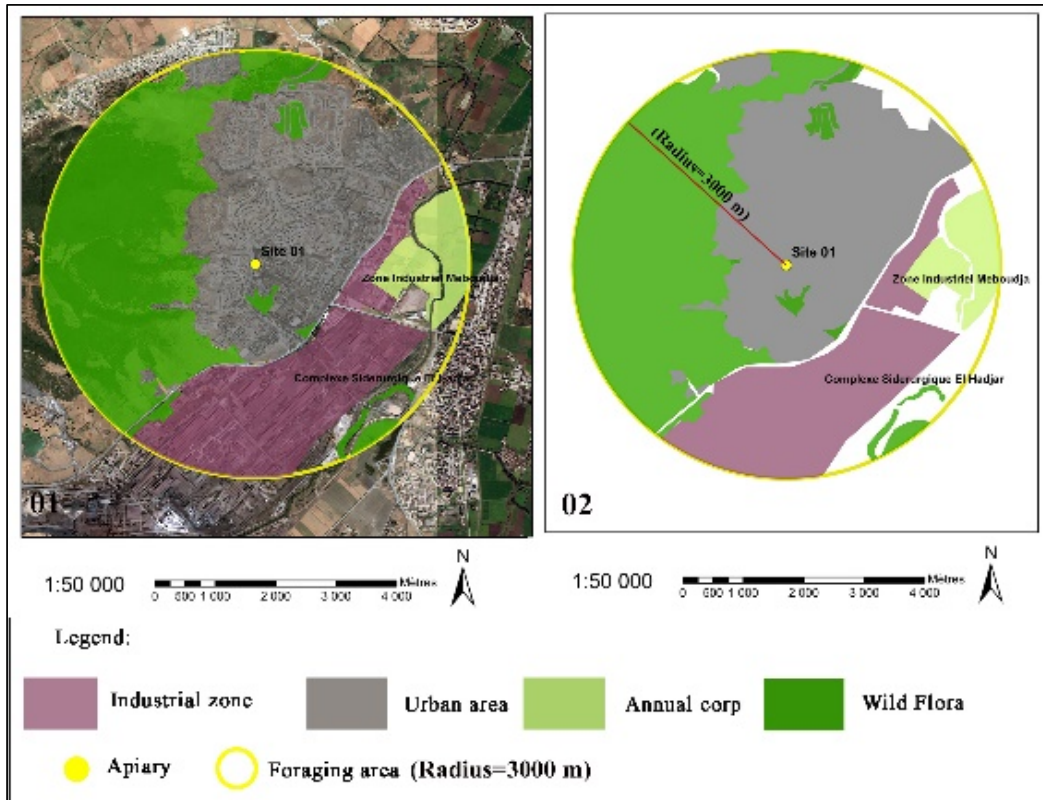


Fig. 2. The landscape surrounding sampling site (Site 01).

