REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE

Mémoire de fin d'études

Présenté par

Melle KARIMA MOUDJEB
&
Melle ISRAA LEGAID

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER PROFESSIONNALISANT

En Technologies Avancées pour l'agriculture de précision

Thème

Usage de technologies modernes en apiculture (collecteur de venin automatisé).

Soutenu publiquement le **08/10/ 2025**

Devant le jury

Président	**Mr MAHIOUT Djamel**	**M.C.A.**
Examinateur	**Mr BIA Taha**	**M.C.B.**
Encadrant :	**Mme. HOMRANI Mounia**	**M.C.A.**
Invité	**Mr ABASSA Mustapha**	**Apiculteur**

Année Universitaire : 2024-2025.

Remerciements

*Au nom d'**Allah** le Tout Miséricordieux, Bénédiction et salut soient sur notre prophète **Mohamed.***

*Tout d'abord, on remercie **Allah**, notre créateur de nous avoir accordé vie, santé, sagesse et paix de l'esprit sans quoi nous n'aurions pu achever ce modeste travail.*

*Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude aux membres du jury, **Monsieur MAHIOUT** et **Monsieur BIA**, pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptantd'examiner et d'évaluer notre travail. Leurs remarques et leurs Conseils seront pour nous d'une grande valeur.*

*Nous adressons nos vifs et sincères remerciements à notre encadrante, **Madame HOMRANI Mounia**, pour avoir assuré la direction de ce travail, pour sa disponibilité, Ses précieux conseils et sa présence bienveillante tout au long de l'élaboration de ce mémoire. Nous lui sommes particulièrement reconnaissantes pour la confiance qu'elle Nous a accordée, son accompagnement scientifique et moral, ainsi que pour L'enrichissante expérience que nous avons vécue sous sa direction.*

*Ce travail a été réalisé à la **ferme de Mazagran**. Nous exprimons notre profonde gratitude pour l'accueil chaleureux qui nous a été réservé, ainsi qu'un remerciement Spécial à **Monsieur Mustapha ABASSA** pour les moyens mis à notre disposition afin De mener à bien ce travail.*

Nous remercions également nos familles pour leur soutien constant, leur amour et leurs encouragements, sans lesquels nous n'aurions pas pu arriver là où nous sommes aujourd'hui.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie Ce Modeste Travail

À la source de mon bonheur et mon modèle dans la vie,

Ma très chère Mère et mon cher Père,

Pour tout l'amour qu'ils me portent et pour leurs encouragements qu'ils m'ont apportés au cours de ce projet et durant toutes mes années D'études, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation et mon instruction pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affections sans limite, qu'ils trouvent ce travail en témoignage de ma profonde gratitude et ma reconnaissance infinie.

A mes frères et mes sœurs

Merci pour votre soutien et encouragements, vous occupez une place particulière

Dans mon cœur.

À toute ma famille

À toutes mes copines

À toutes les personnes qui me tiennent à cœur et à celles qui m'aiment.

En témoignage de mon affection.

Dédicaces

Je dédie cet ouvrage,

***À maman*,**

Quoi que je fasse, quoi que je dise, je ne te remercierai jamais comme il se doit, ton affection, ta bienveillance et ta présence à mes côtés ont toujours était ma source de force pour affronter toute obstacle.

Au meilleur papa du monde, Tu m'as toujours soutenu et encouragé, tu as cru en moi, tu as suscité en moi le gout de l'effort.

A mes frères et sœurs

En signe de reconnaissance, et d'expression de ma profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'effort et de moyens pour me voir réussir dans mes études,

À toute ma famille maternelle et paternelle,

À tous ce qui aiment le bon travail et ne recule pas devant les obstacles de la vie.

Résumé

L'apiculture de précision constitue une voie prometteuse pour la modernisation de la filière apicole en Algérie. Ce travail vise à évaluer la situation actuelle de cette pratique à travers une étude statistique menée auprès des apiculteurs, et à comparer l'efficacité de deux modèles de collecteurs de venin : un modèle classique et un modèle automatisé. L'enquête, réalisée via un questionnaire en ligne, a permis de recueillir des informations sur le profil des apiculteurs, leur expérience et leur perception des technologies modernes. Parallèlement, un essai expérimental a été conduit sur deux colonies d'*Apis mellifera intermissa*. Le premier dispositif, de conception classique, repose sur une plaque à électrodes fixes reliée à une source de tension continue, tandis que le second, automatisé, intègre un microcontrôleur (ATmega 328P) assurant la régulation de la tension, la programmation du cycle de stimulation et le contrôle à distance via Bluetooth. Les résultats statistiques ont montré un intérêt croissant pour l'innovation, mais freiné par le coût du matériel et le manque de formation. Sur le plan expérimental, le collecteur automatisé a produit en moyenne 0,21 g de venin par ruche contre 0,10 g avec le modèle classique, avec un taux de mortalité des abeilles nettement inférieur (0,001 % contre 0,02 %). Ces résultats confirment l'intérêt de l'apiculture de précision pour une production durable et respectueuse des colonies, tout en mettant en évidence la nécessité d'un soutien technique et économique pour sa diffusion en Algérie.

Mots clés : Apiculture, Collecteur de venin, Stimulation électrique, Venin d'abeille, Piqûre, Extraction, Sécurité, Productivité.

Abstract

Precision beekeeping represents a promising path for the modernization of the beekeeping sector in Algeria. This work aims to assess the current situation of this practice through a statistical study conducted among beekeepers, and to compare the efficiency of two venom collector models: a classical model and an automated model.

The survey, carried out via an online questionnaire, collected information on the beekeepers' profiles, their experience, and their perception of modern technologies. In parallel, an experimental test was conducted on two colonies of *Apis mellifera intermissa*.

The first device, of classical design, uses a fixed-electrode plate connected to a direct current source, while the second, automated one, integrates a microcontroller (ATmega 328P) that regulates voltage, programs the stimulation cycle, and allows remote control via Bluetooth.

Statistical results showed a growing interest in innovation, but one hindered by equipment costs and lack of training. Experimentally, the automated collector produced an average of 0.21 g of venom per hive compared to 0.10 g with the classical model, with a significantly lower bee mortality rate (0.001% vs. 0.02%).

These results confirm the relevance of precision beekeeping for sustainable and colony-friendly production, while highlighting the need for technical and economic support for its development in Algeria.

Keywords: Beekeeping, Venom collector, Electrical stimulation, Bee venom, Sting, Extraction, Safety, Efficiency.

الملخص

تُعَدُّ **تربية النحل الدقيقة** توجهاً واعداً نحو تحديث قطاع تربية النحل في الجزائر. يهدف هذا العمل إلى تقييم الوضع الحالي لهذه الممارسة من خلال دراسة إحصائية أُجريت بين مربي النحل، ومقارنة فعالية نموذجين لجهاز جمع سمّ النحل: نموذج تقليدي وآخر .آلي تم تنفيذ الاستبيان عبر نموذج إلكتروني، وجُمعت من خلاله معلومات حول خصائص المربين، وخبراتهم، وتصورهم للتقنيات
.*Apis mellifera intermissa* الحديثة. وبالتوازي مع ذلك، تم إجراء تجربة عملية على خليتين من نحل يعتمد الجهاز الأول، وهو تقليدي التصميم، على لوحة أقطاب ثابتة متصلة بمصدر جهد مستمر، بينما يضم الجهاز الثاني، وهو .لتنظيم الجهد الكهربائي، وبرمجة دورة التحفيز، والتحكم عن بُعد عبر البلوتوث **(ATmega 328P)** الآلي، **متحكماً دقيقاً** أظهرت النتائج الإحصائية اهتماماً متزايداً بالابتكار، لكن يعوقه ارتفاع تكلفة المعدات ونقص التكوين. أما من الناحية التجريبية، فقد سجّل الجهاز الآلي متوسط إنتاج قدره **0.21 غرام من السم لكل خلية** مقابل **0.10 غرام** في النموذج التقليدي، مع انخفاض ملحوظ .في معدل نفوق النحل (**0.001% مقابل 0.02%**)

تؤكد هذه النتائج أهمية تربية النحل الدقيقة كوسيلة لإنتاج مستدام يحافظ على سلامة الطوائف، مع إبراز الحاجة إلى دعم تقني .واقتصادي لتعميمها في الجزائر

الكلمات المفتاحية: تربية النحل، جهاز جمع السمّ، التحفيز الكهربائي، سمّ النحل، اللسع، الاستخلاص، الكفاءة، سلامة النحل

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Structure générale d'une ruche. 6
Figure 2: Les pelotes de pollen 8
Figure 3: La gelée royale. 8
Figure 4: La propolis 9
Figure 5: La cire d'abeille 9
Figure 6: Composition du venin d'abeille. 10
Figure 7: Capteurs de température de la Ruche. 16
Figure 8: Module DHT11 18
Figure 9: Collecteur de venin automatisé. 20
Figure 10 : Localisation de la ferme expérimentale de Mazagran sur Google Maps 25
Figure 11: Matériel apicole 25
Figure 12 : Collecteur de venin automatisé. 27
Figure 13 : Collecteur de venin traditionnel 27
Figure 14: Etapes de production de venin. 28

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les différentes propriétés thérapeutiques du venin d'abeille..... 13
Tableau 2 : Aperçu des études et analyses antérieures sur les dispositifs. 23
Tableau 3: Comparatif des dispositifs selon les revues intérieures. 24
Tableau 4: Comparaison technique entre collecteur de venin automatisé et traditionnel 32
Tableau 5 : Résultats de la quantité de venin obtenu par colonie selon le modèle de collecteur utilisé 34
Tableau 6 : Taux de mortalité des abeilles selon le modèle de collecteur utilisé..... 35

LISTE DES ABREVIATIONS

APIMONDIA : Apiculture Mondial (Fédération internationale des associations d'apiculteurs).

CCD : Colony Collapse Disorder (Syndrome d'effondrement des colonies).

DHT11 : Digital temperature and humidity sensor.

DSA : Direction des Services Agricoles.

ENVT : École Nationale Vétérinaire de Toulouse.

FAO : Food and Agriculture Organization (of the United Nations).

IPBES : Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

IZSLT : Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Regioni Lazio e Toscana (Italie).

OMSA : Organisation mondiale de la santé animale (anciennement OIE).

Table des matières

Remerciements
Dédicaces
Liste des abréviations
Liste des figures
Liste des tableaux
Résumé
Abstract

INTRODUCTION GENERALE 14

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I : Apiculture et production de venin

I. Apiculture et production de venin 4
I.1. Description de l'apiculture 4
I.2. L'apiculture en Algérie 4
I.3. Rôle écologique et économique des abeilles 5
I.4. Les ruches 5
I.4.1. Les différents types de ruches 5
I.4.2. La structure de la ruche 6
I.5. Produits de la ruche et valorisation 7
I.5.1. Le miel 7
I.5.2. Le pollen 7
I.5.3. Gelée royale 8
I.5.4. Propolis 8
I.5.5. La cire d'abeille 9
I.5.6. Le venin d'abeille 9
I.5.6.1. Description du venin d'abeille 9
I.5.6.2. Composition 10
I.5.6.3. Toxicité du venin d'abeille 10
I.5.6.4. Récolte du venin d'abeille 11
I.5.6.5. Conservation du venin d'abeille 11
I.5.6.6 Qualité du venin d'abeille 12
I.5.6.7. Propriétés thérapeutiques du venin 12

CHAPITRE II : APPORT DES TECHNOLOGIES MODERNES DE L'APICULTURE

II. Apport des technologies moderne de l'apiculture 14
II.1 L'apiculture de précision 14

II.2 Principes de l'apiculture de précision 14
II.2.1 Phase de collecte des données 15
II.2.2 Phase d'analyse des données 15
II.2.3 Phase d'application 15
II.3 Innovations technologiques : capteurs, IoT, automatisation 16
1. Capteurs de température 16
2. Capteurs d'humidité 17
3. Capteurs de poids 17
4. Capteurs de luminosité 17
5. Capteurs de direction et vitesse du vent 17
6. Capteurs sonores et vibratoires 17
7. Capteurs de position (GPS) 18
8. Module DHT11 18
9. Servomoteurs 18
-Les protocoles de communications 19
II.4 Collecteur de venin automatisé : mécanisme, sécurité, impact 19
II.4.1 Description technique 19
II.4.2 Automatisation 20
II.4.3 Modules et composants 20
II.4.4 Sécurité du dispositif 21
II.5 Revues intérieures sur ces dispositifs 23

CHAPITRE III : PARTIE EXPERIMENTALE

III.3 Présentation de la zone d'étude 25
III.3.1 Matériel biologique 25
III.3.2 Matériel apicole 25
III.3.3 Matériel de laboratoire 26
III.4 Enquête sur la situation de l'apiculture de précision en Algérie 26
III.5 Récolte de venin 26
1) Choix des colonies 26
2) Préparation du matériel 26
3) Production du venin 26
III.6 Quantité de venin produite 27
III.7 Taux de mortalité des abeilles 27
III.8 Évaluation de l'impact du collecteur 28
CHAPITRE IV : Résultats et Discussion 29

IV. Résultats de l'étude statistique

IV.1 Profil des apiculteurs enquêtés 29

IV.1.1 Types d'élevage et niveau de modernisation 30
IV.1.2 Adoption et perception des techniques modernes.....30
IV.1.3 Perception des bénéfices des technologies apicoles modernes 31
IV.1.4 Attentes et recommandations des apiculteurs 32
IV.1.5 Acceptabilité économique des technologies modernes.....32
IV.2 Comparaisons entre les deux prototypes de collecteur de venin utilisé.....32
1. Microcontrôleur et régulation des impulsions électriques 33
2. Alimentation et autonomie 33
3. Sécurité et gestion de l'agressivité.....34
4. Acceptabilité et contexte en Algérie.....34
IV.3 Quantité de venin récolté.....34
IV.4 Taux de mortalité.....35
IV.5 Effets de la collecte de venin sur la santé de production de miel 36
Conclusion 38
Référence bibliographique.....399
ANNEXE 44

INTRODUCTION GENERALE

Introduction

L'apiculture, activité ancestrale fondée sur l'élevage de l'abeille domestique (*Apis mellifera*), occupe une place essentielle dans l'agriculture durable et la préservation de la biodiversité. Traditionnellement centrée sur la production de miel, elle s'est progressivement diversifiée pour valoriser d'autres produits de la ruche à haute valeur ajoutée tels que la cire, la propolis, la gelée royale et le venin d'abeille (FAO, 2020). Cette diversification contribue à renforcer la rentabilité de la filière apicole et à soutenir le développement socio-économique des zones rurales (Boualem *et al.,* 2021).

Le venin d'abeille est une substance biologique complexe sécrétée par les glandes à venin des abeilles ouvrières. Il contient divers peptides bioactifs (tels que la mélittine, l'apamine et la phospholipase A_2), ainsi que des enzymes et amines biogènes, lui conférant une large gamme d'effets anti-inflammatoires, analgésiques, antibactériens et immunomodulateurs (Hossen *et al.,* 2017). La mélittine, qui représente environ 50 % du poids sec du venin, est la principale molécule bioactive. Des études récentes ont montré qu'elle possède également des propriétés anticancéreuses, notamment dans le traitement expérimental du cancer du sein, où elle inhibe la prolifération et la migration des cellules tumorales par surexpression des gènes *BRMS1* et *DRG1* (Sivri *et al.,* 2024).

En outre, le venin est utilisé comme ingrédient dans la formulation de pommades et crèmes destinées à soulager les douleurs articulaires et les affections rhumatismales, renforçant ainsi son intérêt pharmaceutique et cosmétique (Wehbe *et al.,* 2019 ; Son *et al.,* 2020).

La collecte du venin reste toutefois une opération délicate. Les méthodes traditionnelles, reposant sur la stimulation électrique manuelle, présentent plusieurs inconvénients : stress important pour les colonies, mortalité accidentelle d'abeilles, variations de qualité du venin et exposition répétée du récolteur à des piqûres (Scaccabarozzi *et al.,* 2021). De plus, ces techniques ne permettent pas un suivi précis des conditions environnementales influençant la production.

Dans ce contexte, l'intégration de technologies modernes ouvre de nouvelles perspectives pour la filière apicole. L'usage de capteurs, microcontrôleurs et systèmes automatisés connectés via l'Internet des objets (IoT) permet de contrôler à distance et en temps réel les paramètres de stimulation, de récolte et de conservation du venin (Zacepins *et al.,* 2017). Ces dispositifs intelligents contribuent à standardiser la qualité du produit, à réduire les pertes d'abeilles et à améliorer la productivité, tout en assurant une meilleure traçabilité et sécurité pour l'apiculteur.

Le présent mémoire, intitulé « Usage de technologies modernes en apiculture : collecteur de venin automatisé », s'inscrit dans cette dynamique d'innovation technologique. Il vise à étudier les principes de fonctionnement, la conception et les avantages des systèmes automatisés de récolte du venin d'abeille, en comparaison avec les méthodes conventionnelles.

Pour ce faire, le travail est structuré en deux parties :

- **Première partie :** synthèse bibliographique sur l'apiculture, la diversification des produits de la ruche et les approches technologiques modernes appliquées à la collecte du venin.
- **Deuxième partie :** étude expérimentale détaillant le matériel, la méthodologie de conception du collecteur automatisé, les résultats obtenus et leur discussion.

