

N° d'ordre : ....

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



معهد العلوم البيطرية

Institute of veterinary sciences



جامعة البليدة 1

university Blida-1

Mémoire de Projet de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du  
Diplôme de Docteur Vétérinaire

Thème

**Etude de la prévalence de *Varroa destructor* et  
*Nosema spp* chez *apis mellifera* dans trois Wilayas du  
nord de l'Algérie**

Présenté par  
SAAOUI DACILA  
et  
SAHRAOUI AMINA

Présenté devant le jury :

|                |                                    |     |         |
|----------------|------------------------------------|-----|---------|
| Président :    | <i>M<sup>r</sup> BENDAAS Yehya</i> | MAA | I.S.V.B |
| Examineur :    | <i>Dr SADI Madjid</i>              | MCB | I.S.V.B |
| Promoteur :    | <i>Dr MEBKHOUT Faiza</i>           | MCA | I.S.V.B |
| Co-Promoteur : | <i>Dr BENATALLAH Amel</i>          | MCA | I.S.V.B |

Année universitaire 2024/2025

## Remerciements

*Avant toute chose, nous adressons nos remerciements les plus sincères à Dieu le Tout-Puissant, pour nous avoir permis d'atteindre cette étape importante de notre parcours, malgré les difficultés et les imprévus rencontrés.*

*Nous tenons ensuite à exprimer notre gratitude à notre promotrice, **Dr MEBKHOUT Faiza** pour sa disponibilité, son accompagnement tout au long de ce travail, ses conseils et sa patience dans l'encadrement de notre mémoire, même dans un contexte chargé et exigeant.*

*Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à notre co-promotrice, **Dr BENATALLAH Amel**, pour son aide précieuse dans la réalisation de notre travail.*

*Nos remerciements vont également à l'ensemble des membres du jury, pour l'intérêt qu'ils porteront à notre travail, et tout particulièrement à **M<sup>r</sup> BENDAAS Yehya**, **Dr SADI Madjid** pour avoir accepté d'évaluer ce mémoire.*

*Nous remercions tout particulièrement la directrice du laboratoire de parasitologie de l'Institut National de Médecine Vétérinaire (INMV) d'Alger, Mme OMANI Amel, pour nous avoir ouvert les portes et permis de réaliser notre partie expérimentale dans un cadre professionnel et bienveillant.*

*Nos remerciements les plus chaleureux vont également à Mme Satour Djamila, cheffe de service d'histopathologie et de parasitologie, ainsi qu'à Mme Berrayah Hakima, pour leur encadrement technique, leur assistance précieuse, leur patience et leur implication quotidienne dans la réussite de notre travail pratique.*

*Nous souhaitons remercier avec émotion M. Saaoui Mohand Saïd, frère de l'une d'entre nous, pour son aide précieuse dans la collecte des échantillons. Il a assuré le contact avec plusieurs apiculteurs de la région de Béjaïa, et sans lui, ce travail n'aurait pas pu être mené à bien dans les délais impartis.*

*Nos remerciements les plus sincères vont également à M. Ziane Nabil, directeur de la société Biopro de Béjaïa, pour son soutien, ses conseils, et surtout pour nous avoir mis en relation avec plusieurs apiculteurs de différentes régions. Grâce à lui, nous avons également pu entrer en contact avec M. Hamzaoui Adlane, responsable de la station de fécondation apicole de la wilaya de Blida, qui a généreusement accepté de collecter et de nous transmettre les échantillons issus des wilayas de Blida et d'Alger.*

*Nous exprimons enfin notre profonde reconnaissance à l'ensemble des apiculteurs de Béjaïa, Blida et Alger qui ont contribué à notre étude en nous fournissant les échantillons nécessaires et en acceptant de répondre à notre questionnaire, malgré les contraintes de temps et d'organisation.*

*Ce travail est également le fruit de notre engagement commun, de nos efforts partagés, de nos déplacements, de nos échanges et de notre persévérance.*

*Nous sommes fières du chemin parcouru ensemble.*

**Saaoui Dacila**  
**Sahraoui Amina**

## **Dédicace**

*À mon père, Saaoui Arabe, pour son amour discret, son dévouement et tous ses sacrifices silencieux.*

*À ma mère, Yaya Fadila, pour sa tendresse infinie, sa patience, et sa force de chaque jour.*

*À mes frères : Mohend Saïd, Koceila, Messipsa, et à mon petit frère Anibal, pour leur affection, leur soutien et leur présence qui m'ont donné le courage d'avancer.*

*À ma grand-mère, Saaoui Aïcha, pour ses prières, son amour sincère et son regard toujours plein d'espoir.*

*À mes oncles du côté maternel, Yaya Toufik et Yaya Takfarinas, et à ma tante Yaya Saïda, pour leur bienveillance, leurs encouragements et leur présence à mes côtés.*

*À mes collègues et mes amies de cœur, Ziane Oeurdia Sarah, Boussenou Nadia, Belkacemi Amina Asma, Terfa Basma. Merci pour vos mots, votre patience et votre solidarité, même dans les moments les plus difficiles.*

*Et à Chaabana Kenza, mon amie depuis le lycée, ma confidente et ma source de motivation constante.*

*À vous tous,  
Je dédie ce travail avec tout mon amour, ma reconnaissance et mon respect.  
Vous avez tous contribué, à votre manière, à la réalisation de ce rêve.*

**Saaoui Dacila**

## Dédicace

*Ce tournant important de mon parcours, je ressens le besoin profond de rendre hommage à celles et ceux qui ont été les piliers de ma vie, dont la présence, les prières, les sacrifices, ou même les souvenirs, ont façonné la personne que je suis devenue aujourd'hui*