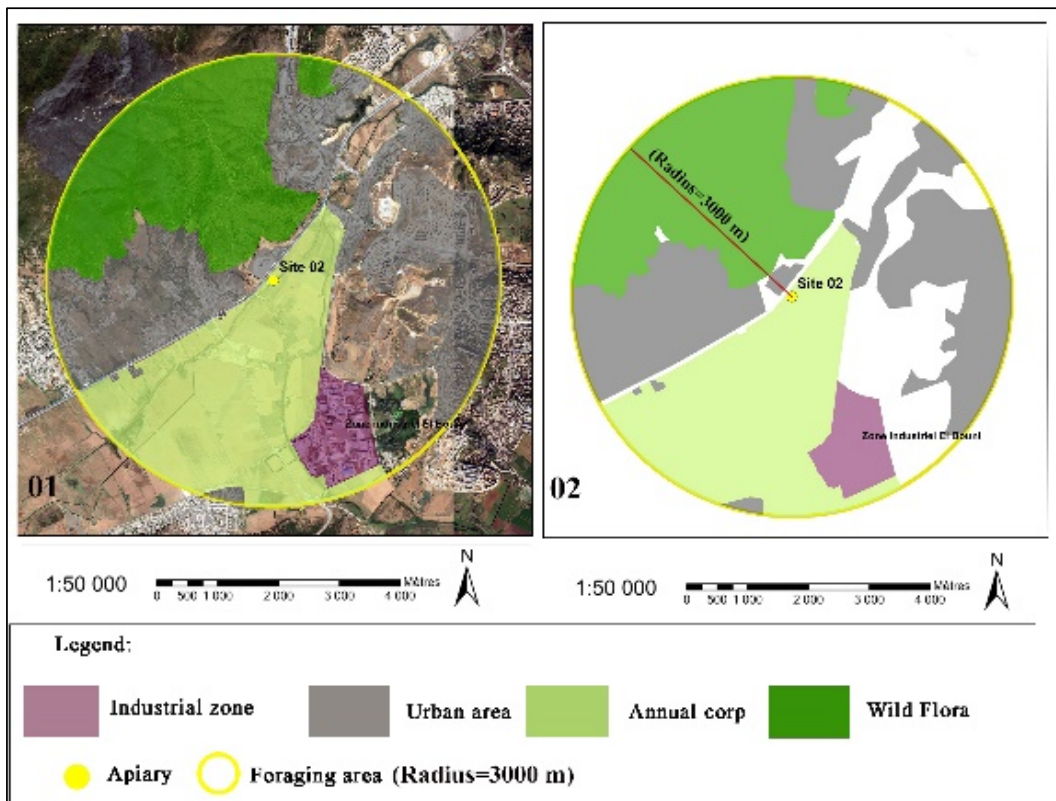


Fig. 3. The landscape surrounding sampling site (Site 02).

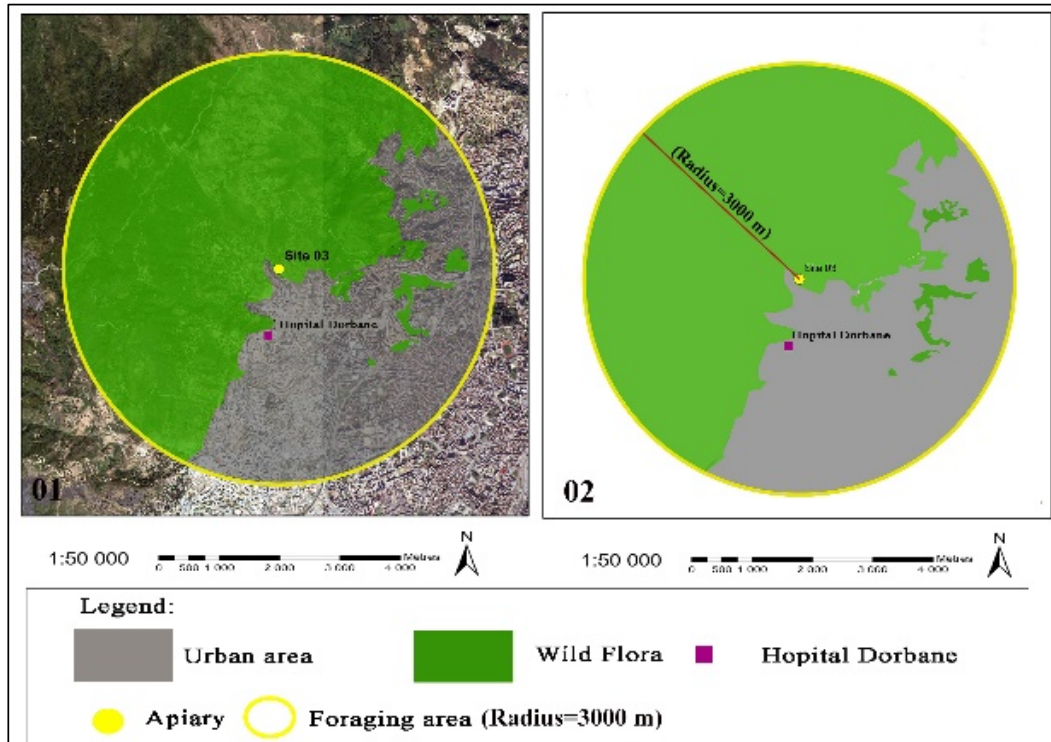


Fig. 4. The landscape surrounding sampling site (Site 03).