Ainsi, ce mémoire s'inscrit dans la dynamique de l'**usage des technologies modernes en apiculture**, en mettant l'accent sur les collecteurs de venin automatisés comme outil d'innovation et de durabilité.

.

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I : Apiculture et prouction de venin

I. Apiculture et production de venin

L'apiculture est une activité agricole essentielle qui permet de produire du miel, de la cire, du pollen, ainsi que d'autres produits de la ruche. Elle joue également un rôle écologique majeur grâce à la pollinisation des plantes. Parmi les produits apicoles, le venin d'abeille suscite un intérêt croissant pour ses applications thérapeutiques et médicales. Une gestion optimale des colonies est donc nécessaire pour assurer la qualité et la quantité de ces produits, faisant de l'apiculture une activité alliant tradition, économie et innovation scientifique.

I.1. Description de l'apiculture

Selon le Larousse Agricole (2012), l'apiculture est « l'élevage des abeilles pour les produits qu'elles fournissent (miel, propolis, gelée royale) ». Elle constitue à la fois une activité agricole et un savoir-faire scientifique reposant sur la gestion des colonies et la valorisation des produits de la ruche. Cette pratique, exercée depuis des millénaires, contribue à la fois à la production de ressources alimentaires et à la pollinisation, essentielle à la biodiversité et à la durabilité des écosystèmes agricoles (FAO, 2009).

I.2. L'apiculture en Algérie

L'apiculture algérienne possède une histoire ancienne, attestée par des représentations d'apiculteurs tenant des rayons de miel découvertes à Djemila (Sétif), témoignant de la pratique de cette activité depuis des siècles (ITELV, 2017). Transmise de génération en génération, elle reposait sur des méthodes traditionnelles, sans innovations majeures avant le XXe siècle (Skender, 1972).

Durant la période coloniale, l'apiculture moderne était essentiellement pratiquée par les colons européens, alors que la population locale conservait ses pratiques traditionnelles. À la veille de la guerre de libération, le cheptel apicole comptait entre 150 000 et 300 000 ruches traditionnelles et environ 20 000 ruches modernes. Une grande partie fut détruite durant la guerre, car elles étaient soupçonnées de servir de caches d'armes (Bedrane, 2016).

Après l'indépendance, l'Algérie engagea un vaste programme de reconstruction de la filière apicole. L'État encouragea la fabrication de ruches dites « algériennes » et la création de coopératives apicoles, notamment dans le cadre du premier plan quadriennal (Berkani, 1980 ; Bedrane, 2016). Selon la FAO, le nombre de ruches évolua en plusieurs phases : une croissance régulière entre 1960 et 1980, un déclin dans les années 1980-1990 dû à l'instabilité politique, une relance à partir des années 2000 avec le Programme National de Développement Agricole et Rural (PNDAR), puis une croissance ralentie depuis 2010, freinée par les feux de forêts et le changement climatique. Aujourd'hui, on estime le cheptel à environ 700 000 ruches modernes réparties sur l'ensemble du territoire et gérées par près de 20 000 apiculteurs (FAO, 2023 ; ITELV, 2022).

La production nationale de miel varie selon les années et les conditions environnementales, oscillant généralement entre 10 000 et 13 000 tonnes par an, avec un rendement moyen de 5 à 6 kg par ruche. En 2011, la production atteignait 4 700 tonnes, et en 2018 elle fut estimée à environ 7 000 tonnes (MADR, 2019). Le miel demeure le produit phare de l'apiculture algérienne, mais les apiculteurs s'intéressent de plus en plus à la diversification vers d'autres produits de la ruche : pollen, cire, gelée royale, propolis et plus récemment le **venin d'abeille**,

Malgré un potentiel floristique et écologique considérable, l'apiculture nationale fait face à plusieurs défis : dégradation des ressources mellifères, usage excessif de pesticides, mortalité des colonies et effets du changement climatique (Radja, 2024). Néanmoins, la filière continue sa modernisation, soutenue par une demande croissante en produits apicoles naturels et par le développement de la recherche et de la formation en apiculture de précision.

I.3. Rôle écologique et économique des abeilles

Les abeilles jouent un rôle écologique et économique fondamental. En assurant la pollinisation de près de 90 % des plantes à fleurs, elles maintiennent la biodiversité et soutiennent la production agricole mondiale (Adjlane, 2012 ; Vaissière, 2015). Elles représentent également une source de revenus pour de nombreux apiculteurs et contribuent à la sécurité alimentaire.

Leur rôle de « sentinelles de l'environnement » illustre la relation étroite entre apiculture et durabilité. La valeur économique mondiale de la pollinisation est estimée à plus de 500 milliards de dollars (IPBES, 2019). L'apiculture, activité à faible impact écologique, reste un levier essentiel pour la préservation des écosystèmes et la valorisation de produits naturels, dont le venin, aux propriétés thérapeutiques prometteuses.

I.4. Les ruches

La ruche représente l'habitat des abeilles. Il s'agit d'une structure quasi hermétique abritant une colonie. L'intérieur est constitué de rayons formés de cellules hexagonales recouvertes de cire d'abeille. Ces alvéoles servent à stocker la nourriture (miel et pollen) et à assurer le développement du couvain (œufs, larves et nymphes).

I.4.1. Les différents types de ruches

- **Ruches naturelles** : également appelées *ruches horizontales*, elles ne contiennent ni cadres préfabriqués ni cire gaufrée. Les abeilles y construisent elles-mêmes tous les éléments nécessaires à la colonie.

- Ruches traditionnelles : elles sont appréciées pour leur aspect naturel, leur durabilité, leur faible coût et leur simplicité d'utilisation. Parmi les modèles les plus connus figurent la ruche en paille, la ruche-tronc, la ruche kényane et la ruche alsacienne.

- Ruches modernes : encore appelées ruches verticales à cadres, elles représentent aujourd'hui le modèle le plus répandu. La ruche Langstroth est la plus utilisée dans le monde et constitue un standard pour l'apiculture commerciale grâce à ses cadres amovibles qui facilitent l'inspection et la récolte du miel. Parmi les autres ruches modernes, la ruche Dadant est également très répandue et la ruche Warré, appelée « ruche populaire », permet de simplifier les interventions de l'apiculteur.

Ruches intelligentes : Ce sont des ruches équipées de capteurs et de systèmes de suivi permettant de contrôler la santé des abeilles, la température, l'humidité et la production de miel en temps réel

I.4.2. La structure de la ruche

Une ruche moderne comprend généralement les éléments suivants **(Figure 1)** :

- **Le plancher** : support de la ruche, souvent muni d'un système d'aération.
- **Le corps de ruche** : partie principale contenant les cadres où se développent le couvain et où les abeilles stockent le miel et le pollen.
- **Les hausses** : compartiments supplémentaires placés au-dessus du corps, utilisés pour la récolte du miel.
- **Le couvre-cadres** : planche isolante placée au-dessus des cadres.
- **Le toit** : protège la ruche des intempéries.
- **L'entrée (ou trou de vol)** : ouverture par laquelle les abeilles entrent et sortent de la ruche.

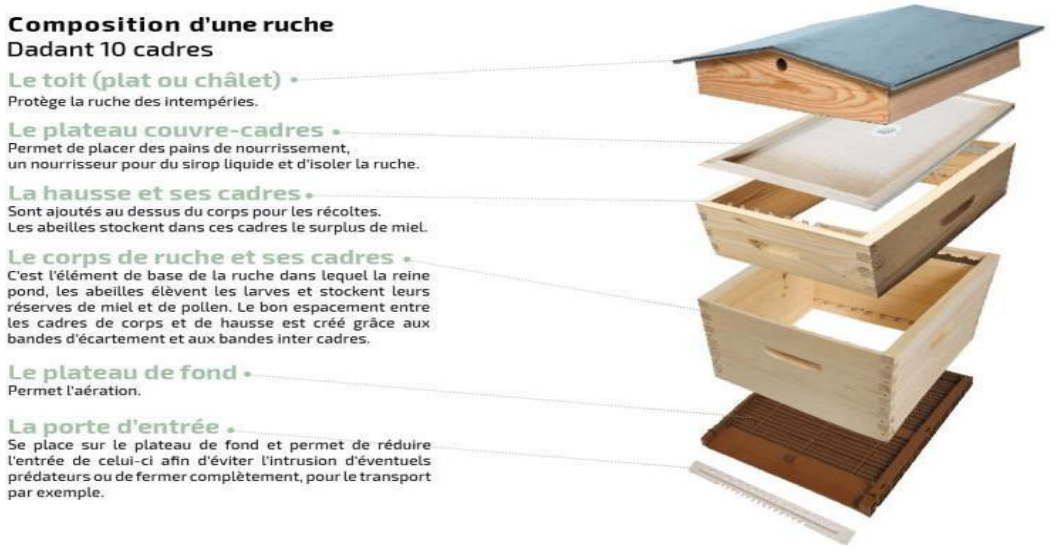


Figure 1 : Structure générale d'une ruche.

I.5. Produits de la ruche et valorisation

I.5.1. Le miel

Le miel est le principal produit de la ruche et la source d'énergie essentielle des abeilles. Il leur fournit les glucides nécessaires au vol, au maintien de la température du couvain et à l'ensemble des activités de la colonie (Pascal, 2009).

Chez l'homme, le miel est l'un des rares aliments d'origine animale consommés sans transformation. Il se distingue par sa richesse nutritionnelle et ses propriétés thérapeutiques reconnues depuis l'Antiquité (Clément, 2009).

Sa production résulte de la transformation du nectar des fleurs ou du miellat, liquide sucré excrété par certains insectes piqueurs-suceurs, notamment les pucerons, à partir de la sève des plantes (Schmidt, 2013). Les abeilles collectent ces substances, les enrichissent d'enzymes salivaires, puis les déposent dans les alvéoles où elles subissent une déshydratation naturelle par ventilation, assurant ainsi la maturation du miel (Oudjet, 2017 ; Philippe, 2007).

Selon le Codex Alimentarius (2001), le miel est une substance sucrée naturelle produite par Apis mellifera à partir du nectar floral ou des sécrétions végétales, transformée et stockée dans les rayons pour servir de réserve énergétique pendant les périodes défavorables (hiver ou disette).

Sa composition chimique est dominée par les sucres simples (glucose et fructose), accompagnés d'eau, d'acides organiques, d'enzymes, de minéraux, de vitamines et de composés phénoliques responsables de son arôme et de ses propriétés antioxydantes. Ces caractéristiques varient selon l'origine botanique et géographique, la saison, ainsi que les conditions de récolte et de stockage (Bradbear, 2010).

I.5.2. Le pollen

Le pollen, appelé également pain d'abeille, constitue une source essentielle de protéines pour la colonie. Il est récolté par les apiculteurs à l'aide de trappes à pollen placées à l'entrée des ruches **(figure 2)**. Sa composition moyenne est d'environ 25 à 30 % de protéines, 30 à 40 % de glucides et 5 à 10 % de lipides (Jansegers, 2007).

Les grains de pollen proviennent des anthères des fleurs et sont transportés vers la ruche sous forme de pelotes fixées aux pattes postérieures (David, 2008). Leur couleur varie selon l'espèce végétale butinée (Amigou, 2016). Le pollen est indispensable au développement des glandes hypopharyngiennes des abeilles (Lacube, 2015 ; Vaissière et al., 2002) et joue un rôle clé dans la physiologie et la productivité de la colonie (Nair, 2014 ; Louveaux, 1958). Il contribue également à la pollinisation et à la reproduction des plantes (Clément, 2009).

Figure 2: Les pelotes de pollen

I.5.3. Gelée royale

La gelée royale est une substance sécrétée par les glandes hypopharyngiennes et mandibulaires des ouvrières âgées de 5 à 14 jours **(figure 3)**. C'est une matière visqueuse blanchâtre, légèrement acide (Jean-Prost et Medori, 2005), destinée à nourrir les larves et exclusivement la reine tout au long de sa vie.
Sa composition comprend environ 12 % de protéines, 12 % de glucides, 5 % de lipides et 65 % d'eau (Jansegers, 2007). Elle est reconnue pour ses propriétés antifongiques, antibactériennes et revitalisantes (Fredot, 2009).

Produit entièrement élaboré par les abeilles, la gelée royale est essentielle à la longévité et à la fertilité de la reine (Prost et Le Conte, 2005).

Figure 3: La gelée royale.

I.5.4. Propolis

La propolis est une résine végétale collectée par les abeilles sur les bourgeons et les écorces d'arbres, puis mélangée à leurs sécrétions salivaires (Cherbuliez et Domerego, 2003). Elle joue un rôle essentiel dans la ruche, servant à colmater les fissures, renforcer les parois et surtout à protéger la colonie grâce à ses propriétés antiseptiques **(figure 4)**. Le terme « propolis » vient du grec pro (« en avant ») et polis (« cité »), en référence à sa fonction de défense de la colonie. Riche en flavonoïdes et en composés phénoliques, cette substance présente une pharmacologie variée et de nombreuses applications thérapeutiques (Clément, 2009).

La propolis récoltée par les abeilles sur l'écorce et les bourgeons de certaines plantes ou arbres (peuplier, bouleau, Saule, orme, frêne, épicéa, sapin, pin, cocotier, goyavier…), à laquelle elles ajoutent leurs Propres sécrétions (salivaires et cire) (Sauvager, 1992).

Figure 4: La propolis

I.5.5. La cire d'abeille

La cire d'abeille est une substance molle, jaunâtre et fusible, sécrétée par les glandes cirières des ouvrières entre leur 12e et 18e jour de vie (Biri, 2010 ; Christine, 2011). Elle sert principalement à la construction des rayons et alvéoles hexagonales de la ruche **(figure 5)**.

Sa production est coûteuse en énergie, puisqu'il faut environ dix parts de miel pour obtenir une part de cire (Christine, 2011). Sa composition chimique, issue de la transformation du miel et du pollen, est complexe (Gekker *et al.,* 2005), ce qui en fait une matière précieuse, largement utilisée aussi bien par les abeilles que dans divers domaines comme la cosmétique (Clément, 2009).

Figure 5: La cire d'abeille

I.5.6. Le venin d'abeille

I.5.6.1. Description du venin d'abeille

Le venin d'abeille est une substance produite par les femelles (ouvrières et reines) via deux glandes situées dans l'abdomen : la glande acide (venimeuse) et la glande alcaline (lubrifiante ou de Dufour) (Tanuğur-Samancı *et al.,* 2021). Il est stocké dans une poche spéciale et injecté par le dard lors de la piqûre. Chaque ouvrière contient environ 100 à 150 µg de venin, tandis que la jeune reine peut en contenir jusqu'à 700 µg (Danneels *et al.,* 2015).

La production commence dès l'émergence et atteint son maximum entre le 12e et le 20e jour de vie chez les ouvrières. Les gardiennes utilisent activement ce venin pour défendre la ruche, tandis que la reine ne l'utilise que pour neutraliser d'autres reines (Gajski *et al.,* 2024).

La production d'un gramme de venin nécessite environ 10 000 abeilles. Le venin est hydrosoluble, se décomposant au contact de l'alcool, et le venin printanier est considéré comme le plus actif en raison de l'ingestion importante de pollen par les ouvrières à cette période (Gajski *et al.,* 2024).

I.5.6.2. Composition

Le venin d'abeille est une matrice complexe renfermant des peptides, des enzymes, des amines biogènes, des acides aminés libres, des lipides, des sucres et des composés volatils **(figure 6)**. La composition du venin varie selon l'âge des abeilles, l'espèce et la nature des ressources florales exploitées (Scaccabarozzi *et al.,* 2021).

Les études récentes confirment que la mélittine est le composant dominant, représentant environ 40 à 60 % du venin sec, suivie de la phospholipase A_2 (10–12 %) et de l'apamine (2–3 %) (Flanjak *et al.,* 2019).

Parmi les enzymes, on trouve notamment la hyaluronidase, qui facilite la diffusion du venin dans les tissus, ainsi que d'autres enzymes comme les estérases ou les phosphatases (Flanjak *et al.,* 2019). Le venin contient aussi des amines biogènes telles que l'histamine, l'adrénaline, la dopamine, ainsi que des acides aminés libres et des composés volatils (Isidorov *et al.,* 2023)**.**Les composés volatils (VOCs) et les métabolites de faible poids moléculaire sont de plus en plus étudiés : une étude récente a identifié 149 composés volatils dans le venin sec et des centaines d'autres dans les extraits éther et méthanol du venin (Isidorov *et al.,* 2023).

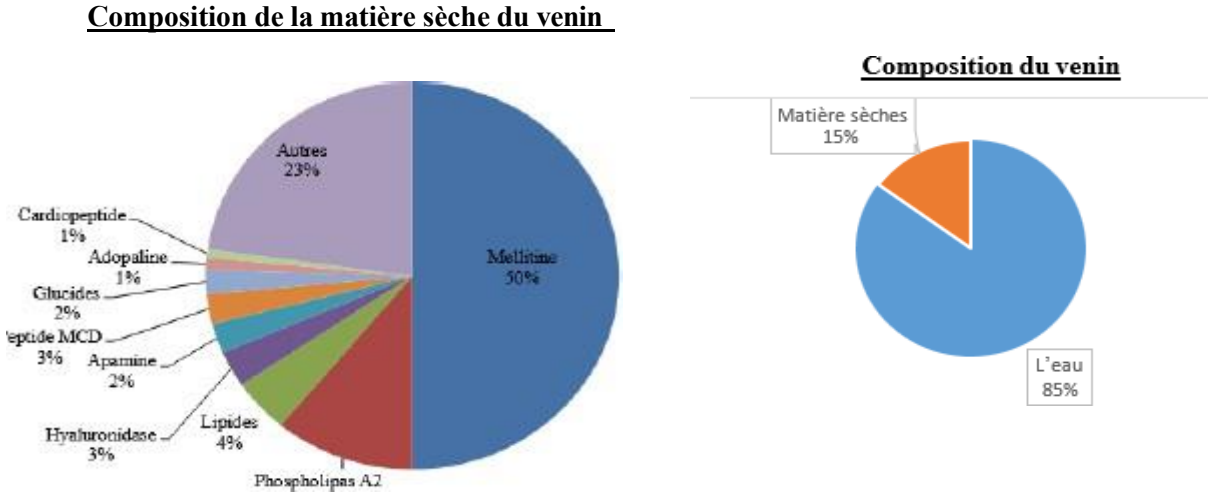


Figure 6: Composition du venin d'abeille (Habermann, 1972).