*Mon père, Sahraoui Saïd, un homme de principes et de cœur, dont la sagesse silencieuse et les efforts constants ont été une lumière discrète mais essentielle tout au long de mon parcours*

*Ma mère, Houria Aliliche, source inépuisable d'amour et de tendresse, dont chaque prière et chaque mot de réconfort ont été une force invisible qui m'a portée dans les moments de doute.*

*À mes frères bien aimés, Mohamed, Mourad, Nacer, Merzak, Youssef et Ismaïl, compagnons de vie, de rires et de soutien indéfectible.*

*À mes sœurs chères à mon cœur, Fatma, Hafidha, Dalila, Meryem et Souad, dont l'affection et la présence sont des trésors inestimables.*

*Une pensée particulière et chargée d'émotion va vers mon frère défunt, Taher Allah yarhmo*

*Je remercie également toute ma famille, ainsi que mes amis fidèles, qui ont su, chacun à leur manière, m'apporter lumière, motivation et chaleur humaine.*

*Enfin, je rends un hommage sincère à tous mes enseignants et enseignantes, depuis les premières années de mon apprentissage jusqu'à aujourd'hui. Chacun*

*d'eux a laissé une empreinte dans mon parcours, par un mot, un geste ou une inspiration.*

**Sahraoui Amina**

## Résumé

L'abeille domestique (*Apis mellifera*) joue un rôle essentiel dans la pollinisation des plantes cultivées et sauvages, contribuant ainsi au maintien de la biodiversité et à la sécurité alimentaire. Toutefois, la santé de ses colonies est menacée par divers facteurs, notamment les agents parasites tels que *Varroa destructor* et *Nosema spp.*, connus pour déséquilibrer durablement les populations apicoles.

Dans ce contexte, cette étude a visé à évaluer la prévalence de ces deux parasites dans les ruchers de trois wilayas du nord de l'Algérie : Béjaïa, Blida et Alger.

Au total, 43 échantillons d'abeilles adultes ont été prélevés dans 13 ruchers, puis soumis à des analyses parasitologiques au laboratoire. La détection de *Varroa destructor* a été réalisée à l'aide d'une méthode standard de lavage à l'eau tiède, permettant d'évaluer à la fois sa présence et son niveau d'infestation. En parallèle, *Nosema spp.* a été recherché par une méthode qualitative fondée sur l'observation microscopique des spores, conformément aux protocoles décrits par Fries et al. (2013) et aux recommandations de l'ANSES (2020).

Les résultats ont montré une prévalence globale de *Varroa destructor* de 66,67 %, avec un taux moyen d'infestation de 4,57 %. Les ruchers situés à Blida et Alger ont présenté les niveaux les plus élevés (85 % et 80 % respectivement), tandis que Béjaïa a enregistré un taux inférieur (42,86 %). En ce qui concerne *Nosema spp.*, il a été détecté dans 30,23 % des échantillons, exclusivement à Béjaïa, en particulier en zone littorale.

En conclusion, l'étude a mis en évidence une présence marquée de *Varroa destructor* et de *Nosema spp.* dans certaines zones, soulignant la nécessité d'un suivi sanitaire renforcé et de pratiques apicoles mieux adaptées aux spécificités environnementales locales.

**Mots-clés :** *Apis mellifera*, *Varroa destructor*, *Nosema spp.*, prévalence parasitaire.

## ملخص

يلعب نحل العسل (*Apis mellifera*) دوراً أساسياً في تلقيح النباتات المزروعة والبرية، مما يساعد في الحفاظ على التنوع البيولوجي والأمن الغذائي. ومع ذلك، فإن صحة هذه المستعمرات مهددة بعدد من العوامل، بما في ذلك العوامل الطفيلية مثل *Nosema spp* و *Varroa destructor*.

وعلى هذه الخلفية، هدفت هذه الدراسة إلى تقييم مدى انتشار هذين الطفيلين في مناحل ثلاث ولايات في شمال الجزائر: بجاية والبليدة والجزائر العاصمة.

وقد تم أخذ ما مجموعه 43 عينة من النحل البالغ من 13 مناحل وتم إخضاعها للتحليل المخبري الطفيلي. تم الكشف عن دودة *فاروا المدمرة* باستخدام طريقة الغسل القياسية، مما أتاح تقييم وجودها ومستوى الإصابة بها. وفي موازاة ذلك، تم الكشف عن *النوزيما* باستخدام طريقة نوعية تعتمد على الملاحظة المجهرية للجراثيم، وفقاً للبروتوكولات التي وصفها فرايز وآخرون (2013) وتوصيات الجمعية الأمريكية لعلوم البيئة والموارد الطبيعية (2020).

أظهرت النتائج انتشاراً إجمالياً لـ *حشرة فاروا المدمرة* بنسبة 66.67%، بمتوسط معدل إصابة بلغ 4.57%. أظهرت المناحل الموجودة في البليدة والجزائر العاصمة أعلى المستويات (85% و 80% على التوالي)، بينما سجلت بجاية معدل أقل (42.86%). تم الكشف عن وجود *النوزيما* في 30.23% من العينات في بجاية حصرياً، خاصة في المناطق الساحلية.

في الختام، كشفت الدراسة عن وجود ملحوظ لـ *فاروا المدمر والنوزيما* في بعض المناطق، مما يؤكد الحاجة إلى تعزيز المراقبة الصحية وممارسات تربية النحل التي تتكيف بشكل أفضل مع الظروف البيئية المحلية.