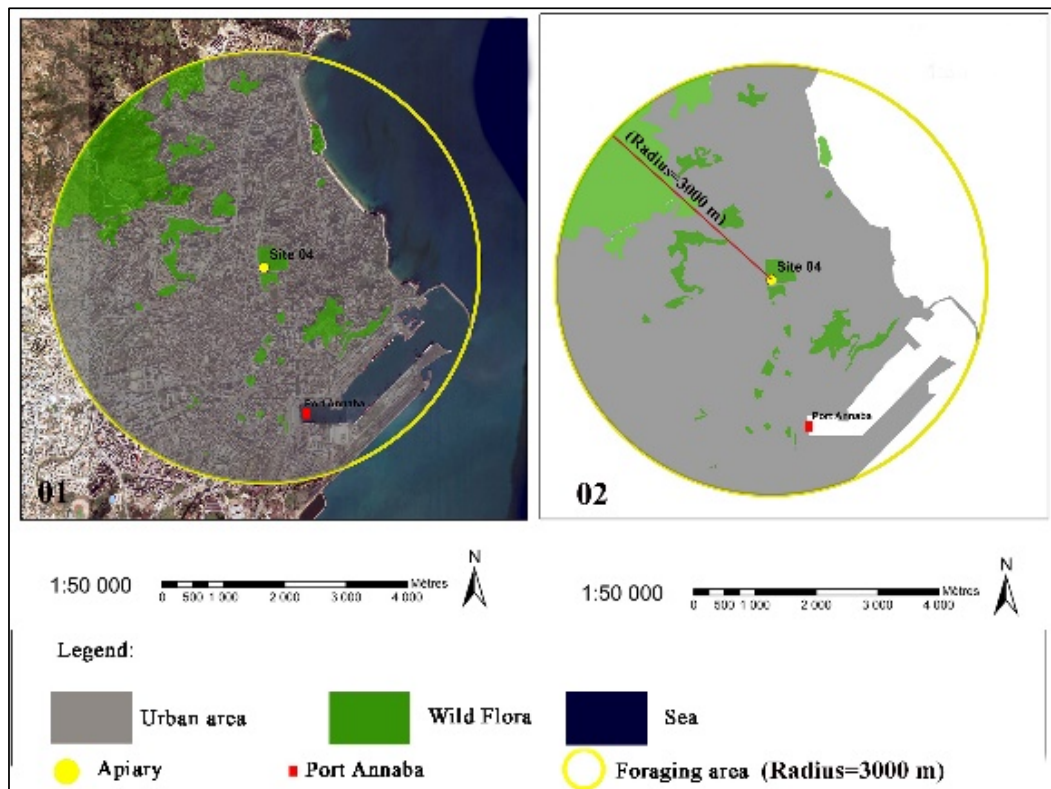


Fig. 5. The landscape surrounding sampling site (Site 04).

hours until the ash set; characterized by a color ranging from white to gray. The ash was treated with 2 ml of 65% HNO₃ solution. Peroxide (30% pure H₂O₂) destroys the possibly organic part left after combustion. Samples were placed in 25 ml vials and topped up with distilled water.

The calibration lines are made from three standard solutions (1, 2 and 3 mg/L) which are prepared from a stock solution of known concentration (100 mg/L), using distilled water. The concentrations of the five heavy metals (Fe, Cr, Ni, Cu, Cd) in the solutions obtained were determined by Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (SAA) at the Laboratory of Industrial Analysis and Materials Engineering (LAIGM) University of May 8th, 1945 Guelma.