I.5.6.3. Toxicité du venin d'abeille

La piqûre d'abeille constitue avant tout un mécanisme de défense de la colonie. Lorsqu'une menace est perçue, les ouvrières gardiennes injectent le venin par l'intermédiaire de leur dard afin de

repousser l'agresseur. Chez la majorité des individus, cette piqûre provoque une réaction locale bénigne caractérisée par une douleur, un gonflement et une rougeur transitoire. Ces effets sont principalement dus à l'action de la mélittine et de la phospholipase A_2, deux composants majeurs responsables de l'inflammation et de la douleur.

Cependant, la toxicité systémique du venin dépend de la dose totale injectée et de la sensibilité individuelle. La dose létale moyenne (DL_{50}) est estimée entre 2,8 et 3,5 mg/kg de poids corporel, soit environ 20 piqûres par kilogramme (Golden *et al.,* 2017 ; Vazquez-Revuelta & Madrigal-Burgaleta, 2018). Chez l'humain, une exposition à un grand nombre de piqûres simultanées peut entraîner des effets systémiques graves, notamment une hémolyse, une rhabdomyolyse et, dans les cas extrêmes, une insuffisance rénale aiguë.

Les personnes allergiques présentent un risque accru, car une seule piqûre peut provoquer une réaction anaphylactique sévère, potentiellement mortelle sans traitement immédiat. L'incidence des réactions allergiques graves au venin d'abeille est estimée à environ 2 % de la population mondiale (Golden *et al.,* 2017).

I.5.6.4. Récolte du venin d'abeille

La méthode la plus utilisée pour la collecte du venin d'abeille est la stimulation électrique, mise au point en 1963 par le laboratoire d'électrophysiologie de l'Université Cornell (États-Unis). Elle présente l'avantage majeur de ne pas entraîner la mort des abeilles, contrairement aux méthodes mécaniques ou destructives. Ce procédé repose sur la stimulation réflexe du comportement de défense, permettant l'excrétion du venin de manière non létale.

Le dispositif est constitué d'une membrane en verre ou en plastique reliée à un générateur de courant électrique à basse intensité. Celui-ci est placé à l'entrée de la ruche. Lorsque les abeilles marchent sur la surface, un faible courant électrique (de l'ordre de 3 à 12 **volts)** provoque une excitation réflexe, les incitant à **piquer la surface conductrice**. À chaque piqûre, une petite quantité de venin est déposée sur la plaque et **sèche rapidement** sous forme de fines cristallisations. La piqûre déclenche également la **libération de phéromones d'alarme**, ce qui attire d'autres abeilles et amplifie la réaction défensive. Ainsi, le processus devient collectif et permet d'obtenir une quantité appréciable de venin en un temps relativement court. En moyenne, **1 gramme de venin** est récolté à partir d'environ **20 colonies**, soit l'équivalent d'environ **1000 piqûres en 1 à 2 heures** (Hegazi *et al.,* 2017 ; Bogdanov *et al.,* 2020).

I.5.6.5. Conservation du venin d'abeille

Une fois récolté, le venin est extrêmement instable à l'air libre, car plusieurs de ses composants volatils et enzymatiques se dégradent rapidement. Lors de l'exposition à l'air, il s'oxyde pour former une substance appelée apitoxine, dont certaines propriétés biologiques sont altérées.

Pour préserver ses caractéristiques physicochimiques, il est recommandé de le conserver à une température de 4 °C, dans des récipients hermétiquement fermés, à l'abri de la lumière et de l'humidité (Ali *et al.,* 2021). Dans ces conditions, la stabilité du venin peut être maintenue pendant plusieurs mois.

I.5.6.6 Qualité du venin d'abeille

La qualité du venin dépend de plusieurs facteurs, notamment la méthode de récolte, les conditions environnementales et la pureté du produit. Lors de la récolte par stimulation électrique, des contaminants biologiques et physiques (poussières, débris végétaux, fientes d'abeilles, particules d'air) peuvent altérer la composition du venin.

Un contrôle en laboratoire est donc indispensable pour évaluer sa pureté, sa composition et son activité biologique.

Les critères de qualité du venin frais incluent :

- Une teneur en eau comprise entre 55 et 70 % ;
- Un aspect liquide opalescent jaunâtre à incolore ;
- Une odeur légèrement miellée ;
- Une solubilité dans l'eau et les acides dilués, mais non dans l'éthanol ;
- Un pH compris entre 4,5 et 5,5 ;
- Une densité moyenne de 1,13.

I.5.6.7. Propriétés thérapeutiques du venin

Le venin et particulièrement la mellitine sont actifs au niveau du système nerveux en bloquant l'influx nerveux. Il stimule également l'axe « hypohysesurrénale » et donc les mécanismes protecteurs de l'organisme. Il entraîne une vasodilatation cérébrale, abaisse la tension artérielle, interrompt les crampes, diminue la sensation de douleur, est anti-inflammatoire, cardiotonique, anticoagulant et reste un agent immunologique actif. Celui-ci va être utilisé dans le cadre de myalgies, sciatiques, névralgies intercostales, cicatrices douloureuses en diminuant la douleur et l'inflammation créée. De même, le venin trouve une application dans les dermatoses, par exemple le psoriasis ou l'eczéma. Le venin est impliqué dans une méthode de traitement de la sclérose en plaque, appelé « Bee Venom Therapy » aux Etats-Unis où 40000 à 60000 patients sont traités chaque année par cette substance **(Tableau 1)**.

Tableau 1 : Les différentes propriétés thérapeutiques du venin d'abeille (Gharbi Mehdi : 2011).

Activité antioxydante	Cela est dû à la capacité des composants du venin à neutraliser les radicaux libres, la méllitine stimule de nombreuses enzymes, et la plus importante est la phospholipase (A2).
Action anti-inflammatoire	✓ La cortisone like est une réponse anti-inflammatoire provoquée par la méllitine, qui augmente la production d'ACTH par l'hypophyse, cela conduit à son tour à la sécrétion de cortisol dans la glande surrénale. ✓ MCD (peptide) inhibe la conversion de l'acide arachidonique en Prostaglandines qui provoque une inflammation.
Action immun stimulatrice	Après exposition à une injection de toxine, le corps réagit en préparant le système immunitaire (le venin est un nouvel antigène dans le corps) et c'est ce qu'on appelle **la modulation immunitaire** qui peut être comparée à une vaccination.
Action anticancéreuse	*Le venin d'abeille peut, in vitro, ralentir la croissance des* cellules cancéreuses, bloquer leur cycle cellulaire, fragmenter leur ADN et provoquer leur mort programmée, mais ce mécanisme reste encore à étudier.
Activité antimicrobienne	✓ c'est un antibactérien contre les bactéries à Gram négatif. ✓ La méllitine agit comme un excellent antifongique.
Action analgésique et antipyrétique	La méllitine active les récepteurs opioïdes et augmente l'activité **α2 adrénergique**, ce qui permet la perception de la douleur par Adolapine (antipyrétique et analgésique).
Action cicatrisante et régénérative	Les amines biogènes stimulent la circulation sanguine, Revascularisation des tissus et la vasodilatation.

CHAPITRE II : Apport Des Technologies Modernes De L'apiculture

Ces dernières années, les apiculteurs ne cessent de tirer la sonnette d'alarme. Malgré leurs efforts constants et le temps considérable consacré à leurs ruches, ils restent impuissants face à la hausse continue de la mortalité des abeilles.

Heureusement, ces appels ont été entendus par des techniciens et des ingénieurs qui se sont mobilisés afin de développer des solutions efficaces visant à freiner l'effondrement des colonies d'abeilles et d'autres pollinisateurs.

II. Apport des technologies moderne de l'apiculture

II.1 L'apiculture de précision

L'apiculture de précision désigne une approche moderne de gestion des ruches reposant sur l'usage des technologies numériques afin d'améliorer le suivi et la productivité des colonies d'abeilles. Elle consiste à équiper les ruches de capteurs et dispositifs connectés permettant à l'apiculteur de surveiller en continu l'état de ses abeilles, de limiter les pertes et d'optimiser les rendements (Aleksejs et *al*.,2012).

Cette discipline s'inscrit dans la continuité de l'agriculture de précision, dont elle reprend le même schéma méthodologique : collecte, analyse et application. Dans un premier temps, des données variées (température, humidité, poids des ruches, activité de butinage, conditions environnementales, etc.) sont enregistrées (Meikle et N. Holst,2015). Ensuite, ces informations sont interprétées à l'aide de modèles numériques et d'outils d'aide à la décision, permettant de dégager des tendances sur la santé et le comportement des colonies. Enfin, les résultats de l'analyse guident les interventions de l'apiculteur, qui peut agir rapidement et efficacement pour prévenir les risques et améliorer la performance de ses ruchers (Zacepins et *al*.,2015).

L'objectif central de cette approche est de fournir à l'apiculteur des informations claires et exploitables en temps réel, réduisant ainsi les interventions invasives et le stress des abeilles. En limitant les inspections manuelles répétées, on évite notamment le refroidissement du couvain et la perturbation de l'organisation interne de la colonie, tout en préservant ses ressources énergétiques.

Ainsi, l'apiculture de précision constitue un levier stratégique pour répondre aux défis actuels du secteur apicole, en conciliant bien-être des abeilles et productivité durable**.**

II.2 Principes de l'apiculture de précision

La mise en œuvre de l'apiculture de précision repose sur trois étapes fondamentales : la collecte des données, leur analyse et l'application des résultats.

II.2.1 Phase de collecte des données

La première étape consiste à enregistrer un ensemble d'informations relatives à l'environnement du rucher et à l'état des colonies. Elle mobilise diverses technologies permettant de relever des paramètres habituellement difficiles à évaluer par de simples observations humaines (Kviesis, A., & Zacepins, 2015).

Trois catégories de données peuvent être distinguées :

- **Paramètres liés au rucher :** conditions météorologiques (température extérieure, humidité, ensoleillement) et suivi vidéo.
- **Paramètres liés à la colonie :** température interne (indicateur clé de la vitalité et du développement du couvain), humidité, composition gazeuse, vibrations, poids de la ruche, enregistrements sonores, ainsi que des images thermiques et vidéos.
- **Paramètres individuels des abeilles :** comptage des entrées et sorties à la planche d'envol, densité des individus à proximité immédiate de la ruche.

II.2.2 Phase d'analyse des données

Une fois les informations recueillies, elles sont traitées afin d'identifier les tendances comportementales et physiologiques des colonies. L'apiculteur peut alors comparer l'évolution de plusieurs ruches et interpréter les résultats à l'aide de modèles issus de la recherche scientifique et des connaissances professionnelles (Meitalovs, J et *al* ., 2019).

Par exemple, les données thermiques permettent de distinguer différents états possibles : présence ou absence de couvain, essaimage imminent, ou encore mortalité de la colonie. De même, l'évolution du poids de la ruche renseigne sur le flux de nectar, la consommation des réserves alimentaires hors saison de butinage, ou la perte brutale liée à un essaimage.

L'analyse acoustique et vibratoire représente également une voie prometteuse. Les sons produits par les abeilles (bourdonnements, signaux liés à la naissance des reines) ou leurs vibrations détectées par capteurs permettent une surveillance continue et non invasive. Toutefois, ces méthodes restent encore majoritairement utilisées en contexte expérimental, car leur interprétation demeure complexe et soumise à de nombreux aléas (Meitalovs, J et *al*., 2019).

II.2.3 Phase d'application

La dernière étape correspond à la prise de décision. Les conclusions issues de l'analyse guident l'apiculteur dans ses interventions : ajustement de l'alimentation, prévention de l'essaimage, optimisation de la récolte de miel, ou encore traitement précoce en cas de maladies ou de stress (Meitalovs, J et *al* ., 2019).

II.3 Innovations technologiques : capteurs, IoT, automatisation

1. Capteurs de température

La surveillance de la température constitue un paramètre fondamental dans l'apiculture de précision, aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur de la ruche.

Température extérieure : La mesure des conditions thermiques environnantes permet d'évaluer l'influence du climat sur le fonctionnement de la colonie **(figure 7)**. Par exemple, certains matériaux de toiture comme le bitume peuvent atteindre des températures critiques susceptibles de nuire au bien-être des abeilles. L'usage de capteurs externes permet à l'apiculteur d'adopter des solutions correctives, telles que la mise en place de toitures végétalisées pour atténuer les effets de la chaleur excessive (Api-douceur, 2012 ; Gnazio *et al.,* 2020).

Température interne de la ruche : Le suivi de la température à l'intérieur du nid est primordial, car le maintien d'une valeur comprise entre 33 °C et 36 °C est indispensable à la bonne santé et au développement du couvain. Une dérive thermique, qu'elle soit positive ou négative, traduit souvent un dysfonctionnement de la thermorégulation et peut fragiliser la colonie (Musée du miel, 2020 ; Hossain *et al.,* 2023).

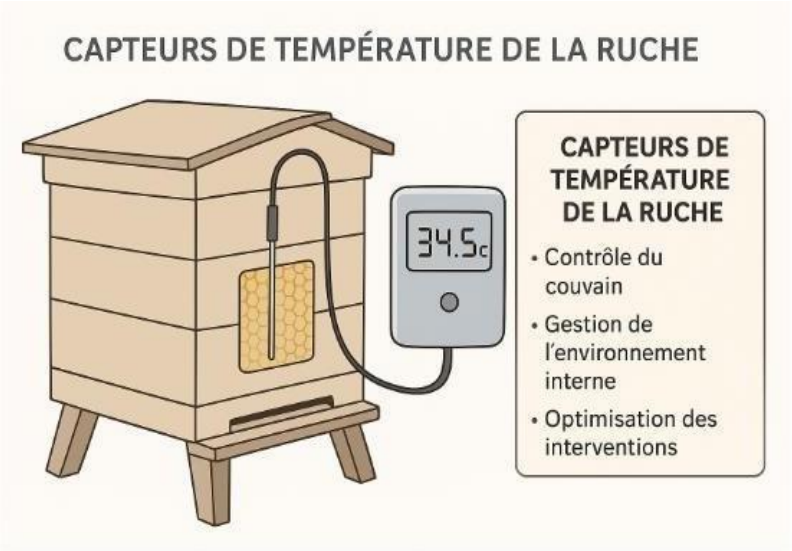


Figure 7: Capteurs de température de la Ruche.

Pour assurer ce suivi, différents instruments de haute précision sont utilisés : des sondes thermiques (±0,1 °C) et hygrométriques (±2 %) pour contrôler l'équilibre du couvain, des balances de précision (±10 g) pour détecter l'apport de nectar et estimer les flux de butinage, ainsi que des micro-accéléromètres capables d'analyser les vibrations et les signaux acoustiques afin de prédire des événements tels que l'essaimage ou la perte de la reine (Liam Davis,2025).

2. Capteurs d'humidité

Le taux d'humidité constitue un facteur essentiel pour l'équilibre des colonies d'abeilles.

À l'extérieur de la ruche, l'humidité influence directement la disponibilité du nectar et du pollen, ressources primordiales pour la nutrition des abeilles. Le suivi de ce paramètre aide l'apiculteur à anticiper les périodes de pénurie alimentaire et à adapter ses pratiques (Science Eaux et Territoires, 2019 ; Abbas *et al.,* 2022).

À l'intérieur de la ruche, le maintien d'un taux d'humidité adéquat est indispensable au bon développement des larves et nymphes. Une valeur anormale peut signaler un déséquilibre physiologique ou sanitaire de la colonie, nécessitant une intervention corrective.

3. Capteurs de poids

Le suivi du poids d'une ruche reflète l'interaction de la colonie avec son environnement. Les variations pondérales permettent de détecter :

- L'entrée de nectar au cours des miellées,
- La consommation des réserves alimentaires lors de périodes froides ou sèches,
- Un essaimage (baisse brutale et soudaine du poids).

Ce paramètre offre donc à l'apiculteur un outil fiable pour évaluer la vitalité de la colonie et prévoir ses besoins nutritionnels (Abdollahi *et al.,* 2022 ; Hossain *et al.,* 2023).

4. Capteurs de luminosité

La luminosité joue un rôle majeur dans l'activité de butinage. Grâce à des capteurs spécifiques, l'apiculteur peut orienter les ruches de manière optimale par rapport au soleil, ce qui permet d'allonger la durée de butinage et d'améliorer la productivité en miel (Gnazio *et al.,* 2020 ; Science Eaux et Territoires, 2019).