**الكلمات الرئيسية:** *Apis mellifera*، *Varroa destructor*، *Nosema spp*، انتشار الطفيليات.

## Abstract

The honey bee (*Apis mellifera*) plays an essential role in the pollination of cultivated and wild plants, helping to maintain biodiversity and food security. However, the health of these colonies is threatened by a number of factors, including parasitic agents such as *Varroa destructor* and *Nosema spp.* which are known to cause long-term imbalances in bee populations.

Against this backdrop, this study aimed to assess the prevalence of these two parasites in apiaries in three wilayas in northern Algeria: Béjaïa, Blida and Algiers.

A total of 43 samples of adult bees were taken from 13 apiaries and subjected to parasitological laboratory analysis. *Varroa destructor* was detected using a standard warm water wash method, enabling both its presence and level of infestation to be assessed. In parallel, *Nosema spp.* were detected using a qualitative method based on microscopic observation of spores, in accordance with the protocols described by Fries et al. (2013) and the recommendations of ANSES (2020).

The results showed an overall prevalence of *Varroa destructor* of 66.67%, with an average infestation rate of 4.57%. Apiaries located in Blida and Algiers showed the highest levels (85% and 80% respectively), while Béjaïa recorded a lower rate (42.86%). *Nosema spp.* were detected in 30.23% of samples, exclusively in Béjaïa, particularly in coastal areas.

In conclusion, the study revealed a marked presence of *Varroa destructor* and *Nosema spp.* in certain areas, underlining the need for enhanced health monitoring and beekeeping practices that are better adapted to local environmental conditions.

**Key words:** *Apis mellifera*, *Varroa destructor*, *Nosema spp.*, parasite prevalence.



# Sommaire

| <b>Sommaire</b>             | <b>Page</b> |
|-----------------------------|-------------|
| 1. Remerciements            |             |
| 2. Résumé en français       |             |
| 3. Résumé en arabe          |             |
| 4. Résumé en anglais        |             |
| 5. Liste des tableaux       |             |
| 6. Liste des figures        |             |
| 7. Liste des abréviations   |             |
| Introduction générale ..... | 1           |

## PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

### CHAPITRE I : Généralités sur les abeilles

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Anatomie de l'abeille .....                                     | 5  |
| 1.1. Anatomie externe .....                                        | 5  |
| 2. Organisation sociale des colonies d'abeille .....               | 10 |
| 2.1. La reine.....                                                 | 10 |
| 2.2. Le faux bourdon .....                                         | 11 |
| 2.3. L'abeille ouvrière .....                                      | 11 |
| 3. Le cycle biologique de l'abeille .....                          | 12 |
| 4. Défense de la colonie d'abeille face aux agents pathogènes..... | 14 |
| 4.1. Protection comportementale.....                               | 14 |
| 4.2. Protection morphologique .....                                | 14 |
| 4.3. Protection physiologique .....                                | 15 |
| 4.4. Protection immunitaire .....                                  | 15 |

### CHAPITRE II : Varroose et nosémosse chez l'abeille domestique

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Varroose .....                                                                         | 16 |
| 1.1. Définition .....                                                                     | 16 |
| 1.2. Importance de la maladie .....                                                       | 16 |
| 1.3. Historique .....                                                                     | 16 |
| 1.4. Classification du varroa destructor .....                                            | 17 |
| 1.5. Description d'agent pathogène .....                                                  | 18 |
| 1.6. Cycle de développement .....                                                         | 20 |
| 1.7. Origines de la contamination .....                                                   | 22 |
| 1.8. Modes de transmission .....                                                          | 23 |
| 1.9. Propagation de la maladie .....                                                      | 23 |
| 1.10. Mesures préventives contre la propagation du Varroa destructor .....                | 24 |
| 1.11. Limiter la propagation du parasite .....                                            | 25 |
| 1.12. Renforcer la résistance des colonies Parallèlement aux mesures de biosécurité ..... | 25 |
| 1.13. Diagnostic du varroa destructor .....                                               | 25 |
| 1.14. Traitement contre Varroa destructor .....                                           | 26 |

|                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>2. La Nosémosse .....</b>                                               | <b>27</b> |
| 2.1. Définition .....                                                      | 27        |
| 2.2. Agents pathogènes .....                                               | 27        |
| 2.3. Cycle de développement de l'agent pathogène .....                     | 29        |
| 2.4. Contamination .....                                                   | 31        |
| 2.5. Principaux modes de transmission de la maladie .....                  | 31        |
| 2.6. Pathogénie de <i>Nosema</i> spp dans l'organisme de l'abeille .....   | 31        |
| 2.7. Causes favorisantes .....                                             | 32        |
| 2.8. Impact de <i>Nosema</i> sur le système immunitaire de l'abeille ..... | 32        |
| 2.9. Méthodes de diagnostic de la nosémosse .....                          | 33        |
| 2.10. Prophylaxie de la nosémosse .....                                    | 33        |
| 2.11. Traitements classiques de la nosémosse .....                         | 34        |

## **Partie expérimentale**

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Objectifs du travail .....</b>                                  | <b>36</b> |
| <b>2. Cadre de l'étude .....</b>                                      | <b>36</b> |
| <b>3. Présentation du Laboratoire Central Vétérinaire (LCV) .....</b> | <b>36</b> |
| <b>4. Matériel et Méthodes .....</b>                                  | <b>37</b> |
| 4.1. Matériels .....                                                  | 37        |
| 4.2. Méthodes .....                                                   | 39        |
| <b>5. Résultats .....</b>                                             | <b>42</b> |
| 5.1. Résultats de questionnaire .....                                 | 42        |
| 5.2. Résultats de diagnostic de laboratoire .....                     | 44        |
| <b>6. Discussion .....</b>                                            | <b>49</b> |