Three replicates were performed for each sample,

Descriptive statistics for each parameter were calculated using Microsoft Excel 2019 software and the results are processed by parametric tests. The concentrations of each element were compared between sites using the t-test (with a significance level = 0.05), using the STATISTICA 12.5 software, Stat soft.

RESULTS AND DISCUSSION

Five heavy metals were quantified for each honey (Fe, Cr, Ni, Cu, and Cd). Table 01 show the mean and standard deviation of the heavy metals contents in honey samples.

The results study (Table.01) indicate that the concentrations of heavy metals assayed show differences for each element depending on the location of the sites and their characteristics (flora, presence or absence of fixed and mobile sources of pollution, as well as the degree of urbanization).

As a result, the presence of heavy metals in the beehive products depends on several conditions and the different places visited by the honeybees during their flight to collect the various products from outside the hive (Water, Nectar, Pollen and, Propolis).

Based on our findings, Fe concentrations ranged from 4.22 to 8.96 mg/kg, and the analysis by the t-test gives us very highly significant differences between the four sites ($t = 6.801$; $p = 0.006$; ***). With a maximum of 8.96 mg/kg for site 01 (Sidi Amar) and a minimum of 4.22 mg/kg for site 04 (Christian cemetery).

Regarding Fe content, our results are not too far from those found by (Yaiche Achour et Khali., 2014), which are 1.95 mg/kg to 6.37 mg/kg. The minimum and maximum Fe contents observed are 1.95 mg/kg for eucalyptus honey from the Httatba region and 6.37 mg/kg for jujube honey from the Laghouat region. (Yaiche Achour et Khali., 2014). Nevertheless, our results are superior to those found by (Pehlivan and Gül., 2015) in Turkey, which was from 1.71 to 3.61 mg/kg, and well as those found in Serbia by (Spirić et al., 2019) who described values from 0.77 to 3.94 mg/kg. As for (Nega et al., 2020) in Ethiopia, they too found values below ours, namely 0.59 to 5.39 mg/kg.

The concentration of this element in our samples was maybe related to environmental

Table 1: the mean and standard deviation of the heavy metals contents (mg/Kg) in honey samples.

Heavy metals	Site 01 N=2	Site 02 N=3	Site 03 N=3	Site 04 N=2
Fe	8,96 ±0,1228	6,697±0,1201	7,947 ±0,652	4,220 ±0,0378
Cr	0,974 ±0,0329	0,812 ±0,0305	0,775 ±0,0204	0,499 ±0,0217
Ni	0,567 ±0,0052	0,690 ±0,0334	0,753 ±0,06	0,392 ±0,0216
Cu	0,277 ±0,0114	0,192 ±0,0037	0,244 ±0,0073	0,128 ±0,030
Cd	0,020 ±0,0022	0,017 ±0,0013	0,011 ±0,0015	0,009 ±0,0017

Note: the mean ± standard deviation, N=Number of beehive

pollution due to anthropogenic activities near study sites such as the steel complex of El Hadjar. The dust dispersion is remarkable with the highest Fe values in Site 01 (Sidi Amar), which happens to be the closest to the steel complex of El Hadjar on the other hand by comparing it to that of Site 04 (Cemetery Christian). Despite the purely urban ecosystem, the Fe rate in this latter is two times lower than that of the Site (01). Our values are much lower than those found by (Draiaia., 2016). The values found by the latter vary between 60.62 and 201.07 mg/kg with an average of 103.51 ± 6.64 mg/kg. According to (Draiaia., 2016) the among honey studied in the region: Bargouga, Al Matar, Hjar Diss, and El Bouni in the wilaya of Annaba, the high content of Fe explained given the pollution developed by the El Hadjar steel complex located near the area where the hives placed.