5. Capteurs de direction et vitesse du vent

Le vent est un facteur environnemental pouvant perturber le vol des abeilles et réduire leur efficacité de butinage. La mesure de la vitesse et de la direction des vents dominants permet à L'apiculteur de choisir un emplacement adapté et de protéger les ruches contre les rafales nuisibles (Musée du miel, 2020 ; Hossain *et al.,* 2023).

6. Capteurs sonores et vibratoires

Les abeilles communiquent principalement par le biais de vibrations et de signaux acoustiques. L'analyse de ces paramètres permet de détecter des événements critiques comme l'essaimage, la supersédure ou la perte de la reine.

Ces capteurs offrent une méthode non invasive de suivi comportemental, ouvrant la voie à une gestion proactive des colonies (Abdollahi *et al.,* 2022 ; Overblog, 2020).

7. Capteurs de position (GPS)

L'intégration de modules GPS dans l'apiculture de précision permet de localiser les ruches en temps réel. Cette technologie est particulièrement utile pour :

- Prévenir le vol des ruches,
- Gérer de grands ruchers répartis sur plusieurs sites,
- Optimiser les déplacements lors de transhumances apicoles (Abdollahi *et al.,* 2022 ; Overblog, 2020).

8. Module DHT11

Le capteur DHT11 est un dispositif numérique permettant la mesure conjointe de la température et de l'humidité. Il couvre une plage de température de 0 à 50 °C avec une précision de ±2 °C et un taux d'humidité relative entre 20 % et 80 % avec une précision de ±5 %. Sa rapidité (une mesure par seconde) et sa fiabilité à long terme en font un outil couramment utilisé dans les systèmes de surveillance apicole **(figure 8)**. Il communique facilement avec des microcontrôleurs comme Arduino via une entrée numérique, ce qui en facilite l'intégration pratique (Adafruit Industries,2019).

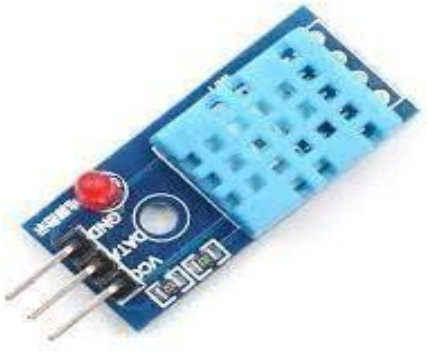


Figure 8: Module DHT11

9. Servomoteurs

Les servomoteurs sont des moteurs à courant continu intégrant un système de commande et un capteur (position, vitesse ou accélération). Ils permettent de déplacer et de maintenir un objet (ou bras mécanique) à un angle précis. Dans le cadre de l'apiculture de précision, ils peuvent être utilisés pour automatiser certains dispositifs (par exemple l'ouverture et la fermeture contrôlée d'entrées de ruches ou de systèmes de ventilation). Leur caractéristique principale est l'asservissement, c'est-à-dire leur capacité à répondre de manière précise à une commande externe (Adafruit Industries,2019).

-Les protocoles de communications

Protocole Wifi :

Le Wifi est une technologie permettant de créer des réseaux informatiques sans fil. Protocole Bluetooth : Le Bluetooth est un protocole de communication sans fil.

II.4 Collecteur de venin automatisé : mécanisme, sécurité, impact

Le collecteur de venin d'abeille constitue aujourd'hui un outil innovant et stratégique pour l'apiculture moderne **(figure 9)**. Conçu pour extraire le venin de manière contrôlée et respectueuse, il permet d'obtenir cette substance à forte valeur ajoutée sans compromettre la vitalité des colonies. Son utilisation s'inscrit dans une démarche éthique, garantissant à la fois l'efficacité du processus et le bien-être des abeilles (JEAN, 2007).

Le venin récolté, reconnu pour ses propriétés thérapeutiques (anti-inflammatoires, analgésiques, immunostimulantes), trouve de larges applications dans les secteurs pharmaceutique, cosmétique et de la médecine alternative. Ainsi, les apiculteurs qui adoptent ce dispositif peuvent diversifier leurs productions et générer des revenus supplémentaires grâce à un produit recherché sur le marché (Bradbear., N, 2010).

Pratique, portable et simple à mettre en œuvre, le collecteur s'adapte aussi bien aux exploitations apicoles artisanales qu'aux exploitations commerciales de grande envergure. En intégrant ce type de technologie, les apiculteurs contribuent non seulement à la valorisation économique de leur activité, mais également à la promotion de pratiques durables favorables à la santé et à la préservation des colonies d'abeilles (Bradbear., N, 2010).

II.4.1 Description technique

Le dispositif se compose d'une grille inox 304 parcourue par des micro-impulsions de 3–12 V, Commandées par un microcontrôleur 8 bits avec 99 niveaux d'intensité. Les abeilles libèrent levenin sur une plaque de verre trempé où il cristallise avant lyophilisation (JEAN, 2007).

- **Principe de fonctionnement**

Le dispositif stimule les abeilles par de courtes impulsions électriques non létales afin qu'elles piquent une surface de collecte. Les décharges sont générées à partir d'une alimentation 12 V convertie en impulsions alternatives contrôlées (5–20 V, 50–60 Hz) ; leur durée et fréquence sont pilotées par une carte de contrôle (Arduino) et des temporisations (relais). Le venin séché sur la surface de récolte est ensuite récupéré mécaniquement et conservé à l'abri de la lumière (JEAN, 2007).

Figure 9: Collecteur de venin automatisé.

II.4.2 Automatisation

L'intégration d'une carte de contrôle (Arduino Uno) permet d'automatiser le processus de stimulation. Les impulsions électriques (5–20 V, 50–60 Hz) sont générées à intervalles réguliers, avec un réglage précis de la durée et de la fréquence. Cette automatisation réduit l'intervention manuelle de l'apiculteur, homogénéise les conditions de collecte et améliore la reproductibilité des résultats.

Le collecteur de venin d'abeille est conçu pour un usage pratique directement au rucher. Son principe repose sur une grille électrifiée qui émet de faibles impulsions calibrées. Ces stimulations, indolores mais suffisantes, incitent les abeilles à libérer du venin sur une plaque de verre sans endommager leur dard. Le venin sécrété est ensuite récupéré par grattage de la surface.

Ce procédé reproduit le réflexe naturel de défense des abeilles, assurant une extraction respectueuse et durable. L'intégration d'un microprocesseur permet d'automatiser et de réguler l'intensité et la durée des impulsions, garantissant ainsi une collecte précise, limitant le stress de la colonie et optimisant la qualité du venin obtenu (Bradbear., N, 2010).

II.4.3 Modules et composants

- **Source d'énergie** : batterie rechargeable 12 V (≈3 A) ou alimentation stabilisée.
- **Générateur d'impulsions** : convertit le 12 V continu en impulsions alternatives intermittentes (5–20 V). Réglage de l'intensité et du temps d'émission. Utilise MOSFET pour régulation de tension.
- **Unité de contrôle** : Arduino Uno (pilotage des impulsions, temporisations, interface ON/OFF).
- **Minuteries / relais** : contrôlent la cadence et la durée des décharges.
- **Plaque de collecte** : plaque de verre recouverte de film alimentaire nylon ; dimensions ~27.5 × 32 cm, épaisseur 3 mm.

- **Grille électrifiée** : fils métalliques inox installés parallèlement, espacement 3 mm (conduite des impulsions). Constituée de fils inox parallèles espacés de 3 mm, elle délivre de brèves décharges qui incitent les abeilles à piquer.
- **Support :** châssis en bois adapté aux dimensions du cadre de ruche (ex. 270 × 420 mm, poids ≈0,86 kg).
- **Accessoires :** fer à souder, gratteur pour récupérer le venin, flacon sombre pour stockage, cellophane alimentaire.
- **Surface de collecte** : plaque de verre recouverte d'un film alimentaire sur laquelle le venin est déposé, séché puis gratté.

  Le générateur convertit l'Energie de la batterie 12 V en impulsions alternatives, transmises aux fils par un MOSFET et contrôlées via relais. Les abeilles, stimulées mais non tuées, injectent leur venin sur la plaque.

- Positionnement de la plaque : poser la plaque de verre (recouverte de film nylon) à ~3 mm des fils, de sorte que les abeilles puissent poser et piquer la surface sans contact létal.
- Câblage : relier la grille au générateur via un MOSFET piloté par l'Arduino ; intégrer la batterie et les relais pour la temporisation.
- Programmation : configurer l'Arduino pour envoyer des séries d'impulsions de durée et de fréquence définies afin de maximiser la récolte sans stresser les colonies.
- Récolte : après stimulation, gratter le venin séché de la plaque avec un grattoir stérile, transférer dans un flacon sombre et conserver à l'abri de la lumière.

II.4.4 Sécurité du dispositif

Sécurité des abeilles : calibrer intensité/durée pour éviter la mortalité et limiter le stress. Sécurité électrique : isoler les connexions, utiliser des dispositifs de protection (fusibles, boîtiers) et respecter les normes électriques locales. Pour les abeilles : la tension appliquée est maintenue faible et intermittente, ce qui limite le stress et empêche la mortalité. Les décharges sont toujours inférieures au seuil létal (Institut de l'abeille remercie en particulier ;2014).

Pour l'opérateur : le circuit est isolé, les connexions protégées, et un interrupteur ON/OFF permet un arrêt immédiat en cas de problème. L'utilisation de batteries basse tension (12 V) réduit les risques d'accident électrique.

Hygiène : utiliser matériaux propres et stériles pour la collecte et le conditionnement ; stockage en flacons opaques pour préserver la stabilité du venin. La plaque est protégée par un film alimentaire et le venin est conservé dans des flacons opaques pour préserver sa stabilité (Mémento de l'apiculteur ;2016).

Éthique et réglementation : s'assurer de la conformité avec la législation et des bonnes pratiques apicoles pour le bien-être animal.

Maintenance : vérifier régulièrement l'état des fils, des connexions et des composants électroniques ; calibrer périodiquement les paramètres d'impulsions.

Impact sur la colonie

Stress limité : bien que les abeilles soient temporairement agitées, elles ne perdent pas leur dard ni leur vie, contrairement à une piqûre sur un organisme animal.

Maintien de la productivité : la colonie conserve sa capacité à butiner et à produire miel, pollen et cire.

Durabilité : l'utilisation périodique (quelques minutes, 1–2 fois par semaine) évite un épuisement excessif des abeilles et permet une récolte de venin compatible avec le bien-être de la colonie.

Effet apicole global : lorsqu'il est correctement calibré, le collecteur n'affaiblit pas la colonie et s'intègre dans les bonnes pratiques apicoles modernes (Gilles Fert,2015).

II.5 Revues intérieures sur ces dispositifs

Tableau 2 : Aperçu des études et analyses antérieures sur les dispositifs.

Étude / Publication	Ce qui a été étudié	Résultats principaux
"Standard methods for *Apis mellifera* venom research" (2020)	Méthodes D'électrostimulation : caractéristiques des impulsions, configuration du dispositif (fils, plaque de verre), positionnement, durée, effets sur la colonie. **De Graaf, D. C. (2021).**	L'électrostimulation est la méthode moderne la plus sûre : les abeilles ne perdent pas leur dard et restent vivantes. Peak de production de venin dans la saison active (été--automne). Durée optimale ≈ 30-60 min / session, avec périodes de pause pour maintenir rendement.
"Bee Venom Collection and Its Effect on Royal Jelly Production in Honey Bee Colonies" (Omar *et al.,* 2014)	Impact de la collecte de venin (électrique) sur la production de gelée royale dans les colonies **(Omar *et al.,* 2014).**	Pas de différence significative dans la production de gelée royale entre colonies soumises à la collecte de venin électrique et colonies témoins.
"Impact of Bee Venom Collector Equipment Positions … Upper Egypt" (2023)	Évaluation de la productivité de venin selon la position du collecteur (dessus de la ruche, entrée, etc.) et selon les hybrides d'abeilles **Amro, A., & Mohamed, D. (2023).**	Certaines positions favorisent une plus grande récolte. Les hybrides montrent des différences de productivité selon leur variété.

L'intérêt pour les systèmes de collecte de venin d'abeille a augmenté au cours des dernières décennies, surtout en raison de la valeur thérapeutique et économique du venin. Ils sont conçus en utilisant des impulsions électriques de faible puissance, appliquées sur une toile ou un écran de verre. Ce processus active la réaction de défense innée des abeilles, qui libèrent alors une petite quantité de venin sans compromettre leur dard ni subir de dommages mortels. On sèche et on gratte le venin collecté pour l'utiliser dans différentes applications médicales, cosmétiques et pharmaceutiques De Graaf, D. C. (2021).

D'un point de vue technologique, les modèles actuels intègrent une régulation automatisée via un microprocesseur, assurant ainsi une stimulation régulière et évitant un stress excessif pour les abeilles. Quelques appareils sont mobiles, ce qui permet leur emploi tant dans les petites exploitations apicoles que dans les ruchers commerciaux.

Concernant la sécurité, ces collecteurs sont élaborés pour minimiser les effets néfastes sur les colonies. Néanmoins, des recherches indiquent que des stimulations excessives ou inappropriées peuvent momentanément déranger le comportement des abeilles et diminuer leur rendement. Par conséquent, l'utilisation judicieuse de ces dispositifs est cruciale pour équilibrer profitabilité et bien-être des animaux.

Tableau 3: Comparatif des dispositifs selon les revues intérieures.

Année	Institution	Sujet	Résultat clé
2020	Univ. Alger	Dispositif vibro-stimulant	+40% de rendement venin vs grille standard
2021	ENP Alger	Ruche connectée multicapteurs	Mortalité hivernale -22%
2024	OpenStudio	Projet Mellia (IA + IoT)	Prédiction essaimage 15 j à l'avance
2025	IMT Alès	Vision IA sur entrées de ruche	Détection Varroa préclinique 89% de précision

Les technologies modernes transforment l'apiculture d'une gestion empirique vers un pilotage data-driven. Capteurs IoT, IA et collecteurs automatisés répondent aux limites historiques en réduisant la mortalité, en améliorant la productivité et en diversifiant les revenus par la collecte de venin. Les études convergent pour montrer un retour sur investissement inférieur à trois ans et une amélioration mesurable du bien-être des colonies (Omar et al., 2014). La généralisation de protocoles ouverts et la baisse du coût des capteurs devraient démocratiser l'apiculture de précision, assurant ainsi la durabilité écologique et économique du secteur au XXIe siècle.

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE III : PARTIE EXPERIMENTALE

III.3 Présentation de la zone d'étude

Notre étude a été réalisée au niveau de la ferme expérimentale de Mazagran, appartenant à l'Université de Mostaganem. Cette ferme abrite un rucher composé de 25 ruches, entouré d'une flore diversifiée, principalement composée d'agrumes et d'olivier ainsi que de plantes sauvages telles que astéracées, carotte sauvage. La localisation du site est présentée dans la figure 10.

Figure 10 : Localisation de la ferme expérimentale de Mazagran sur Google Maps

Latitude : **35°55′14″ N** — Longitude : **0°05′52″ E** — Altitude **: 60 m**.

III.3.1 Matériel biologique

Abeilles : Colonies d'abeilles, appartenant à la sous-espèce : *Apis mellifera intermissa.*

III.3.2 Matériel apicole

- Ruches : Modèle Langstroth.
- Équipements de protection : Vêtements spécialisés, gants et voile apicole.

- Récolte de venin : Appareil de récolte de venin, Cellophane alimentaire

Figure 11: Matériel apicole.

III.3.3 Matériel de laboratoire

- Balance de précision
- Grattoire
- Flacon stérile.
- Gants et bavette

III.4 Enquête sur la situation de l'apiculture de précision en Algérie

Une enquête a été réalisée pour évaluer la situation de l'apiculture de précision en Algérie. Les données ont été collectées via un questionnaire structuré conçu sur **Google Forms**, destiné aux apiculteurs. Ce questionnaire portait sur les pratiques apicoles, l'utilisation des technologies de suivi des colonies, la gestion des ruches et les difficultés rencontrées.

Les réponses ont été exportées et analysées statistiquement. Les résultats ont été présentés sous forme de tableaux et graphiques descriptifs, permettant d'identifier les tendances et les pratiques les plus répandues en apiculture de précision dans le pays.

III.5 Récolte de venin

1) **Choix des colonies**

Deux ruches ont été sélectionnées pour la collecte du venin, choisies en fonction de leur vigueur et de leur état de santé. Seules ces colonies fortes et sans signe de maladie ont été retenues afin d'assurer une production optimale tout en limitant la mortalité des abeilles.

2) **Préparation du matériel**

Une plaque en verre a été soigneusement nettoyée, recouverte d'un film plastique, puis placée dans le collecteur destiné à la récolte du venin, qu'il soit automatisé ou classique.

3) **Production du venin**

Pour le dispositif automatisé **(figure 12)**, le collecteur est placé à l'intérieur de la ruche, au milieu des cadres, et les paramètres de l'appareil sont configurés à l'aide d'une application mobile, avec une faible fréquence électrique et une durée de 40 minutes afin de réduire le stress des abeilles. L'appareil est activé et les abeilles piquent la plaque sous l'effet des stimuli électriques, libérant leur venin. Après le temps programmé, l'appareil est éteint à distance. Apres l'avoir laissé un certain temps éteint, il retiré de la ruche.

Pour le dispositif classique**(figure 13)**, le collecteur est également placé à l'intérieur de la ruche, au milieu des cadres, après avoir été allumé manuellement. La stimulation dure vingt minutes, après quoi l'apiculteur récupére le collecteur et éteint l'appareil manuellement.