## **Conclusion et perspectives**

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| <b>1. CONCLUSION .....</b>      | <b>53</b> |
| <b>2. Recommandations .....</b> | <b>53</b> |
| <b>3. Perspectives .....</b>    | <b>53</b> |

## **Références Bibliographiques**

|                                             |           |
|---------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Références Bibliographiques .....</b> | <b>56</b> |
|---------------------------------------------|-----------|

## Liste des tableaux

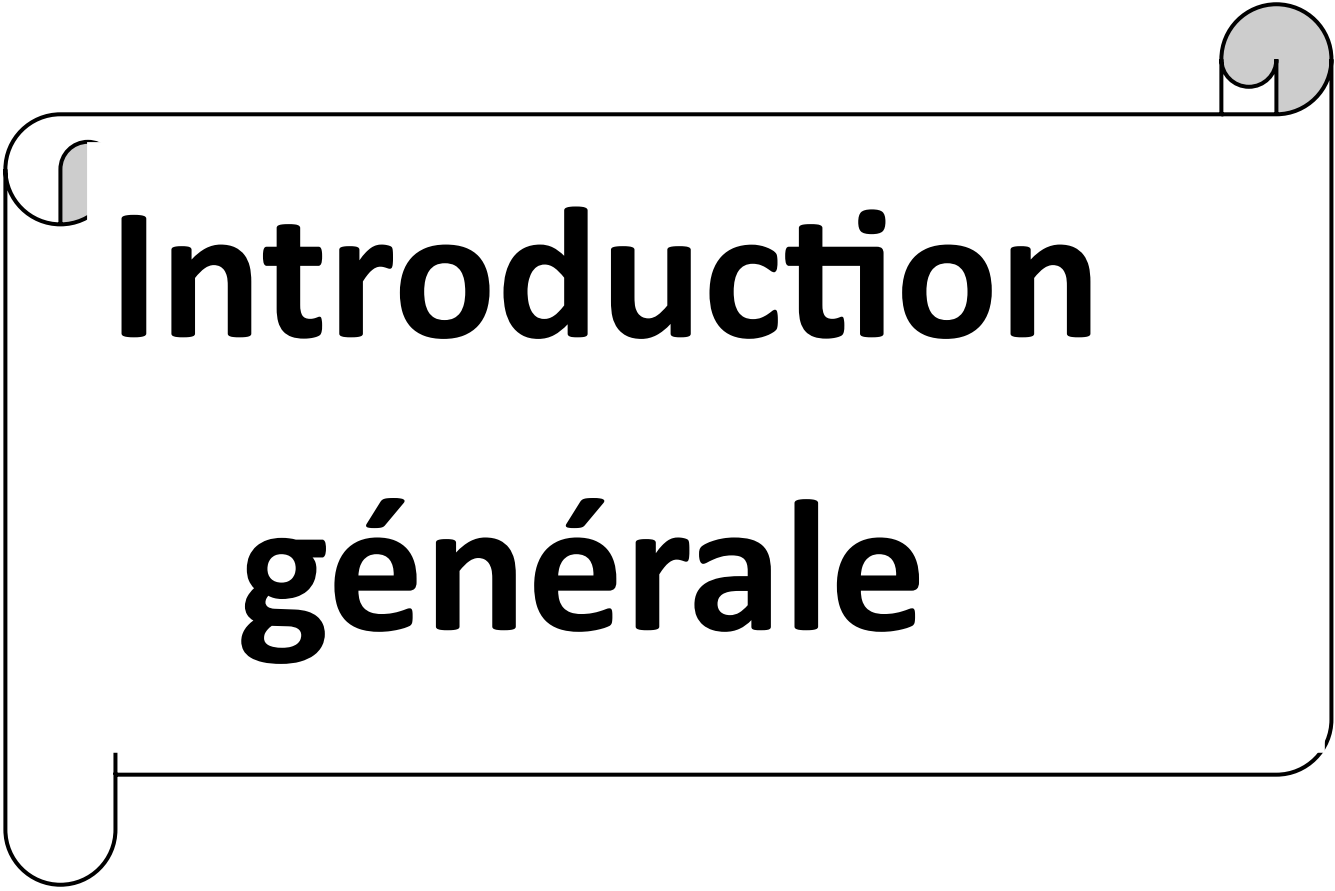
| Titre du tableau  |                                                                                                                              | Page |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Tableau 01</b> | Principales glandes chez l'abeille et leurs fonctions <b>(Spürgin, 2010).</b>                                                | 09   |
| <b>Tableau 02</b> | Durée de développement des stades larvaires chez les trois castes d' <i>Apis mellifera</i> <b>(d'après Von Frisch, 2011)</b> | 12   |
| <b>Tableau 03</b> | : taxonomie de <i>varroa destructor</i> . <b>(OIE, 2021)</b>                                                                 | 17   |
| <b>Tableau 04</b> | Signes cliniques déclarés par les apiculteurs dans les zones de Béjaïa, Blida et Alger                                       | 42   |
| <b>Tableau 05</b> | Antécédents sanitaires et pratiques de traitement apicoles dans les wilayas de Béjaïa, Blida et Alger.                       | 43   |
| <b>Tableau 06</b> | Comparaison des pratiques apicoles et des conditions environnementales entre les régions                                     | 44   |
| <b>Tableau 07</b> | Répartition de la prévalence de la <i>Varroa destructor</i> par Wilaya                                                       | 45   |
| <b>Tableau 08</b> | : Moyennes d'infestation de <i>Varroa destructor</i> par wilaya.                                                             | 46   |
| <b>Tableau 09</b> | Répartition de la prévalence de <i>Nosema</i> spp. par Wilaya.                                                               | 47   |