The highest concentration of Cr was found at site 01 (Sidi Amar) with a value of 0.974 mg/kg compared to site 04 (Christian cemetery) with 0.499 mg/kg. Analysis by the t-test gives us very highly significant differences between the four sites ($t = 7.755$; $p = 0.004$; ***). These levels are higher compared to the different results described by authors such as (Yaiche Achour et Khali., 2014) in Algeria (0.023 mg/kg), (Pehlivan and Gül., 2015) in Turkey (0.001 to 0.036 mg/kg), (Nega et al., 2020) in Ethiopia (0.22 to 0.46 mg/kg) as well as (Aghamirlou et al., 2015) in Iran (1.2203 to 0.17237 mg/kg). These differences could be due to industrial companies present in the honeybee foraging area which can affect honey through their pollutants, which can contain high levels of toxic elements such as heavy metals (Cr). Our results are lower than those of (Draiaia., 2016), who found high levels of Cr with an average of the order of 1.34 ± 0.90 mg/kg among studied samples of honey collected in the region of Annaba.

The Ni contents found during our study vary from 0.392 to 0.753 mg/kg. Analysis by the t-test gives us very highly significant differences between the four sites ($t = 7.552$; $p = 0.004$; ***). Ni values vary from country to country, as Turkey's rates are from 0.02 to 0.87 mg/kg (Pehlivan and Gül., 2015) and, in Iran's northwest, the results are between 1.09449 to 0.06504 mg /kg (Aghamirlou et al., 2015). The honey analyses showed different average Ni values by region in Ethiopia (Nega et al., 2020) found Ni levels of 0.14 mg/kg in Debre Markos, 0.12 mg/kg in Bicheno, and 0.04 mg/kg in Dejen. In the main, the concentrations of Ni in honey are between 0.3 and 1.3 mg/kg. These concentrations can be accidental or mostly natural (Bogdanov., 2004; Yaiche Achour et Khali., 2014). The presence of Ni in honey shows that this type of pollutant is now omnipresent and that it is difficult to find uncontaminated areas. (Porrini et al., 2002)

Cu contents for all the varieties of honey dosed are in the range of 0.128 mg/kg to 0.277 mg/kg. With a maximum of 0.277 mg/kg for site 01 (Sidi Amar) and a minimum of 0.128 mg /kg for site 04 (Christian cemetery). Analysis by the t-test gives us very highly significant differences between the four sites ($t = 6.464$; $p = 0.007$; ***). Interestingly, we notice a decrease in the content of this metal as we move away from the industrial area of El Hadjar. Our results agree with the results obtained by (Nega et al., 2020) 0.268 to 0.279 mg/kg from Ethiopia and fall within the ranges found by other researchers. In monofloral honey, from Turkey (Pehlivan and Gül., 2015) found values ranged from 0.01 to 0.36 mg/kg. In Serbia, (Spirić et al., 2019) found values ranging from 0.09 to 0.92 mg /kg. (Aghamirlou et al., 2015) in northwestern Iran, values are from 0.02765 to 2.87274 mg/kg. However, our results represent a low Cu content compared to the values cited by (Yaiche Achour et Khali., 2014), 3.22 mg/kg eucalyptus honey from the region Httatba and 2.72 mg/kg for orange honey. Cu can be presented in the honey due to the Cu fungicides use into agriculture. The main man-made releases of Cu are from coal-fired power stations, metal production, waste incinerators, sewage treatment processes, and from the application of agricultural chemicals. Smaller amounts are also released naturally from the earth's crust (Oroian et al., 2016). Conversely, in Romania, the results obtained by (Bartha et al., 2020) are too high compared to all the previously mentioned results 33.00 to 2.00 mg/kg.

Cd values are low at trace levels in all samples, ranging from 0.009 to 0.020 mg/kg. Analysis by the t-test gives us highly significant differences between the four sites ($t = 5.562$; $p = 0.011$;

***). Values obtained in our study are comparable to those found in a survey of Algerian honey by (Yaiche Achour et Khali., 2014) found 0.018 to 0.019 mg/kg. In northwestern Iran, values ranging from 0.12588 to 0.00136 mg/kg by (Aghamirlou et al., 2015) and in Moroccan monohoney in several localities values lower than 0.015 (mg/kg) (Moujanni et al., 2017). On the other hand, Cd levels detected in Turkish honey are much lower than ours ranging from 0.00023 to <0.0001mg/kg (Pehlivan and Gül., 2015).