Dans les deux cas, le film plastique recouvrant la plaque est retiré et le venin est laissé à sécher. Une lame permet de gratter délicatement le venin sec, qui est ensuite transféré dans un tube de prélèvement. Le venin récolté est conservé au réfrigérateur, à l'abri de la lumière, afin de préserver ses propriétés.

Figure 12 : Collecteur de venin automatisé.

Figure 13 : Collecteur de venin traditionnel

III.6 Quantité de venin produite

Pour chaque ruche et chaque séance de récolte, le venin récupéré a été pesé après séchage à l'aide d'une balance analytique. La quantité moyenne de venin par ruche et par méthode a été calculée à partir des deux répétitions, ce qui permet de comparer l'efficacité des deux types de collecteurs tout en tenant compte de la variabilité naturelle entre les colonies.

III.7 Taux de mortalité des abeilles

L'impact de la collecte de venin sur la survie des abeilles a été évaluer pour chaque séance. Avant la récolte, une inspection visuelle de la planche d'envol et du fond de la ruche a été effectuée pour identifier le nombre d'abeilles mortes avant stimulation, permettant de distinguer les décès naturels de ceux liés à la récolte.

Pendant et après la stimulation, les abeilles mortes ou incapables de voler, trouvées à proximité du collecteur et sur la planche d'envol, ont été comptées. Le taux de mortalité a été exprimé en pourcentage par rapport à une colonie standard de 30 000 abeilles selon la formule suivante :

$$\text{Taux de mortalité (\%)} = \frac{\text{Nombre d'abeilles mortes durant la récolte}}{\text{Nombre moyen d'abeilles par colonie}} \times 100$$

- Nombre moyen d'abeilles par colonie = 40000 abeilles

Figure 14: Etapes de production de venin.

III.8 Évaluation de l'impact du collecteur

L'effet du collecteur sur les colonies d'abeilles a été évalueŕ par observation visuelle de leur comportement pendant et après la collecte, du développement (population d'abeilles, présence de couvain, vigueur générale) et par la mesure de la production de miel. Les résultats des colonies équipées du collecteur ont été comparés à ceux des colonies témoins.

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

IV. Résultats de l'étude statistique

Les résultats obtenus pour l'étude statistique sont présentes dans **la figure en annexe**.

IV.1 Profil des apiculteurs enquêtés

Répartis en dix régions, les apiculteurs les plus représentés proviennent de Béjaïa (28 %), suivie de Tizi Ouzou (12 %), Jijel (8 %) et Beskra (8 %) (figure, annexe). Les autres régions, notamment Mostaganem, Annaba, El Tarf, Laghouat, Ghardaïa, Chlef, Blida, Relizane, Skikda et Alger, représentent le reste des répondants. Cette répartition traduit une concentration de l'activité apicole dans les zones montagneuses et forestières du Nord-Est algérien, où les conditions climatiques et florales sont plus favorables à la production mellifère.

Concernant **l'âge des apiculteurs**, les résultats montrent une prédominance des tranches d'âge comprises entre 30 et 50 ans, représentant environ 60 % des répondants. Les jeunes de moins de 30 ans constituent près de 20 %, tandis que les apiculteurs de plus de 50 ans représentent également 20 % (figure, annexe). Cette structure démographique témoigne d'un renouvellement générationnel progressif et d'un intérêt croissant des jeunes pour cette activité, notamment grâce à l'accès facilité à l'information et aux formations apicoles locales.

Concernant **le genre**, la profession reste largement masculine : 96 % des répondants sont des hommes, contre 4 % de femme (figure, annexe), confirmant la faible féminisation de la filière apicole. L'apiculture est une vocation qui demande des déplacements fréquents vers des zones reculées, parfois difficilement accessibles ou peu sécurisées, et à des heures variables, ce qui peut freiner la participation féminine. Cependant, plusieurs programmes en Afrique du Nord visent aujourd'hui à promouvoir l'intégration des femmes rurales dans l'apiculture, notamment à travers des coopératives féminines et des formations locales (Belay et al., 2022 ; FAO, 2023). Ces initiatives permettent de renforcer leur autonomie économique, de créer des emplois, d'améliorer le pouvoir d'achat des familles modestes, et d'inciter davantage de femmes rurales à s'impliquer dans la filière apicole, contribuant ainsi au développement durable du secteur.

Sur le plan de **l'expérience apicole**, plus de la moitié des apiculteurs (64 %) possèdent moins de 10 ans d'expérience, dont 44 % exercent depuis 5 à 10 ans et 20 % depuis moins de 5 ans (figure, annexe). Les autres se répartissent entre 10 à 20 ans (16 %) et plus de 20 ans (20 %) d'activité. Cette répartition indique que la filière est portée majoritairement par des apiculteurs relativement récents, traduisant une dynamique de renouvellement et un intérêt croissant pour l'apiculture en Algérie.

Sur le plan de l'**instruction**, plus de la moitié des apiculteurs (**56** %) possèdent un niveau universitaire, tandis que 40 % ont un niveau secondaire ou proviennent de centres de formation professionnelle. Ce niveau d'éducation relativement élevé constitue un atout pour l'adoption de nouvelles technologies et la modernisation du secteur apicole.

IV.1.1 Types d'élevage et niveau de modernisation

Comme indiqué dans la figure en annexe la majorité des apiculteurs (64 %) utilisent des ruches modernes à cadres mobiles, 24 % pratiquent encore une apiculture traditionnelle, et 8 % déclarent pratiquer une apiculture de précision. Le reste adopte une forme hybride, combinant équipements classiques et outils connectés (capteurs, balances électroniques, applications mobiles, etc.). Cette modernisation progressive est essentielle face aux nouveaux défis environnementaux et sanitaires auxquels les colonies d'abeilles sont exposées. L'introduction de la technologie numérique dans l'élevage apicole — notamment via les ruches intelligentes — permet une surveillance en temps réel de la température, de l'humidité et de l'activité des abeilles, améliorant ainsi la prévention des pertes et la productivité (Al-Ghamdi et al., 2024 ; Karim et al., 2023).

L'abeille, considérée comme un bioindicateur écologique et une sentinelle de l'environnement, peut désormais être surveillée à distance, contribuant à la détection précoce des déséquilibres écologiques et des menaces sanitaires (Schiavone et al., 2024).

De plus, l'adoption de collecteurs automatisés de venin s'impose progressivement comme une innovation majeure : ces dispositifs réduisent les risques de piqûres et de mortalité des abeilles tout en améliorant la qualité et le rendement du venin (El-Saadany et al., 2024).

Le venin d'abeille, riche en peptides bioactifs comme la mélittine, a démontré récemment son efficacité thérapeutique contre certaines pathologies inflammatoires, neurologiques et même cancéreuses (Sivri et al., 2024 ; Zalat et al., 2024). Ainsi, la banalisation et la sécurisation de sa production via des collecteurs modernes représentent une avancée significative pour la valorisation des produits de la ruche à haute valeur ajoutée.

IV.1.2 Adoption et perception des techniques modernes

L'enquête menée auprès des apiculteurs révèle une dynamique contrastée quant à l'adoption des techniques modernes. En effet, 32 % des apiculteurs déclarent les avoir utilisées de manière occasionnelle, tandis que 16 % affirment les employer régulièrement. À l'inverse, 32 % n'y ont jamais eu recours mais envisagent de le faire prochainement, et une minorité indique ne pas disposer des moyens financiers nécessaires à leur acquisition.

Ces résultats traduisent une volonté croissante d'adopter l'apiculture de précision, encore freinée par des contraintes économique et un déficit de formation technique.

Concernant la perception de ces technologies, 72 % des apiculteurs considèrent que l'apiculture de précision est utile pour améliorer la productivité et la gestion des colonies, tandis que 28 % restent indécis, principalement par manque d'expérience ou d'informations. Ces tendances confirment les observations de Karmańska et al. (2025), selon lesquelles le niveau d'éducation et la formation influencent fortement l'adoption des technologies apicoles. De même, Mosisa (2024) souligne que la compatibilité des innovations avec les pratiques existantes et l'avantage perçu jouent un rôle déterminant dans leur diffusion.

L'ensemble de ces résultats rejoint les conclusions de Angasu et al. (2024), qui montrent que la sensibilisation, l'encadrement technique et les moyens financiers constituent les principaux leviers de l'intégration de l'apiculture moderne dans les exploitations de petite et moyenne taille.

IV.1.3 Perception des bénéfices des technologies apicoles modernes

L'analyse des réponses relatives aux avantages perçus de l'apiculture de précision met en évidence un intérêt marqué pour le renforcement du suivi et de la surveillance des colonies. L'amélioration du contrôle de l'état des ruches, notamment de la température interne, de l'humidité et du comportement des abeilles, a été citée à seize reprises, représentant la motivation principale évoquée. Ce résultat traduit la volonté des apiculteurs d'utiliser des outils capables d'optimiser la détection précoce des déséquilibres au sein des colonies.

La réduction des pertes de colonies vient ensuite, mentionnée treize fois, ce qui souligne l'importance accordée à la prévention des mortalités liées aux stress environnementaux et aux maladies. Le gain de temps dans la gestion du rucher (dix mentions) et l'augmentation de la production de miel (huit mentions) apparaissent également comme des bénéfices recherchés, bien que secondaires. Enfin, la gestion des transhumances n'a été évoquée que trois fois, traduisant probablement un usage encore limité des outils numériques dans cette activité spécifique. Ces résultats confirment que la priorité des apiculteurs demeure la préservation et la surveillance des colonies, avant même la recherche d'un gain économique immédiat. Cette tendance est cohérente avec les observations de Zacepins et al. (2022) et Nolasco et al. (2023), qui rapportent que l'adoption des technologies de l'apiculture de précision vise principalement l'amélioration du suivi sanitaire et technique des colonies plutôt que l'augmentation directe de la productivité.

IV.1.4 Attentes et recommandations des apiculteurs

Les réponses ouvertes au questionnaire révèlent une forte demande d'encadrement technique et de formation continue. Plusieurs apiculteurs recommandent de multiplier les journées d'étude et de formation et de renforcer la collaboration entre l'université, les services agricoles et les apiculteurs. Certains suggèrent la création de ruches intelligentes pour améliorer la production et le suivi des colonies, tandis que d'autres insistent sur la valorisation des produits de la ruche et sur la recherche appliquée dans le domaine de l'apiculture de précision. L'une des remarques recueillies résume bien cet état d'esprit : *« C'est par la science que nous progressons »*, soulignant la volonté des apiculteurs d'intégrer les avancées technologiques dans la pratique apicole nationale.

IV.1.5 Acceptabilité économique des technologies modernes

L'étude de l'acceptabilité économique montre une sensibilité importante au coût d'investissement. Concernant la ruche connectée, 48 % des apiculteurs jugent qu'un prix intérieur à 20 000 DA serait raisonnable, tandis qu'un pourcentage identique considère acceptable un tarif compris entre 20 000 et 40 000 DA. Pour le collecteur de venin automatisé, 88 % des répondants estiment qu'un prix intérieur à 50 000 DA serait abordable, contre seulement 12 % acceptant un tarif situé entre 50 000 et 80 000 DA. Ces résultats mettent en évidence que le coût demeure un facteur déterminant pour la diffusion des outils numériques dans le secteur apicole, confirmant les conclusions de El Amrani et al. (2023) et de Šabić et al. (2025), selon lesquelles l'accès financier et la disponibilité de formations techniques conditionnent largement l'adoption des technologies apicoles intelligentes dans les pays en développement.

IV.2 Comparaisons entre les deux prototypes de collecteur de venin utilisé

L'étude de deux types de collecteurs de venin d'abeilles, le modèle automatisé et le modèle classique, montre des différences notables tant sur le plan technique que sur l'impact comportemental et la sécurité pour l'apiculteur **(Tableau 4).**

Tableau 4: Comparaison technique entre collecteur de venin automatisé et traditionnel

Composant / Élément	**Modèle automatisé**	**Modèle classique**	**Description**
Microcontrôleur	ATmega 328P	Aucun	Sert de cerveau du système : contrôle la durée, la fréquence et la tension des impulsions électriques envoyées à la Grille.
Communication	Module Bluetooth HC-05 (via **application mobile**)	Aucun	Permet le **contrôle à distance** du collecteur à partir d'une **application mobile**, notamment le réglage de la minuterie, de la fréquence et de l'intensité Des impulsions.

Relais / Régulateur de tension	Relais électronique intégré	Aucun	Stabilise et régule la tension appliquée à la grille pour garantir une stimulation homogène et sécurisée.
Type de courant	**Courant alternatif (AC)**	**Courant continu (DC)**	Le modèle automatisé fonctionne en courant alternatif à impulsions modulées, tandis que le modèle classique utilise un courant continu simple.
Tension appliquée	**Réglable entre 5 et 24 V**	**Fixe à 18 V**	Le modèle automatisé permet d'ajuster la tension selon la sensibilité des abeilles.
Fréquence d'impulsion	**Réglable entre 35 et 50 Hz**	—	La fréquence est contrôlée électroniquement pour une stimulation optimale sans stress excessif pour les abeilles.
Minuterie / Contrôle de durée	**Programmable (0 à 60 min)**	**Aucune**	Permet de définir automatiquement la durée et les intervalles de fonctionnement du dispositif.
Interrupteur / Commande	Interrupteur intégré + commande à distance	Bouton manuel	Permet la mise en marche ou l'arrêt du dispositif de façon sécurisée.
Batterie / Alimentation	Batterie rechargeable intégrée (2000 mAh)	Pile simple	Fournit une autonomie suffisante pour plusieurs ruches sans remplacement fréquent.
Grille électrifiée	Fils métalliques parallèles en acier inoxydable	Fils métalliques parallèles	Stimule les abeilles pour la libération du venin sans les blesser.
Plaque de récolte	Plaque de verre trempé	Plaque de verre	Surface hygiénique pour la sécrétion et la collecte du venin.
Sécurité / Manipulation	Contrôle à distance via application, moins de contact direct	Manipulation manuelle directe	Réduit le risque de piqûres et diminue le stress des colonies.

1. Microcontrôleur et régulation des impulsions électriques

Le modèle automatisé utilise un microcontrôleur ATmega 328P associé à un module Bluetooth HC-05, permettant de contrôler à distance, via une application mobile, l'intensité, la durée et la fréquence des impulsions électriques. Cette régulation précise assure une stimulation douce et homogène des abeilles, limitant le stress physiologique et l'agressivité transitoire. Le modèle classique repose sur un générateur intégré alimenté par une pile, sans régulation précise, ce qui peut provoquer des décharges irrégulières et plus fortes, augmentant le stress des abeilles et le risque d'agression envers l'apiculteur. Ce modèle, de type égyptien, reste couramment utilisé en Algérie, bien que d'autres versions à tension réglable existent mais demeurent rares (Domerego, Imbert & Blanchard, 2010).

2. Alimentation et autonomie

La batterie intégrée de 2000 mAh du modèle automatisé permet de travailler sur plus de dix ruches sans recharge, réduisant les interruptions et le stress des colonies. Le modèle classique nécessite une pile remplaçable à chaque séance, ce qui limite la durée d'utilisation et oblige une manipulation directe du dispositif dans la ruche, augmentant ainsi le risque de piqûres et de stress pour les abeilles.

3. Sécurité et gestion de l'agressivité

Le modèle automatisé, contrôlable à distance, permet d'arrêter le dispositif sans contact direct avec la ruche et de laisser les abeilles se calmer avant récupération, réduisant ainsi le risque de piqûres et le stress de la colonie. Le modèle classique, quant à lui, nécessite une intervention manuelle directe, exposant davantage l'apiculteur et les abeilles.

4. Acceptabilité et contexte en Algérie

Le manque d'expérience des apiculteurs dans la production de venin et la faible disponibilité des dispositifs modernes limitent encore l'adoption des collecteurs automatisés. Cependant, l'intérêt croissant pour les applications médicales et pharmaceutiques du venin d'abeille pourrait favoriser une transition progressive vers ces modèles, plus sûrs, plus précis et plus efficaces (Bradbear, 2010).