## Liste des figures

| Titres des figures |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Page |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Figure 01</b>   | Anatomie de l'abeille <b>(Moncé, 2022).</b>                                                                                                                                                                                                                                                       | 10   |
| <b>Figure 02</b>   | Les différents types de castes dans une colonie <b>(Blackiston, 2009).</b>                                                                                                                                                                                                                        | 12   |
| <b>Figure 03</b>   | Cycle de développement de l'abeille domestique <b>(Le Conte, 2011)</b>                                                                                                                                                                                                                            | 14   |
| <b>Figure 04</b>   | Femelle <i>Varroa destructor</i> (face dorsale et face ventrale) <b>(Goodwin et Van Eaton., 2001)</b>                                                                                                                                                                                             | 19   |
| <b>Figure 05</b>   | Abeilles parasitées : des varroas "en écaille" fermement ancrés sur leur dos <b>(Rosenkranz et al., 2010)</b>                                                                                                                                                                                     | 22   |
| <b>Figure 06</b>   | Structure d'une spore de <i>N. ceranae</i> . Photographie d'une spore en microscopie électronique à transmission (à gauche, barre = 0,5 µm Solter, 2010) et schéma (à droite) montrant les différents organites et structures constituant une spore de <i>N. ceranae</i> . <b>(Rouzé., 2020).</b> | 29   |
| <b>Figure 07</b>   | Cycle de développement de <i>Nosema spp</i> <b>(Mackowiak., 2009).</b>                                                                                                                                                                                                                            | 31   |
| <b>Figure 08</b>   | Les échantillons d'abeilles <b>(photo personnelle, 2025).</b>                                                                                                                                                                                                                                     | 37   |
| <b>Figure 09</b>   | Matériel utilisé pour le diagnostic de la varroose <b>(photos personnelles, 2025)</b>                                                                                                                                                                                                             | 38   |
| <b>Figure 10</b>   | : Matériel utilisé pour le diagnostic de <i>Nosema spp</i> <b>(photos personnelles, 2025).</b>                                                                                                                                                                                                    | 38   |
| <b>Figure 11</b>   | Répartition de la prévalence de la <i>Varroa destructor</i> par Wilaya                                                                                                                                                                                                                            | 45   |
| <b>Figure 12</b>   | Moyennes d'infestation de <i>Varroa destructor</i> par wilaya                                                                                                                                                                                                                                     | 46   |
| <b>Figure 13</b>   | Répartition de la prévalence de <i>Nosema spp</i> . Par Wilaya                                                                                                                                                                                                                                    | 47   |
| <b>Figure 14</b>   | Observation microscopique (grossissement 1000) de spores de <i>Nosema spp</i> . Dans un broyat d'abdomens d'abeilles (échantillon 2 et 5) <b>(photos personnelles, 2025)</b>                                                                                                                      | 48   |

## Liste des abréviations

|                      |                                                                                 |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AFSSA</b>         | Agence française de sécurité sanitaire des aliments                             |
| <b>AMP</b>           | Peptides antimicrobiens (antimicrobial peptides)                                |
| <b>ANOVA</b>         | Analyse de la variance                                                          |
| <b>Apivar®</b>       | (Nom commercial)                                                                |
| <b>A. cerana</b>     | Apis cerana                                                                     |
| <b>A. mellifera</b>  | Apis mellifera                                                                  |
| <b>BQCV</b>          | Black queen cell virus                                                          |
| <b>Bombus spp.</b>   | Bombus species (espèces du genre Bombus)                                        |
| <b>CBPV</b>          | Chronic bee paralysis virus                                                     |
| <b>DWV</b>           | Deformed wing virus                                                             |
| <b>et al</b>         | Et alii (expression latine signifiant "et les autres")                          |
| <b>FAO</b>           | Food and Agriculture Organization                                               |
| <b>LCV</b>           | Laboratoire Central Vétérinaire                                                 |
| <b>N. apis</b>       | Nosema apis                                                                     |
| <b>N. ceranae</b>    | Nosema ceranae                                                                  |
| <b>Nosema spp.</b>   | Nosema species (espèces du genre Nosema)                                        |
| <b>n</b>             | Nombre (ou haploïde)                                                            |
| <b>NSW DPI</b>       | New South Wales Department of Primary Industries                                |
| <b>OIE</b>           | Organisation mondiale de la santé animale (Office International des Epizooties) |
| <b>TP-sensillae</b>  | Sensilles à pore terminal                                                       |
| <b>2n</b>            | Diploïde                                                                        |
| <b>%</b>             | Pourcentage                                                                     |
| <b>V. destructor</b> | Varroa destructor                                                               |
| <b>Wilaya</b>        | Wilaya (division administrative)                                                |
| <b>WOAH</b>          | World Organisation for Animal Health (anciennement OIE)                         |
| <b>WP-sensillae</b>  | Sensilles à parois poreuses                                                     |
| <b>NP-sensillae</b>  | Sensilles dépourvues de pores                                                   |

A decorative frame resembling a scroll or a piece of paper with rounded corners and a small tab at the bottom left. The text is centered within this frame.

# **Introduction générale**

### Introduction générale :

L'abeille domestique (*Apis mellifera*) est un insecte essentiel pour les écosystèmes, non seulement en raison de sa production de miel et de produits dérivés, mais surtout pour son rôle dans la pollinisation. Environ 80 % des plantes à fleurs dépendent des insectes pollinisateurs pour leur reproduction, et l'abeille mellifère en est le principal acteur **(FAO, 2023)**. Cette importance écologique est doublée d'un impact économique, notamment dans les régions agricoles.