While others have found much higher concentrations like the Romanian honey contained 3.81 to 0.05 mg/kg (Bartha et al., 2020). The presence of Cd at very high levels in honey is proof that there is a real pollution problem because Cd is not naturally present in the ecosystem at such high concentrations. Cd from metallurgical industries and incinerators is transported from the soil to plants and can then contaminate nectar and honeydew. Only a small part of the cadmium could reach the honey by air, mainly near the incinerators. (Bogdanov., 2006). In our case, the Cd levels obtained do not represent a danger. There are no specific maximum residual limits for Cd for honey, but a value of 0.1 mg/kg has been proposed by the European Union (Bogdanov., 2006). Our results remain below the limit set by the European Union.

CONCLUSION

According to our results the most abundant element, on average, is Fe, with an average concentration of 6.956 ± 2.045 (mg/kg), followed by Cr 0.765 ± 0.197 (mg / kg), Ni 0.6005 ± 0.159 (mg/kg), Cu 0.21025 ± 0.065 (mg/kg) and Cd 0.01425 ± 0.005 (mg/kg). From these results, we can establish a fairly clear picture of the presence of real pollution in the study region caused by the industrial presence in the city of Annaba. Firstly, we must highlight the rate of Fe present mainly by atmospheric and liquid discharges from the steel complex of El Hadjar in the study area. Secondly, the Cr level is the result of industrial discharges from the steel complex. Finally, the presence of Cd represents a real danger for various living beings (flora, fauna) as well as for public health. The concentrations obtained do not represent the true rate since some authors state that the bee filters heavy metals from the environment (Devillers and Pham-Delegue., 2002; Lequet., 2010) because it has a detoxification system that allows it to eliminate some of the pollutants encountered during its journey to feed. Therefore, an in-depth study on other products of the hive and the honeybee would allow us to have a very detailed picture of the state and the level of pollution in the region. According to (Kadem., 2005), it is confirmed that the El-Hadjar complex and more precisely the electric steelworks 1 and 2 are responsible for atmospheric emissions deposited in the soil and vegetation. The total quantity of this dust greatly exceeds the levels authorized by the WHO for all the constituent elements of this dust (Fe, Cu, Ni, Mn, Cr, Zn, Pb, etc.). Other studies focus on the diagnosis of the pollution of water resources in the sub-watersheds of the south-east of the Edough, samples were taken from Oued Forcha, Oued Sidi Harb, Oued Bouhdid and Oued Boudjemaa show high levels in heavy metals (Cr, Fe, Pb, Ni, Zn, Mn) coming mainly from liquid discharges from a few companies (galvanizing, metal processing, refinery, etc.) which are discharged either in the open air at the level of the wadis or at near Lake Fetzara (Amirat., 2012).

Thereby, the Annaba region is a region with a high risk of heavy metal pollution, and despite this, the honey samples analyzed were of good quality and much less polluted than the standards imposed by the European Union and the WHO. To conclude, the least polluted honey during our study happens to be the honey from Site 04 (Christian cemetery), this indicates that even if urban ecosystems tend to be more polluted than other ecosystems, Annaba's ecosystem is not too affected by pollution in general.

GRANT SUPPORT DETAILS

The present research did not receive any financial support.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there is not any conflict of interests regarding the publication of this manuscript. In addition, the ethical issues, including plagiarism, informed consent, misconduct, data fabrication and/ or falsification, double publication and/or submission, and redundancy has been completely observed by the authors.

LIFE SCIENCE REPORTING

No life science threat was practiced in this research.