IV.3 Quantité de venin récolté

Les résultats obtenus pour la production de venin sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Résultats de la quantité de venin obtenu par colonie selon le modèle de collecteur utilisé

Model de collecteur	Quantité de venin(gramme)			
	R1	R2	Moyenne± SM	Somme
Automatique	0,29	0,13	0,21±0,08	0,42
Classique	0,1	0,1	0,1±0,00	0,2

On constate que la quantité de venin produite en 40 minutes variait de 0,1 à 0,29 g par ruche La méthode utilisant le collecteur à venin automatisé a donné de meilleurs résultats que le collecteur classique avec une moyenne de 0,21 g soit près du double de la quantité obtenue par la méthode manuelle On observe cependant une variation notable entre les deux ruches lors de l'utilisation du modèle automatisé avec un total de 0,42 g pour le modèle automatisé contre 0,20 g pour le modèle classique Cette différence traduit une efficacité accrue du système automatisé liée à la régularité des impulsions électriques (courant alternatif de 20 V fréquence de 35 à 50 Hz) et à la meilleure répartition des stimuli sur la grille collectrice Le modèle classique fonctionnant à 18 V en courant continu présente une stimulation moins homogène et plus variable selon la réactivité des abeilles Ce type de dispositif automatisé permet donc une stimulation plus régulière et moins stressante pour les abeilles favorisant une sécrétion plus stable du venin

Des résultats similaires ont été rapportés par Benton et al., 1963, qui ont obtenu des rendements compris entre 0,15 et 0,25 g de venin par colonie en 40 minutes à des tensions comparables De même,

Elenany, 2024, a montré que les collecteurs placés à l'intérieur de la ruche pouvaient atteindre jusqu'à 0,30 g de venin par colonie contre 0,18 g pour ceux situés à l'entrée soulignant l'influence de l'emplacement du dispositif sur la production

La production de venin chez les abeilles est influencée par plusieurs facteurs notamment la méthode de collecte la force et la sous-espèce de la colonie la disponibilité du pollen la saison et les conditions environnementales Zidan et al., 2018, El-Bahnasy et al., 2020 ; Alfattah et al., 2024, Amro et Mohamed, 2023 ; Nowar, 2016 ; Nour-El-Deen et Shaheen, 2024 Les colonies bien nourries produisent davantage de venin et présentent des glandes à venin mieux développées tandis qu'un apport insuffisant en pollen peut réduire la production et modifier le comportement des abeilles De plus la fréquence et l'intensité du courant électrique de stimulation influent directement sur la productivité du venin confirmant la nécessité d'un réglage précis des paramètres électriques pour maximiser le rendement tout en limitant le stress des colonies

Sur le plan économique le venin d'abeille demeure l'un des produits apicoles les plus valorisés En Algérie son prix est estimé à environ 11 000 DA par gramme ce qui en fait un produit à très forte valeur ajoutée Cette valeur élevée s'explique par la rareté du produit la technicité de la collecte et la demande croissante dans les domaines pharmaceutique cosmétique et biomédical Ces éléments justifient les efforts d'optimisation des techniques de récolte et le recours croissant aux collecteurs automatisés plus performants et plus sécurisés pour les abeilles comme pour l'apiculteur

IV.4 Taux de mortalité

Les résultats obtenus du taux de mortalité des abeilles sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Taux de mortalité des abeilles selon le modèle de collecteur utilisé

Model de collecteur	Taux de mortalité (%)		
	R1	R2	Moyenne ± SM
Automatique	0	0,0025	0,001±0,00
Classique	0,03	0,015	0,02±0,00

Le nombre d'abeilles mortes observé après la collecte du venin est resté très faible pour les deux méthodes utilisées. Avec le collecteur automatisé (20 V AC, fréquence 35–50 Hz), on a dénombré 6 à 12 abeilles mortes par ruche, tandis qu'avec le modèle classique (18 V DC), ce nombre variait de 0 à 2 abeilles par ruche. Ces valeurs correspondent à une mortalité moyenne bien inférieure au seuil critique de 0,1 %, considéré comme acceptable pour les pratiques apicoles. Selon Saci et Moussa (2021), après l'essai d'un collecteur de venin

Similaire, le taux de mortalité global des abeilles était de 0,0125 %, confirmant que l'extraction électrique, correctement réglée, n'engendre presque aucune perte pour la colonie. Des observations similaires ont été rapportées par Nour-El-Deen et Shaheen (2024), qui ont montré qu'une tension trop élevée (36 V, 80 Hz) pouvait provoquer un nombre plus important d'abeilles mortes, alors qu'à des intensités modérées (24 V, 50 Hz), la mortalité restait quasi nulle. Ces données confirment que la maîtrise précise des paramètres électriques (tension, fréquence, durée) est essentielle pour minimiser la mortalité et préserver la vitalité des colonies.

Il est également essentiel de souligner qu'un taux de mortalité des abeilles supérieur à 0,1–0,2 % peut entraîner des conséquences graves pour la colonie, telles qu'une perturbation de la dynamique démographique, une réduction de la surface de couvain, une altération de la thermorégulation interne, ainsi qu'une baisse de la production en miel et en venin, compromettant la survie et la productivité des colonies (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [ANSES], 2020; ITSAP, 2021).

IV.5 Effets de la collecte de venin sur la santé de production de miel

Dans notre étude menée à la ferme expérimentale de Mazagran, la collecte de venin, qu'elle soit réalisée par méthode automatisée ou classique, n'a pas entraîné de désorganisation notable au sein des colonies, ni de réduction de la production de miel, ni de diminution durable du couvain. Les observations après chaque séance ont montré une reprise rapide des activités normales (butinage, entretien du couvain, nettoyage), indiquant une bonne tolérance des abeilles au protocole appliqué (El-Shaarawy et al., 2007).

Un changement comportemental transitoire a toutefois été constaté dans les minutes suivant la stimulation, avec une augmentation de l'agressivité et de l'agitation des abeilles à l'entrée de la ruche. Cette réponse défensive est une réaction instinctive à la libération de phéromones d'alarme déclenchée par la stimulation électrique. L'intensité de cette agressivité dépend de la tension appliquée, de la durée d'exposition et de la force de la colonie. Une tension trop élevée ou des séances trop rapprochées peuvent prolonger cet état d'excitation et perturber temporairement la cohésion interne de la colonie (Omar, 2020).

Les collecteurs automatisés récents permettent de réduire cette réponse agressive grâce à une stimulation plus homogène et au contrôle de la durée de la séance. Dans notre étude, les collectes étaient espacées de 7 jours, permettant aux colonies de récupérer entre deux séances. À l'inverse, avec le collecteur classique, l'apiculteur doit s'approcher pour éteindre manuellement l'appareil, ce qui augmente le niveau d'excitation de la colonie (Amro & Mohamed, 2023).

Selon plusieurs travaux (Bradbear, 2010 ; Alqarni et al., 2022), les effets à long terme d'une collecte mal maîtrisée peuvent se manifester par un stress cumulatif, une baisse temporaire de l'activité de butinage, voire une diminution progressive du couvain si les intervalles entre collectes sont trop courts ou les tensions trop fortes. À l'inverse, lorsque la stimulation est bien calibrée et les collectes espacées, aucune perturbation durable de la colonie n'est observée. Ces données confirment que la gestion raisonnée de la collecte est un facteur clé pour préserver la vitalité des colonies sur le long terme.

Ces observations confirment que la collecte raisonnée, avec réglage précis des paramètres électriques et respect des intervalles entre séances, est essentielle pour préserver la vitalité et la stabilité comportementale des colonies (Turan & Erkan, 2023).

Enfin, l'usage des technologies modernes de production de venin représente une avancée majeure pour l'apiculture de précision. Les collecteurs automatisés récents permettent d'obtenir un venin plus pur tout en réduisant les risques pour les abeilles et pour l'apiculteur (Ali et al., 2025). Cependant, dans le contexte algérien, leur disponibilité reste limitée et leur coût élevé freine leur adoption à grande échelle. Le développement local de ces technologies représente donc une priorité pour moderniser la filière apicole et améliorer la durabilité de la production de venin d'abeille.

Conclusion

Conclusion

L'apiculture, branche essentielle de l'agriculture, joue un rôle économique et écologique majeur en assurant à la fois la production des divers produits de la ruche et la pollinisation des cultures. En Algérie, l'espèce *Apis mellifera intermissa* demeure la plus répandue, reconnue pour sa productivité et sa bonne adaptation aux conditions climatiques locales.

Ce travail a permis d'évaluer la situation actuelle de l'apiculture de précision en Algérie à travers une étude statistique menée auprès des apiculteurs, ainsi qu'une expérimentation comparative entre deux modèles de collecteurs de venin : un modèle traditionnel et un modèle automatisé. Ce dernier, équipé d'un microcontrôleur (ATmega 328P) assurant la régulation de la tension et la commande à distance, s'est distingué par sa simplicité d'utilisation, sa sécurité et son efficacité. Les résultats expérimentaux ont révélé une production moyenne de venin plus élevée (0,21 g contre 0,10 g avec le modèle classique) et un taux de mortalité des abeilles nettement inférieur (0,001 % contre 0,02 %), confirmant la supériorité du dispositif automatisé.

L'enquête statistique a mis en évidence une population d'apiculteurs globalement instruits et ouverts à l'innovation, bien que l'adoption des technologies modernes reste freinée par le coût du matériel et le manque de formation spécialisée. Ces constats rejoignent la tendance mondiale vers une apiculture plus technologique, orientée vers la durabilité et la gestion intelligente des colonies.

L'intégration des outils numériques et des systèmes automatisés ouvre de réelles perspectives pour améliorer la productivité, renforcer la surveillance sanitaire et limiter les pertes de colonies. Cependant, la réussite de cette transition dépend de la mise en place de programmes de formation adaptés, d'un accompagnement technique soutenu et de politiques d'appui à l'investissement dans les équipements de précision.

En définitive, l'apiculture de précision ne rompt pas avec les pratiques traditionnelles, mais les prolonge intelligemment en associant le savoir-faire ancestral aux avancées technologiques. Ce travail met en lumière le potentiel d'une apiculture algérienne innovante et durable, capable de concilier performance économique et respect du vivant. Préserver la santé des abeilles et la stabilité des colonies demeure plus que jamais un enjeu central face aux menaces croissantes liées aux changements climatiques, à la raréfaction florale, à l'usage de pesticides et à la pression des agents pathogènes.

Référence bibliographique

Référence bibliographique

- Abd Alfattah, M. A., Elfeel, M. A., & Haggag, S. I. (2024). Factors influencing bee venom production in Egypt: Seasonal, nutritional, and colony-related parameters. Egyptian Journal of Apicultural Research.
- Adafruit Industries. (2019). *DHT11 basic temperature-humidity sensor + extras*. Adafruit Learning System. https://learn.adafruit.com/dht
- ADJLANE N, DOUMANDJI SE, HADDAD N. (2012). Situation de l'apiculture en Algérie : facteurs menaçant la survie des colonies d'abeilles locales *Apis mellifera intermissa*. Cah Agric 21 : 235-41.
- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES). (2020). Guidelines for bee health and venom collection. Paris: ANSES.
- Aleksejs Zacepins, Jurijs Meitalovs et Egils Stalidzans, « Application of information technologies in precision apiculture » (Conférence), Proceedings of the 13th International Conference on Precision Agriculture (ICPA 2012), 2012.
- Ali, M. A., et al. (2022). *Bee Venom: Composition, Biological Properties, and Therapeutic Applications*. **Pharmaceuticals**, 15(3), 321.
- Amigou M., (2016). Les Résidus De Médicaments Vétérinaires Et De Pesticides Dans Les Produits Apicoles Alimentaires (Miel, Pollen, Gelée Royale Et Propolis). Thèse De Doctorat Vétérinaire, Faculté De Médecine De Créteil, Ecole Nationale Vétérinaire D'alfort, Pp. 139, 27-41.
- Amirat, A. (2014). Contribution A L'analyse Physicochimique Et Pollinique Du Miel De Thymus algeriensis de la région de Tlemcen. Mem. Master. Biologie. Lab. Laprona.Univ. Aboubekr Belkaid. Tlemcen. pp. 12-13.
- Amro, A. M., & Mohamed, A. M. (2023). Impact of bee venom collector equipment positions on venom yield and colony behavior. Egyptian Journal of Apicultural Research, 12(2), 21–28.
- Amro, A., & Mohamed, D. (2023). Impact of Bee Venom Collector Equipment Positions on the Productivity of Venom Extracted from Carniolan, Buckfast, and Italian Honeybee Hybrids in Upper Egypt. Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A, Entomology, 16(1), 189–197. https://doi.org/10.21608/eajbsa.2023.295885
- Apimondia, & IZSLT – Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Lazio e della Toscana "Mariano Aleandri". (2018). Apiculture, abeille domestique, maladies. Pratique appliquée à l'échelle mondiale. Numéro d'identification : 8714. Objectifs de développement durable : Pas de pauvreté, Bonne santé et bien-être, Vie terrestre durable.
- Argena, D. et al. (année à compléter). Seasonal variation of venom production in Apis mellifera macedonica. Journal of Hellenic Veterinary Medical Society.
- BARKANI M, KHEMICI A.(2017). Pratique de l'apiculture dans le nord Algérien.Univirsité Saad Dahleb de Blida. Projet de fin d'études, institut des sciences vétérinaire.70p
- Benhamza, 1979. Perspectives de développement de l'apiculture en Algérie : la prophylaxie dans le développement de l'apiculture dans l'est algérien. Engineering thesis, University of Constantine.
- Benhamza, M (2016) .Historique d'apiculture en Algérie.
- BENOIT Olivier2017. "L'abeille, sentinelle de l'environnement, au Nord et au Sud de la planète". MAYAZINE no 32, p. 3-11.
- Benton, A. W., Hunt, E. J., & Kemp, W. P. (1963). Bee venom collection: Methods and yield. Journal of Apicultural Research, 2(1), 15–23.

- Bernadette Darchen, L'apiculture de la Préhistoire à l'histoire, PLB éd., 2003, 40 p
- Biri ., (2002). Le Grande Livre Des Abeilles Cours D'apiculture Moderne .Ed. De Vecchi S.A , Paris .P.55 Et P.61 Et P.191.
- BIRI M . (2010). : tout savoir sur les abeilles et l'apiculture, Vecchi, Paris, 302p.

Blanc M., 2010. Propriétés et usage médical des produits de la ruche, Thèse de doctorat,

- BRADBEAR Nicola 2010. Le rôle des abeilles dans le développement rural : manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et services dérivés des abeilles. Roma : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). 248 p
- Bradbear, N. (2010). *Bees and their role in forest livelihoods: A guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Carvalho, F., Silva, A., & Oliveira, P. (2020). Melittin as a potential anti-cancer agent: Mechanisms and therapeutic applications. Cancer Letters, 474, 113–123. https://doi.org/10.1016/j.canlet.2020.03.021
- Casida J.E. (2009). Pest Toxicology: The Primary Mechanisms Of Pesticide Action. Chem. Res.Toxicol.,22: 609–19.
- Catays, G., (2016). Contribution à la caractérisation de la diversité génétique de l'abeille
- Chahbar, M (2017). Principales maladies et ennemies de l'abeille domestique Apis mllifera.
- Chakuya, J., Gandiwa, E., Muboko, N., & Muposhi, V. (2024). The Role of Apiculture in Food Security to Rural Communities: Case of Nyamakate Communal Area, Northern Zimbabwe. *Journal of Sustainable Forestry*, 43, 71 - 81. https://doi.org/10.1080/10549811.2024.2442792.
- Christine. (2011) - Société Royale D'apiculture De Bruxelles Et Ses Environs (Srabe).
- CLEMENT H. (2006). Le Traité Rustica de l'Apiculture, 2° Edition, Paris, Editions Rustica, ,528p.
- COOPERER AUJOURD'HUI 2009. Promouvoir les filières secondaires en milieu rural par une approche entrepreneuriale. Une expérience en pays Androy (Sud de Madagascar). Coopérer aujourd'hui no 64. 51 p.
- Danneels, E. L., De Graaf, D. C., Brewster, C. C., et al. (2015). Honeybee venom proteome profile of queens and winter workers. *PLoS ONE, 10*(3), e0118102. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118102
- David Paterson P., (2008). L'apiculture, Edition Quae P. 144, 5-142.
- De Graaf, D. C. (2021). Standard methods for Apis mellifera venom research. Journal of Apicultural Research, 60(4), 1–31. https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1801073 d'exercice, Médecine vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT. p 314
- Domerego, R. & Blanchard, M. (2007). Le venin d'abeille et ses applications thérapeutiques. Éditions Apimondia.,domestique Apis mellifera en France : cas du locus csd de détermination du sexe. Thèse I.M.E.-25110 Baume-les Dames(France).crée sa ruche.
- El-Bahnasy, S., Mahfouz, H., El-Shibiny, A., & El-Bassiony, M. (2020). Effect of some factors on honey bee venom production from different strains: Morphometric studies on venom gland and its reservoir in honeybee workers (Apis mellifera). Scientific Journal of Agricultural Sciences. https://doi.org/10.21608/sinjas.2017.78689
- Elenany, Y. (2024). Factors affecting the quantity and quality of honey bee venom collected from entrance and inside the beehive under Egyptian conditions. Journal of Apicultural Research, 64, 908–914. https://doi.org/10.1080/00218839.2024.2328473
- El-Saadany, A., et al. (2024). *Evaluation of new bee venom collection techniques for Apis*

mellifera lamarckii. Heliyon, 10(1), e2590171025000062. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e2590171025000062