Cependant, depuis plusieurs années, les colonies d'abeilles sont menacées par un ensemble de facteurs : pollution, pesticides, perte de biodiversité, mais aussi et surtout, les maladies parasitaires **(AFSSA, 2008)**. Deux affections se distinguent particulièrement : la varroose, provoquée par l'acarien *Varroa destructor*, et la nosébose, causée par des microsporidies du genre *Nosema spp.* Ces deux parasites affectent gravement la santé des abeilles et sont considérés parmi les causes principales du déclin des colonies dans de nombreux pays, y compris en Algérie **(Chauzat et al., 2006 ; Boukhalfa, 1991)**.

Le varroa est un parasite originaire d'Asie, introduit progressivement dans les colonies d'abeilles occidentales au cours du XXe siècle. Il s'attache au corps de l'abeille adulte ou s'installe dans les cellules de couvain pour se reproduire. En se nourrissant principalement des tissus adipeux de l'abeille, il affaiblit ses défenses immunitaires et favorise l'apparition d'infections virales, notamment le virus des ailes déformées **(Ramsey et al., 2019 ; De Miranda & Genersch, 2010)**. Cette infestation est aujourd'hui considérée comme l'un des principaux facteurs de mortalité hivernale des colonies **(Highfield et al., 2009 ; Martin, 2001)**.

En Algérie, la varroose est largement répandue. Dès les années 1990, des études ont mis en évidence son effet néfaste sur les colonies locales **(Boukhalfa, 1991)**. Bien que des traitements soient utilisés, leur efficacité dépend étroitement du respect des doses et des périodes d'application. Or, dans la pratique, de nombreux apiculteurs manquent encore de formation technique ou de suivi vétérinaire adapté **(Treilles, 2002 ; Rosenkranz et al., 2010)**. Par ailleurs, l'apparition de résistances à certaines substances actives, telles que l' amitraze ou certaines huiles essentielles, complique davantage le contrôle du parasite **(Barbançon, 2006)**.

## Introduction générale

---

La nosémose, quant à elle, est une maladie digestive causée par *Nosema ceranae*, une espèce invasive qui a progressivement remplacé *Nosema apis* dans la plupart des régions du bassin méditerranéen **(Coulon et al., 2018)**. Elle infecte l'intestin moyen des abeilles adultes et entraîne des symptômes discrets : diarrhée, baisse d'activité, diminution de la longévité et du rendement de la ruche **(Evans & Spivak, 2010 ; Bailey & Ball, 1991)**. Contrairement à la varroose, la nosémose passe souvent inaperçue et son diagnostic repose sur des analyses microscopiques ou moléculaires qui restent peu accessibles à de nombreux apiculteurs algériens **(Samuel, 2016 ; OIE, 2019)**.

Sur le terrain, les contraintes sont nombreuses. Outre la difficulté d'accès au diagnostic, on constate un manque d'encadrement vétérinaire, une faible organisation des filières apicoles, ainsi qu'une formation insuffisante en pathologie des abeilles. Ces lacunes limitent la mise en place d'un suivi sanitaire régulier. Par ailleurs, certaines pratiques, telles que la transhumance sans contrôle sanitaire, l'absence de renouvellement des reines ou les erreurs de nourrissage, peuvent aggraver la situation **(Assemblée nationale, 2020 ; FAO, 2023)**.

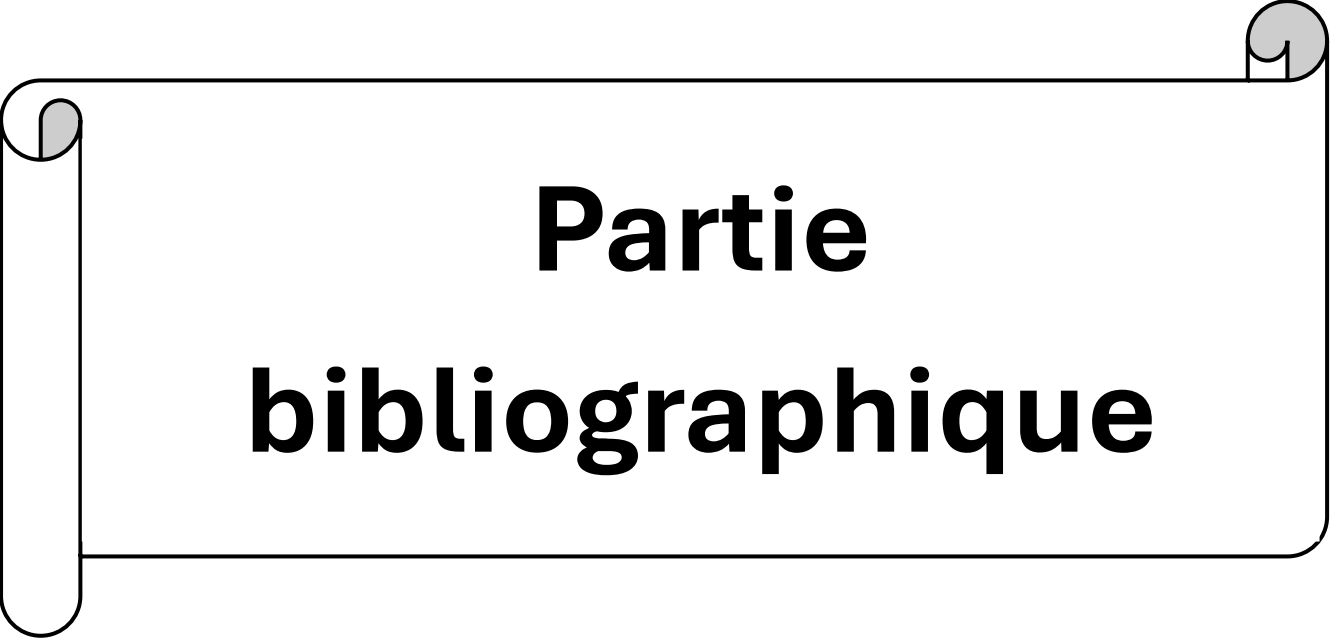
Dans ce contexte, il est indispensable d'évaluer concrètement la présence de ces deux parasites dans certaines régions d'Algérie, de comprendre les pratiques apicoles locales et d'identifier les obstacles qui freinent une gestion sanitaire efficace. C'est dans cet objectif que s'inscrit le présent travail.