REFERENCES

- Adujna, E., Hymete, A., Birhanu, G. and Ashenef, A. (2020). Determination of some heavy metals in honey from different regions of Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture* (2020), 6: 1764182.
- Aghamirlou, H.M., Khadem, M., Rahmani, A., Sadeghian, M., Mahvi, A. H., Akbarzadeh, A. and Nazmara, S. (2015). Heavy metals determination in honey samples using inductively coupled plasma-optical emission spectrometry. *Journal of Environmental Health Science & Engineering* DOI 10.1186/s40201-015-0189-8.
- Amirat, S. (2012). Diagnosis of the pollution of water resources and EDR Health in the sub-watersheds of the South-East of Edough. Thesis for obtaining the Magister degree in Hydrogeology, Badji Mokhtar-Annaba University. 117p.
- Anklam, E. (1998). A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 63 (4): 549-562.
- Bartha, S., Taut, I., Goji, G., Vlad, I.A. and Dinulică, F. (2020). Heavy Metal Content in Polyfloral Honey and Potential Health Risk. A Case Study of Copșa Mică, Romania. *Int. J. Approx. Res. Public Health* 2020, 17, 1507. DOI: 10.3390/ijerph17051507
- Belabed, A.I., Lebnaoui, S., Bouden, M.C., Brahmi, C.E. and Belabed-Zediri, H. (2017). The Use of a Bird Species as a Bioindicator: The case of Eurasian Jay (*Garrulus glandarius*) in the Edough Region (Northeastern of Algeria). *Journal of Advanced Zoology*, 38 (2) : 140-153.
- Biri, M. (2011). Tout savoir sur les abeilles et l'apiculture. De Vecchi. 298pp.
- Bogdanov, S. (2004) Beekeeping products, 23A Honey, Reviewed by the "beekeeping products" expert group 37 P.
- Bogdanov, S. (2006) Contaminants of bee products. *Apidology*, 37 (1) 1-18.
- Celli, G. (1983). - L'ape come insetto test della salute di un territorio.- In: *Atti XIII Congresso Nazionale Italiano Entomologia*, Sestriere – Torino, Italy (ARZONE, A., CONTI, M., CURRADO, I., MARLETTO, F., PAGIANO, G., UGOLINI, A., VIDANO, C., Eds) 637-644.
- De Rodriguez, G.O., De Ferrer, BS., Ferrer, A. and Rodriguez, B. (2004). Characterization of honey produced in Venezuela. *Food Chemistry*, 84 (4), 499–502.
- Devillers, j. and Pham-Delegue, mh (2002). Honey bees: estimating the environmental impact of chemicals. Taylor & Francis Editions, London and New-York, 332 p.
- Draiaia, R. (2016). Physico-chemical characterization and botanical name of Algerian honeys (Case of langstroth hives). Doctoral dissertation. Ph.D. thesis in Biochemistry. University Badji Mokhtar Annaba.319p.
- Kadem, D.E.D. (2005). Evaluation and behavior of heavy metals (Cd-Cr-Cu-Ni-Pb-Zn and Mn) in soils used for agriculture and natural vegetation subjected-to atmospheric pollution. (El-Hadjar - Annaba - East Algerian). Influence of vegetation on the dynamics of these metals) Doctoral dissertation. Ph.D. thesis in ecology, Mentouri University of Constantine. 76p.
- Küçük, M., Kolaylı, S., Karaoğlu, Ş., Ulusoy, E., Baltacı, C. and Candan, F. (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chemistry*, 100 (2), 526–534.
- Kujawski, MW. and Namieśnik, J. (2008). Challenges in preparing honey samples for chromatographic determination of contaminants and trace residues. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 27 (9), 785–793.