- Gajski, G., Garaj-Vrhovac, V., & Toth, Z. (2024). Bee venom: Composition and anticancer properties. *Toxins, 16*(1), 12. https://doi.org/10.3390/toxins16010012
- Gharbi Mehdi. Les produits de la ruche : Origines - Fonctions naturelles - Composition Propriétés thérapeutiques Apithérapie et perspectives d'emploi en médecine vétérinaire, thèse pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire, université Claude-Bernard – Lyon I, Campus vétérinaire de Lyon, France, 2011, P 148-151
- Golden, D. B. K., et al. (2017). *Stinging Insect Allergy*. New England Journal of Medicine, 376(14), 1356–1367.
- Gupta, R., Sharma, P., & Verma, S. (2023). Therapeutic potential of bee venom and its components in cancer treatment. Journal of Natural Products, 86(2), 145–162. https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.3c00123
- Habermann, E. (1972). Bee and wasp venoms. Science, 177(4046), 314–322. https://doi.org/10.1126/science.177.4046.31
- Hassan, A. M., Zalat, S. S., & El-Sherif, N. (2023). *Comparative study on bee venom production and composition in different subspecies of honey bees.* Egyptian Journal of Agricultural Research, 101(4), 521–533.
- Hider, R. C., et al. (2020). *Recent advances in the collection and characterization of bee venom*. Toxicon, 187, 155–164.
- Hossen, M. S., Islam, M. R., & Rahman, M. M. (2017). Bioactive compounds of bee venom and their pharmacological activities: A review. Toxicon, 133, 103–112. https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2017.02.012
- Institut de l'abeille remercie en particulier : Guide des bonnes pratiques apicoles.édition l'ITSAP-Institut de l'abeille ; 2014.
- Isidorov, V. A., Czyżewska, U., & Swiecicka, I. (2023). Chemical composition of honeybee venom: Comprehensive GC–MS analysis of volatile and semi-volatile compounds. Toxins, 15(1), 45. https://doi.org/10.3390/toxins15010045
- ITSAP-Institut de l'abeille. (2021). Best practices for honeybee venom collection. ITSAP, France.
- JEAN-PROST P (2005). Apiculture; connaitre l'abeille, conduire le rucher (7e edition). Edition Tec&Doc.698p.
- Jean-René Mestre, Gaby Roussel, Ruches et abeilles : architecture, traditions, patrimoine, Éditions Créer, 2005
- JOHANSEN, Carl A., MAYER, Daniel F., EVES, Jack D. et KIOUS, Christopher W. (1983). Pesticides and Bees1. In : Environnemental Entomology. 1 octobre 1983. Vol. 12, n° 5, p. 1513-1518.
- Kairo, D. et al. (2016). Pesticides and honeybee fertility. Journal of Apicultural Research, 55(3), 299–308.
- Flanjak, I., Kovačić, M., Primorac, L., Soldić, A., Puškadija, Z., & Rajs, B. B. (2021). *Comparison between the quantity and quality of honey bee venom collected in the front and inside of the hive.* Journal of Apicultural Research, 63(3), 584–589. https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1994262
- Kviesis, A., & Zacepins, A. (2015). System Architectures for Real-time Beekeeping Monitoring. Procedia Computer Science, 77, 139–147. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.380

- Lacube J., (2015). L'abc De L'apiculture, Rustica Editions, P. 219-48-52.
- Louveaux, J (1972). Tous les pays méditerranéens sont propices à l'apiculture.
- Meitalovs, J., Kviesis, A., & Zacepins, A. (2019). Precision Beekeeping Technologies and Applications. Engineering for Rural Development, 18, 982–987.
- Meitalovs, J., Zacepins, A., Kviesis, A., & Komasilovs, V. (2019). Precision Beekeeping Technologies and Applications. Engineering for Rural Development, 18, 982–987.
- Nair, S. (2013). Identification Des Plantes Mellifères Et Analyses Physicochimiques Algérien, Thèse de doctorat, Oran.
- Nair, S., (2014). Identification des plantes mellifères et analyses physicochimiques des miels algériens. Thèse présentée pour l'obtention du diplôme de doctorat en Biologie. Université d'Oran. 202p.
- Nour-El-Deen, E. O., & Shaheen, A. A. (2024). The suitable diurnal time and synchronized period required to gain high yield of venom from honeybee colonies in Egypt: Influence of electric amplitude and the frequency level combinations on venom productivity of honey bee colonies. Egyptian Journal of Apicultural Research. https://doi.org/10.21608/ejarc.2024.340545
- Nowar, E.E. (2016). Venom glands parameters, venom production and composition of honeybee Apis mellifera L. affected by substitute feeding. Middle East Journal of Agriculture Research, 5(4): 596-603.
- Omar, M. A. (2017). Effect of honey bee venom collection on the activity of honey bee colonies. Middle East Journal of Agriculture Research, 6(2), 409–414.
- Omar, M. A. et al. (2014). Effect of bee venom collection on royal jelly production. Journal of Plant Protection and Pathology, 5(9), 879–886.
- OMSA (2025). Maladies des abeilles. Organisation mondiale de la santé animale. Consulté le [date d'accès], à l'adresse : https://www.woah.org/fr/maladie/maladies-des- abeilles-2/Université de Limoges, p 138.
- Saci, R., & Moussa, F. (2021). Evaluation of automated bee venom collectors: Effects on colony mortality and behavior. Journal of Apicultural Science, 65(3), 145–152.
- Sahinler, N., & Kaftanoglu, O. (2022). *Bee venom collection and its effects on worker bee mortality under different electrical conditions. Journal of Apicultural Research, 61*(3), 245–252.
- Santos, P. R., Oliveira, C. F., & Almeida, M. A. (2023). *Influence of tropical climate on the yield and bioactivity of Apis mellifera venom.* Veterinary Sciences, 10(3), 119.
- Scaccabarozzi, D., Dore, A., Barbero, F., & Nepi, M. (2021). Factors driving the compositional diversity of Apis mellifera venom: age, hive factors and management practices. PLOS ONE, 16(8), e0253838. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253838
- Sivri, N., Tetikoğlu, S., Kolaylı, S., Farooqi, A., & Uzuner, S. (2024). Anti-metastatic effects of bee venom and melittin in breast cancer cells by upregulation of BRMS1 and DRG1 genes. Chemical Biology & Drug Design, 104, 1123–1135. https://doi.org/10.1111/cbdd.14567
- Son, D., Kim, Y., & Lee, K. (2020). Topical bee venom applications for joint and muscle pain relief: A clinical overview. Phytotherapy Research, 34(5), 1078–1087. https://doi.org/10.1002/ptr.6598
- Tanuğur-Samancı, A. E., Doğan, Ş., & Öztürk, M. (2021). An evaluation of the chemical content and microbiological properties of honeybee venom. *Food Chemistry, 340*, 127977. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127977
- Turan, N., & Erkan, C. (2023). The effect of conductor wires of different metals on the amount of honey bee (Apis mellifera; Hymenoptera: Apidae) venom collected and its chemical content. European Journal of Entomology, 120, 366–371.

- Vaissiere B. (2002). Abeilles et pollinisation. Le Courrier de la Nature. (196):24-7.
- Vaissiere B. et Morison N., (2003) - Hyménoptères pollinisateurs: des abeilles
- Vannier P., 1999. L'ABCdaire du miel, Paris, Editions flammarion. p 120.
- Vazquez-Revuelta, P., & Madrigal-Burgaleta, R. (2018). *Management of bee venom hypersensitivity and toxic reactions*. **Allergy**, 73(2), 321–333.
- W. G. Meikle et N. Holst, « Application of continuous monitoring of honeybee colonies
- WAHL O. and ULM K. (1983) - Influence of pollen feeding and physiological condition on pesticide sensitivity of the honey bee Apis mellifera carnica. Oecologia, 59: 106 - 128.
- Wehbe, R., Frangieh, J., Rima, M., El Osta, B., & Sabatier, J.-M. (2019). Bee venom: Overview of main compounds and bioactivities for therapeutic applications. Molecules, 24(16), 2997. https://doi.org/10.3390/molecules24162997
- WOAH (2024). *Terrestrial Animal Health Code – Chapter 4.15, Official health control of bee diseases*. Organisation mondiale de la santé animale.
  FAO, Apimondia et IZSLT (2021). *Good Beekeeping Practices. Practical manual on how to identify and control the main diseases of the honeybee (Apis mellifera)*. FAO Animal Production and Health Manual No. 25, Rome.
- Zacepins, A., Brusbardis, V., Meitalovs, J., & Stalidzans, E. (2015). Challenges in the development of Precision Beekeeping. Biosystems Engineering, 130, 60–71. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.12.001
- Zacepins, A., Strazdins, G., & Berzins, A. (2017). Modern technologies for automated bee venom collection using IoT systems. Sensors, 17(11), 2568. https://doi.org/10.3390/s17112568
- Zidan, H., Mostafa, Z., Ibrahim, M., Haggag, S., Darwish, D., & Elfiky, A. (2018). Venom composition of Egyptian and Carniolan honeybee, Apis mellifera L., affected by collection methods. Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, A, Entomology. https://doi.org/10.21608/eajbsa.2018.17733
- **Domerego, R., Imbert, G., & Blanchard, C.** (2010). *Les remèdes de la ruche : miel, pollen, propolis, gelée royale.* Éditions Alpen, Paris.

ANNEXE

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc-j-yUDRmTYELrZq21EgaTLC5kLtm3A3OarzEYM2pVyjmltQ/viewform?usp=header

استبيان حولTu
لحديثة في تربية النحل

استبيان حول استخدام التقنيات الحديثة في تربية النحلTu

الهدف: يهدف هذا الاستبيان الى فهم مدى استخدام مربي النحل للتقنيات الحديثة , و معرفة احتياجاتهم و ارائهم حول استخدام هذه التقنيات مثل الخلايا الذكية , اجهزه الاستشعار مجمعات السم الالية و غيرها .

البريد لاكتوني hakimsegc1983@gmail.com :

- اقل من 25 عاما
- بين 25 و35 عاما
- بين 35 و 45 عاما
- اخرى

الجنس *

- ذكر

المنطقة بومرداس *

المستوى الدراسي *

- ثانوي

الخبرة في تربية النحل *

- تحت 5 سنوات
- بين 5 و10 سنوات
- اكثر من 30 عاما

عدد الخلايا التي يمتلكها65 *

نوع تربية النحل *

- تقليدية (خلايا بسيطة, طرق حرفية, معدات قليلة)
- الدقيقة (خلايا متصلة , اجهزه الاستشعار , تطبيقات الهاتف المحمول)
- الدقيقة المختلطة وتربية النحل الحديثة

* هل سبق لك استخدام التقنيات الحديثة في ممارستك لتربية النحل ؟

- ◯ نعم ,في بعض الاحيان
- ◯ لا ,لا ستطيع تحمل تكاليفه
- ◯ لا , و لكنني اخطط للقيام بذلك
- ◯ لا ,اذا لست مهتما

* منذ متى تستخدم هذه التقنيات ؟

- ◯ بضعة اشهر
- ◯ اكثر من سنتين

* ماهي معدات التكنولوجيا الحديثة التي تستخدمها ؟

- ☐ خلية متصلة
- ☐ اجهزه الستشعار(درجة الحراره ,الرطوبة, ثاني اكسيد الكربون)
- ☐ مقياس خلية النحل
- ☐ نظام تحديد الموقع GPS
- ☐ جامع السموم الالي
- ☐ كاميرا او المراقبة بالفيديو

* هل تعتقد ان استخدام هذه التقنيات كان مفيدا لاعمال تربية النحل الخاصة بك ؟

- ◯ لا
- ◯ اذا لا اعرف حتى الان

* ماهي الفوائد الرئيسية ؟

- ☐ اخرى

* ماهو السعر الذي تعتقد انه معقولا لشراء خلية متصلة ؟

- ◯ بين 20000-40000 دينار جزائري
- ◯ بين 40000-60000 دينار جزائري
- ◯ اكثر من 60000 دينار جزائري

* بالنسبة لجهاز جمع السم الالي, ماهو السعر الذي تعتبره معقولا ؟

- ◯ بين 50000-80000 دينار جزائري
- ◯ بين 80000-100000 دينار جزائري
- ◯ اكثر من 100000 دينار جزائري

* بالنسبة لجهاز جمع السم الالي, ماهو السعر الذي تعتبره معقولا ؟

- بين 50000-80000 دينار جزائري
- بين 80000-100000 دينار جزائري
- اكثر من 100000 دينار جزائري

* ماهي الصعوبات الرئيسية في استخدام هذه التقنيات ؟

- [ ] سعر مرتفع
- [ ] نقص التدريب
- [ ] صعوبة في الاستخدام
- [ ] عدم وجود كهرباء ولا انترنيت
- [ ] لا يوجد توفر محلي
- [ ] اخرى

* برايك ماهي التقنيات التي قد تكون مفيدة في ممارسات تربية الحل الخاصة بك ؟ التقنيات الحديثة مثل جميع سم النحل

* ماهي فوائد استخدام هذه الادوات برايك ؟

- [ ] انخفاض معدل الوفيات
- [ ] تحسين الانتاج
- [ ] تسهيل مراقبة الصحة

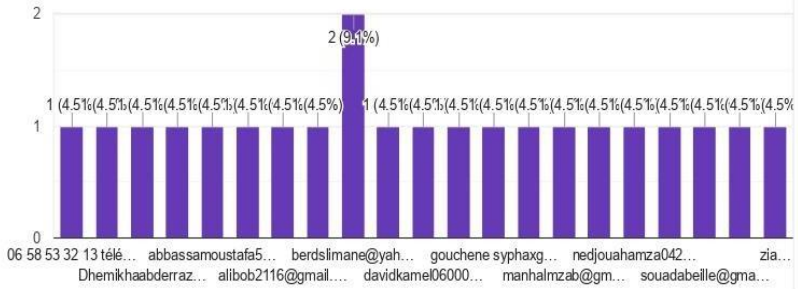
* ماهي افكارك العامة حول استخدام التقنيات الحديثة في تربية النحل ؟

- مفيده
- ليس مفيد جدا
- عديم الفائده

* ما الذي يجب فعله لتشجيع النحالين على استخدام التقنيات الحديثة ؟

- [ ] المدح والمساعدات للشراء
- [ ] التوفر المحلي للمعدات
- [ ] اخرى

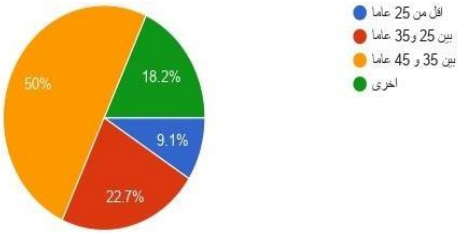
* لهل لديك اي تعليقات او اقتراحات لاضافتها ؟النحال لازم يطور نفسو ويخدم بي التقنيات الحديثة



نسخ الرسم البياني

العمر:

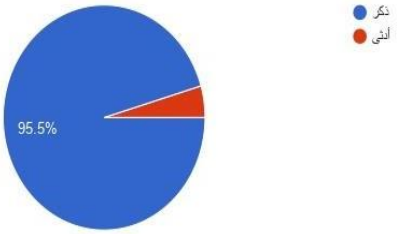
22 ردًا



نسخ الرسم البياني

الجنس

22 ردًا



المنطقة

22 ردًا

Béjaia

سكيكدة

mostaganem

بوقادير الشلف

ولاية غليزان دائرة وادي رهيو

Ghardaia

Bejaia

بسكرة

بسكرة

Bejaia

الجزائر العاصمة منتقل في ربوع الوطن

Blida

Tizi ouzou

ولاية الطارف

جيجل

Laghouat

عنابة

تيزي وزو

خراطة

Béjaïa

اوقاس

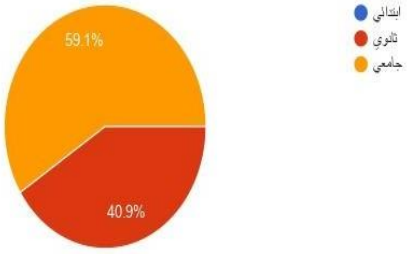
Jijel

بجايه

المستوى الدراسي

22 ردًا

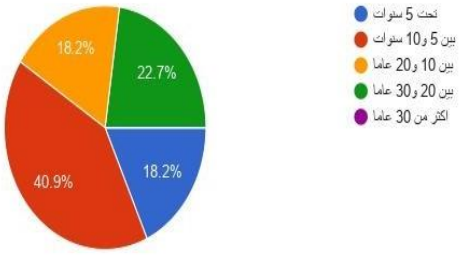
نسخ الرسم البياني

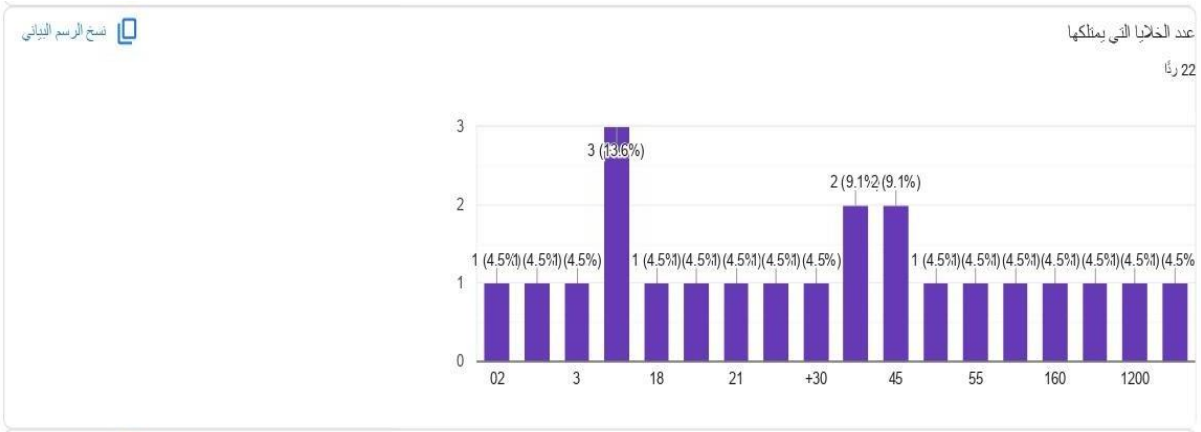


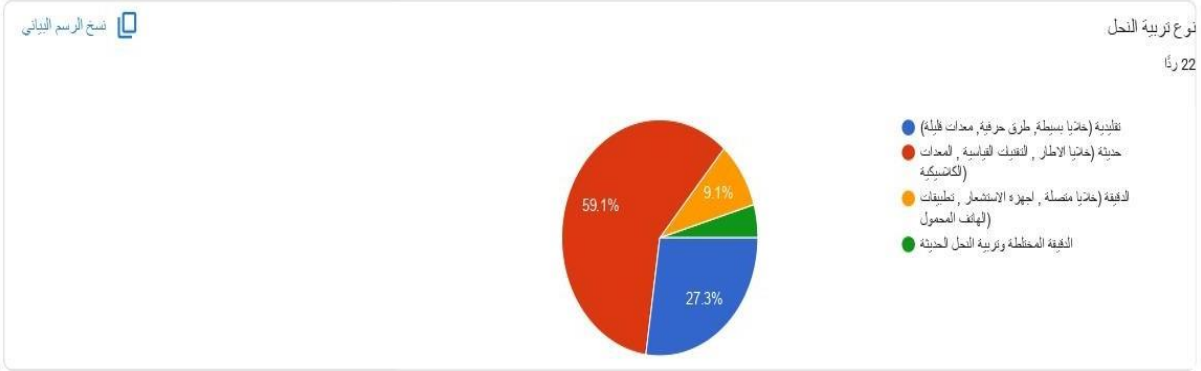
الخبرة في تربية النحل

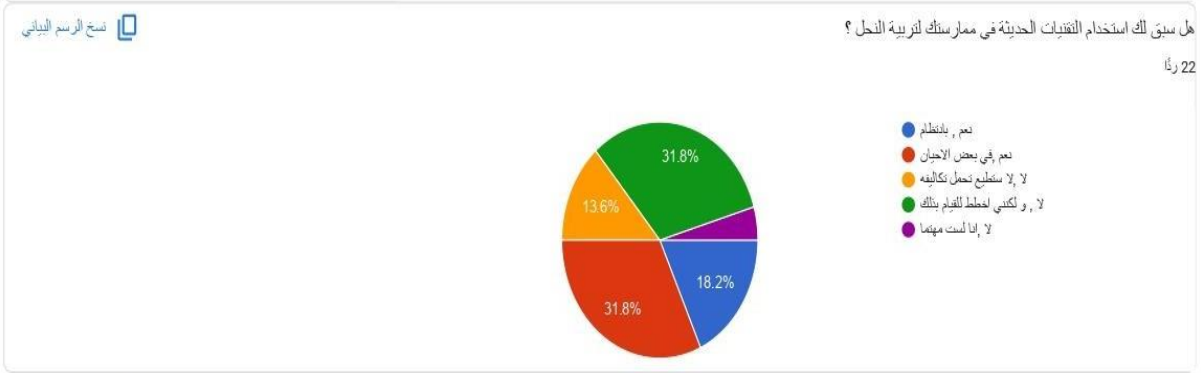
22 ردًا

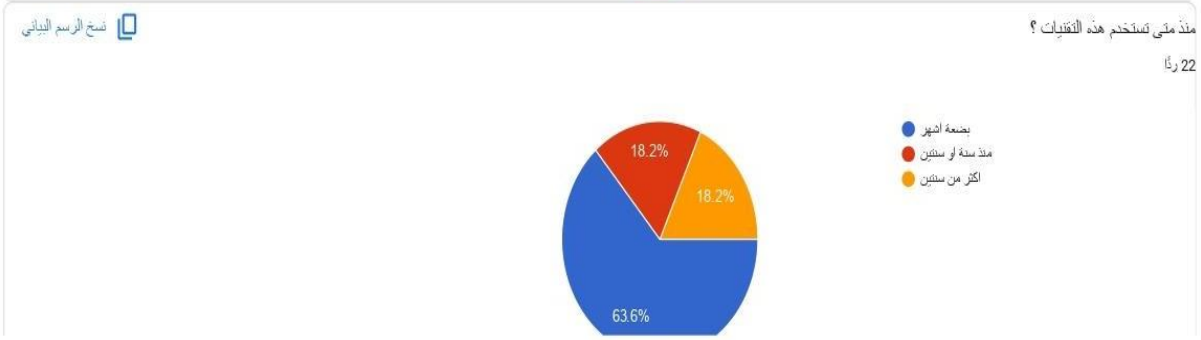
نسخ الرسم البياني




نسخ الرسم البياني
عدد الخلايا التي يمتلكها
22 ردًا
3
2
1
0
1 (4.5%)
1 (4.5%)
1 (4.5%)
3 (13.6%)
1 (4.5%)
1 (4.5%)
1 (4.5%)
1 (4.5%)
1 (4.5%)
2 (9.1%)
2 (9.1%)
1 (4.5%)
1 (4.5%)
1 (4.5%)
1 (4.5%)
1 (4.5%)
1 (4.5%)
1 (4.5%)
02
3
18
21
+30
45
55
160
1200


نسخ الرسم البياني
نوع تربية النحل
22 ردًا
59.1%
9.1%
27.3%
تقليدية (خلايا بسيطة, طرق حرفية, معدات قليلة)
حديثة (خلايا الاطار , التقنيات القياسية , المعدات الكاتشيكية)
الدقيقة (خلايا متصلة , اجهزة الاستشعار , تطبيقات الهاتف المحمول)
الدقيقة المختلطة وتربية النحل الحديثة

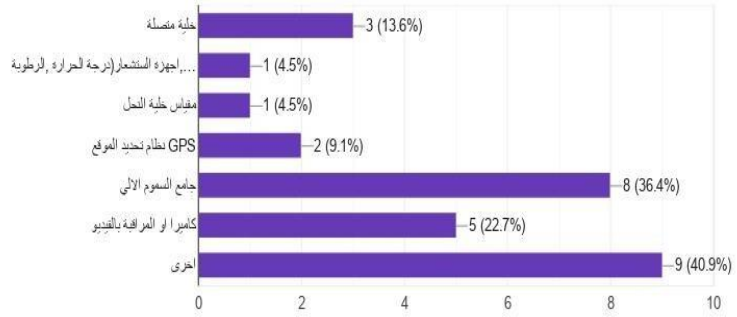

نسخ الرسم البياني
هل سبق لك استخدام التقنيات الحديثة في ممارستك لتربية النحل ؟
22 ردًا
31.8%
13.6%
18.2%
31.8%
نعم , بانتظام
نعم, في بعض الاحيان
لا, لا ستطيع تحمل تكاليفه
لا , و لكنني اخطط للقيام بذلك
لا, انا لست مهتما


نسخ الرسم البياني
منذ متى تستخدم هذه التقنيات ؟
22 ردًا
18.2%
18.2%
63.6%
بضعة اشهر
منذ سنة او سنتين
اكثر من سنتين

نسخ الرسم البياني

ماهي معدات التكنولوجيا الحديثة التي تستخدمها ؟

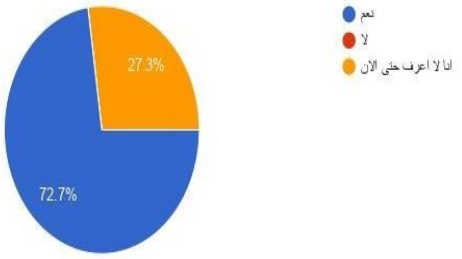
22 ردًا



نسخ الرسم البياني

هل تعتقد ان استخدام هذه التقنيات كان مفيدا لاعمال تربية النحل الخاصة بك ؟

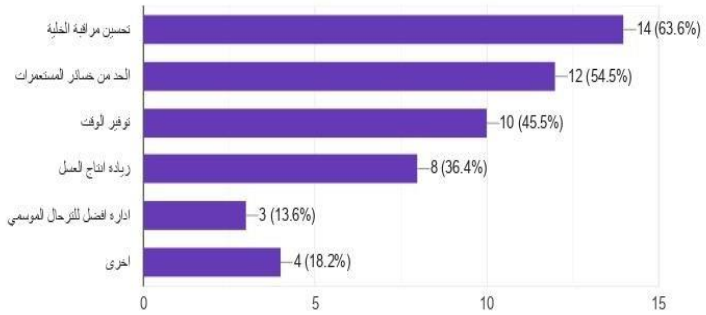
22 ردًا



نسخ الرسم البياني

ماهي الفوائد الرئيسية ؟

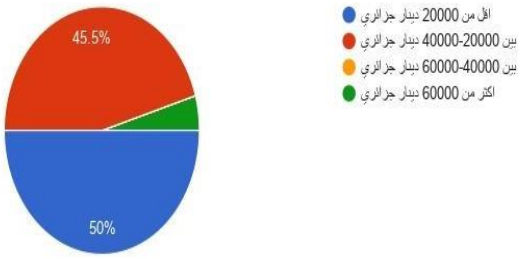
22 ردًا



نسخ الرسم البياني

ماهو السعر الذي تعتقد انه معقولا لشراء خلية متصلة ؟

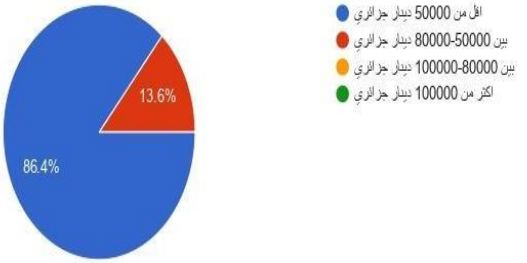
22 ردًا



نسخ الرسم البياني

بالنسبة لجهاز جمع السم الالي,ماهو السعر الذي تعتبره معقولا ؟

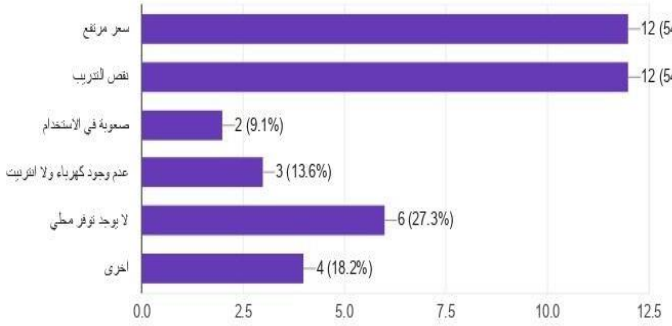
22 ردًا



نسخ الرسم البياني

ماهي الصعوبات الرئيسية في استخدام هذه التقنيات ؟

22 ردًا



برايك ماهي التقنيات التي قد تكون مفيدة في ممارسات تربية الحل الخاصة بك ؟

22 ردًا

التكوين والارشادات في جمع تقنياتها

المرافقة والممارسة

انترنت الاشياء و استعمال حساسات لجمع البيانات لتحسين المردود

إنتاج حبوب اللقاح

بالعلم والمعرفة واستخدام التقنيات الحديثة كتربية الملكات بجهاز جانتر استخلاص سم النحل جمع العكبر بالشبكة...

لا توجد

Commercialisation des produits de l'abeille après tous vient tous seul

كل شيئ

Se qui rend l'abeille plus confortable

GPS او الكاميرا والمراقبة من بعيد

اجهزة الاستشعار و نظام تحديد المواقع

Gps

الخلية المتصلة

خلايا ذات عزل حراري خفيفة الوزن

تقنية جمع سم النحل

تربية الملكات و اجهزة الاستشعار

تبادل الخبرات بين النحالين المحترفين و التدريب العملي و استخدام التقنيات الحديثة لمراقبة الخلايا لربح الإنتاج وربح الوقت وبقاء الخلايا قوية وبصحة جيدة

الصدق الكامل

مراقبة الخلايا عن بعد
استشعار الامراض
استشعار الحرائق
الاستقلالية في الطاقة
ترصد البيانات عن بعد
استشعار اعداء النحل
كيفية الحفاظ على الاجهزة ضد العوامل الخارجية
مدة صلاحية الأجهزة و دورة حياة البطاريه

كل تقنية نافعة

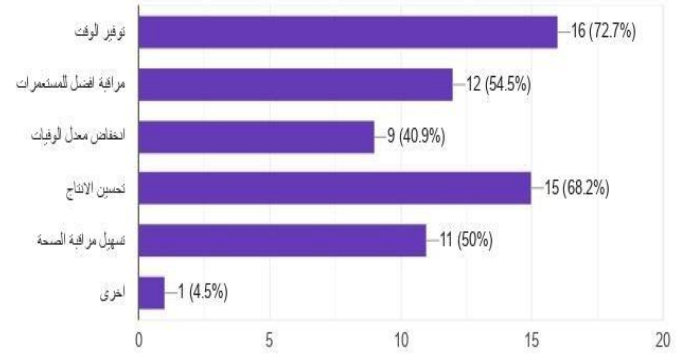
Chario electrique

الاحتراف في تربية النحل

ماهي فوائد استخدام هذه الادوات برايك ؟

نسخ الرسم البياني

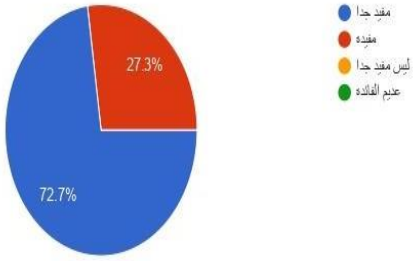
22 ردًا



ماهي افكارك العامة حول استخدام التقنيات الحديثة في تربية النحل ؟

22 ردًا

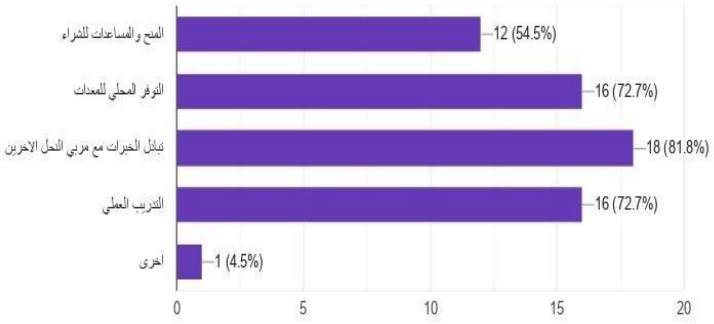
نسخ الرسم البياني



ما الذي يجب فعله لتشجيع النحالين على استخدام التقنيات الحديثة ؟

22 ردًا

نسخ الرسم البياني



هل لديك اي تعليقات او اقتراحات لاضافتها ؟

22 ردًا

لا

Doubler les formations et journées d'études

يجب ايجاد ربط قنوات اتصال بين الجامعة و مربي النحل وذلك بتنسيق مع المصالح الفلاحية و كذلك القيام بترويج عن طريق الاشهار بكل الوسائل لتعريف باهمية العم وتكلوجيا لفائدة مربي النحل و زيادة مردودهم

أريد صنع خلية ذات العزل الحراري والصوتي

بالعلم نرتقي

لا توجد

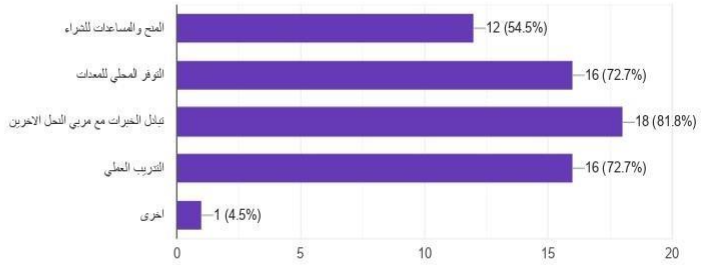
Valoriser les produits de l'abeille

ليس لدي

Il faut valoriser l'abeille avant tous

التدريب على استعمال هذه الأجهزة وتوفيرها والمساعدة لشراءها

الأسئلة الردود 22 الإعدادات



هل لديك اي تعليقات او اقتراحات لاضافتها ؟

22 ردًا

لا

Doubler les formations et journées d'études

يجب ايجاد ربط قنوات اتصال بين الجامعة و مربي النحل وذلك بتنسيق مع المصالح الفلاحية و كذلك القيام بترويج عن طريق الاشهار بكل الوسائل لتعريف باهمية النحل وتكلوجيا لفائدة مربي النحل و زيادة مردودهم

أريد صنع خلية ذات العزل الحراري والصوتي

بالعلم نرتقي

لا توجد

Valoriser les produits de l'abeille

ليس لدي

Il faut valoriser l'abeille avant tous

التدريب على استعمال هذه الأجهزة وتوفيرها والمساعدة لشراءها

حل مشكلة التسويق

Il faut créer un vrai marché pour les produits de l'abeille

توفير هذه المعدات باسعار مناسبة مع اعطاء شروحات مفصلة للنحال حتى يفهم فوائدها مع مراعات كل منطقة و خصائصها الطبيعية

مجانية التكوين للجيل الصاعد

يجب ان تكون الثقه و وتبادل الخبرات ورسم خطه الطريق ليستفيد كل النحال والشراكه مع شركتكم المحترمه باستراتيجيه رابح رابح للطرفين وبارك الله فيكم

تربية النحل محيط شاسع من العلم مهما طالت الخبرة على أعوام نجد ان علم تربية نحل عمل ليس له نهاية ولذا نتعلم و نجرب كل الطرق يجب أن نمارس و نتعلم أحدث الطرق لحماية هذه الحشرة المقدسة

اذا هناك catalogue لقراءة و تحليل البيانات و اعطاء معاني للمنحنيات للتنحل السريع يكون الاختراع مثالي

العمل سويا والتعاول أساس النجاح

Ce concentre baucoup plus sur l'apiculture que sur les resaux socio