Ce mémoire est structuré en deux grandes parties :

La première partie, bibliographique, présente des notions générales sur l'abeille mellifère, les pathogènes étudiés et leur impact sur la santé des colonies.

La seconde partie, expérimentale, décrit le matériel et la méthode utilisés, expose les résultats obtenus sur le terrain, puis discute les données en les confrontant aux connaissances actuelles.

En conclusion, ce travail offre une synthèse de nos découvertes et propose des pistes pour améliorer la surveillance sanitaire des abeilles.



# **Partie bibliographique**

A decorative graphic of a scroll with a black outline and grey shading on the left and right sides, framing the chapter title.

# **Chapitre I :**

Généralité sur les abeilles

## Partie bibliographique

### Chapitre I : Généralités sur les abeilles

#### 1. Anatomie de l'abeille :

##### 1.1. Anatomie externe :

L'abeille présente une organisation externe typique aux insectes, divisée en trois grandes parties : la tête, le thorax et l'abdomen, chacune jouant un rôle spécifique dans ses fonctions vitales.

###### a. La Tête :

La tête abrite les principaux organes sensoriels et alimentaires. Elle se caractérise par :

**a.1. Les yeux composés** : Composés de milliers de facettes (les ommatidies), ils offrent une vision segmentée et panoramique. **(Manet, 2013)**

**a.2. Les ocelles** : Trois petits yeux simples, situés en triangle sur le sommet de la tête, qui détectent l'intensité lumineuse et aident à l'orientation. **(Manet, 2013)**

**a.3. Les antennes** : Constituées de plusieurs segments, elles servent à capter des signaux chimiques et tactiles essentiels à l'orientation et à la communication. **(Manet, 2013)**

**a.4. L'appareil buccal** : Formé de structures telles que le labre, les mandibules et le proboscis, il permet à l'abeille de manipuler les aliments et d'effectuer la succion. **(Manet, 2013)**

**b. Le Thorax** : Le thorax est divisé en trois segments, chacun portant une paire de pattes, soit trois paires au total, ainsi que deux paires d'ailes membraneuses. Il est également perforé de trois paires d'orifices respiratoires appelés stigmates, qui permettent les échanges gazeux nécessaires à la respiration. **(Mannequin, 2022)**

**b.1. Les ailes** : Les abeilles mellifères possèdent deux paires d'ailes attachées au segment postérieur du thorax. Ces ailes, reliées de manière complexe au thorax, permettent une grande variété de mouvements grâce à un réseau de petits canaux qui assurent la circulation des nerfs et de l'hémolymphe à travers leur structure. La paire d'ailes antérieures est plus grande que la postérieure et les deux ensembles sont interconnectés par de petits crochets appelés hamuli,

assurant ainsi leur synchronisation en vol pour minimiser les turbulences. Lorsqu'elles ne volent pas, les ailes se détachent et se replient vers l'arrière. **(Fayet, 2015)**

**b.2. Les pattes :** Comme chez tous les arthropodes, chacune des six pattes de l'abeille est composée de cinq segments : la hanche, le trochanter, le fémur, le tibia et le tarse. Ce dernier se compose d'un grand article accompagné de quatre plus petits. L'article terminal est doté de deux griffes et d'une ventouse. Une caractéristique importante est que les tarsi possèdent des récepteurs sensoriels leur permettant d'évaluer la qualité et la concentration des solutions sucrées. (Cousin, 2014)

**b.2.1. Les deux pattes antérieures :** Sont munies, sur le premier article du tarse, d'une encoche et d'un peigne associés, permettant à l'abeille de nettoyer ses antennes. **(Cousin, 2014)**

**b.2.2. Les pattes médianes :** La deuxième paire de pattes est également poilue, sans être équipée d'outils particuliers. Certains auteurs indiquent qu'elles servent à nettoyer le thorax et à transférer le matériel récolté de l'avant vers les pattes postérieures à l'aide d'une brosse à pollen. (Fayet, 2015) Elles sont pourvues d'une épine tibiale, utilisée pour décrocher les pelotes de pollen rapportées à la ruche. **(Cousin, 2014)**

**b.2.3. Les deux pattes postérieures :** Elles présentent plusieurs particularités. Une dépression située sur la face externe du tibia, appelée corbeille à pollen, sert à entreposer les pelotes de pollen. À son extrémité distale, le tibia porte un peigne à pollen. L'articulation entre le tibia et le premier article du tarse forme une pince à cire, qui permet de récupérer les écailles de cire une fois formées. Enfin, la face interne du premier article du tarse est munie de rangées de poils constituant la brosse à pollen. **(Cousin, 2014)**