- Lequet, L. (2010). Du nectar a un miel de qualité : contrôle analytique du miel et conseils pratiques a l'intention de l'apiculteur amateur. Thèse pour obtenir le grade de Docteur vétérinaire à l'université Claude-Bernard – Lyon ,195p.
- Mahmoudi. R., Ghojoghi, A. and Ghajarbeygi, P. (2016). Honey Safety Hazards and Public Health. *Journal of Chemical Health Risks* 6(4) (2016) 249–267.
- Moujanni, A., Terrab, A., Eddoha,R., Nasser,B., Benbachir,M., Tannaoui,M., Zouaoui,A. and Essamadi, AK. (2017). Quantification of heavy metals and pesticides residues in labeled Moroccan *Euphorbia resinifera* honey from Tadla-Azilal JMES, 2017, 8 (5), 1826-1836.
- Nega, A., Mulugeta, E. and Abebaw, A. (2020). Physicochemical Analysis and Determination of the Levels of Some Heavy Metals in Honey Samples Collected from Three District Area of East Gojjam Zone of Amhara Region, Ethiopia. *J AgriSci Food Res*; 11: 279. DOI: 10.35248 / 2593-9173.20.11.279.
- Oroian, M., Prisacaru, A., Hretcanu, E.C., Stroe S.G., Leahu, A .and Buculei, A. (2016). Heavy Metals Profile in Honey as a Potential Indicator of Botanical and Geographical Origin, *International Journal of Food Properties*, 19: 8, 1825-1836, DOI: 10.1080 /10942912.2015.1107578.
- Pehlivan, T. and Gül, A. (2015). Determination of Heavy Metals Contents of Some Monofloral Honey Produced in Turkey *Journal of Applied Pharmaceutical Science* Vol. 5 (08), pp.042-045. DOI: 10.7324/JAPS.2015.50807.
- Perna, A. M., Grassi, G., Gambacorta, E .and Simonetti, A. (2021). Minerals content in Basilicata region (southern Italy) honeys from areas with different anthropic impact. *International Journal of Food Science & Technology* 2021, 56 (9), 4465-4472. DOI.org/10.1111/ijfs.15112.
- Perugini, M., Manera, M., Grotta, L., Cesarina Abete, M., Tarasco, R. and Amorena, M. 2011. Heavy Metal (Hg, Cr, Cd, and Pb) Contamination in urban areas and wildlife reserves: honeybees as bioindicator. *Biol Trace Elem Res*, 140, 170–176.DOI 10.1007/s12011-010-8688-z.
- Porrini ,C., Ghini S., Girotti S., Sabatini A. G., Gattavecchia E. and Celli G. (2002). - Use of honey bees as bioindicators of environmental pollution in Italy. - In: *Honey Bees: Estimating the Environmental Impact of Chemicals*, (DEVILLERS J., PHAM-DELÈGUE M., Eds), Taylor & Francis, London, and New York, 186-247.
- Porrini, C., Sabatini, A. G., Girotti, S., Ghini, S., Medrzycki, P., Grillenzoni, F., Bortolotti, L., Gattavecchia, E. and Celli, G. (2003). HONEY Bees and bee products as monitors of the environmental contamination. *APIACTA* 38 (2003) 63-70.
- Saxena, S., Gautam, S. and Sharma, A. (2010). Physical, biochemical, and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chem.* 118: 391–7.
- Spirić, D., Ciric, J., Teodorovic, V., Nikolic, D., Nikolic, A., Radicevic, T. and Jankovic, S. (2019). Trace elements and heavy metals in multi-floral honey from Serbia IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 333 (2019) 012104.
- Tuzen, M., Silici, S., Mendil, D. and Soylak, M. (2007). Trace element levels in honeys from different regions of Turkey. *Food Chemistry*, 103, 325–330.
- Wang, J., and Li, QX. (2011). Chemical composition, characterization, and differentiation of honey botanical and geographical origins. In S. Taylor (Ed.), *Advances in food and nutrition research* (Vol. 62, pp. 89–137).
- Yaiche Achour, H. and Khali, M. (2014). Physicochemical composition of Algerian honeys. Determination of trace elements and potentially toxic elements. *Africa Science*, 10 (2): 127 - 136.