### **c. L'Abdomen :**

Relié au thorax par un pédoncule, l'abdomen est segmenté en **sept parties chez la femelle et huit chez le mâle**. Il assure plusieurs fonctions essentielles, notamment l'hébergement des principaux organes des systèmes digestif et respiratoire. **(Manet, 2013)**

Chez la reine et les ouvrières, il intègre également le **système vulnérant**, constitué de glandes et d'un dard, jouant un rôle clé dans la défense de la colonie. **(Biri, 2002)**

## 1.2. Anatomie interne :

L'organisation interne de l'abeille repose sur plusieurs systèmes interconnectés, chacun jouant un rôle essentiel dans le fonctionnement de l'insecte :

### a. L'Appareil Digestif :

Le tube digestif, s'étendant de la bouche à l'anus, est subdivisé en trois parties (**Adam, 2010**) :

**a.1. Intestin antérieur** : Comprend le pharynx, l'œsophage, le jabot (ou poche à miel) servant à l'aspiration et au stockage du nectar.

**a.2. Intestin moyen** : (ventricule) assurant la digestion et l'absorption des nutriments.

**a. 3. Intestin postérieur** : (duodénum, rectum) responsable de la fin de la digestion et du stockage des excréments.

### b. L'Appareil Circulatoire :

Plutôt qu'un système vasculaire fermé, l'abeille possède une circulation ouverte où l'hémolymph, un fluide incolore, baigne directement les organes. Ce fluide assure le transport des nutriments et contribue au maintien des fonctions immunitaires, même s'il est moins impliqué dans le transport de l'oxygène. (**Benoît, 2013**)

### c. L'Appareil Respiratoire :

Les échanges gazeux s'effectuent via un réseau de trachées renforcées par la chitine. Ces trachées se terminent par des stigmates – trois paires sur le thorax et sept sur l'abdomen – qui facilitent l'inspiration et l'expiration de l'air. . (**Adam, 2010**)

### d. Le Système Nerveux :

Le système nerveux de l'abeille intègre les signaux issus de ses cinq sens, transmis par divers récepteurs sensoriels localisés notamment sur les antennes, les yeux et la langue. Il comprend deux composantes complémentaires : le système nerveux central, qui regroupe le cerveau et la chaîne nerveuse ventrale, et le système nerveux stomatogastrique, responsable de la régulation de l'activité des organes internes. Le cerveau n'est toutefois pas le seul centre de commande, car la chaîne nerveuse ventrale, qui s'étend sur l'ensemble du corps, comporte plusieurs ganglions relativement autonomes, dont deux thoraciques et cinq abdominaux. Le cerveau se divise en une partie sus-œsophagienne, incluant les lobes optiques, les nerfs

antennaires et d'autres nerfs moteurs liés aux fonctions comportementales, ainsi qu'un ganglion sous-œsophagien chargé de l'innervation de l'appareil buccal. À proximité de cette zone se trouvent les glandes endocrines, en particulier les corps cardiaques et les corps allates, qui sécrètent dans l'hémolymphe des hormones telles que l'ecdysone, impliquée dans le développement larvaire, et l'hormone juvénile. Les ganglions thoraciques contrôlent les mouvements des ailes et des pattes, tandis que les ganglions abdominaux assurent la coordination des segments de l'abdomen. Cette autonomie partielle des ganglions explique pourquoi une abeille peut continuer à bouger ses ailes, ses pattes, voire utiliser son dard, même après décapitation. **(Manet, 2013)**

#### **e. L'Appareil Musculaire :**

Les muscles sont particulièrement développés dans le thorax, ce qui permet le mouvement efficace des ailes et des pattes. Cette puissance musculaire est indispensable au vol et aux diverses activités, comme la collecte de pollen. **(Biri, 2002)**

#### **f. L'Appareil Génital :**

La différenciation de l'appareil génital est marquée selon la caste :

**f.1. Chez la reine :** L'appareil est entièrement développé, assurant la reproduction.

**f.2. Chez les ouvrières :** Les organes génitaux sont atrophiés et non fonctionnels pour la reproduction.

**f.3. Chez le mâle :** Chez le mâle, l'appareil reproducteur se compose de deux testicules reliés par des canaux déférents à des vésicules séminales, formant un canal éjaculateur qui se termine par le pénis. Il est important de noter que, lors de la copulation, une partie externe de cet appareil reste insérée dans le vagin de la reine, ce qui entraîne la mort du mâle après l'accouplement. **(Biri, 2002)**

**g. Systèmes glandulaires :**

Le système glandulaire de l'abeille est complexe et varie en fonction de l'âge de l'individu ainsi que de son rôle au sein de la ruche (**Jean-Prost & Le Conte, 2005**).

**Tableau 01** : Principales glandes chez l'abeille et leurs fonctions (**Spürgin, 2010**).

| Glandes                          | Localisation                                               | Fonction                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Glande salivaire</b>          | Une paire au niveau de la tête et une paire dans le thorax | Dissolution des sucres, transformation de la cire, fabrication des cellules pour le couvain                                                                                                                       |
| <b>Glandes Mandibulaires</b>     | Base des mandibules                                        | <b>Reine</b> : Production de phéromones, hormones d'attraction sexuelle<br><br><b>Ouvrières</b> : gelée royale, agents anti- agglomérant pour la transformation de la cire et de la propolis, phéromone d'alarme. |
| <b>Glandes hypopharyngiennes</b> | Dans la tête                                               | Sécrétion de gelée royale pour le couvain, stockage des substances en réserve chez les abeilles d'hiver.                                                                                                          |
| Glande de Nasanov                | Entre la dernière et l'avant dernière écaille Dorsale      | Production de phéromone de marquage                                                                                                                                                                               |

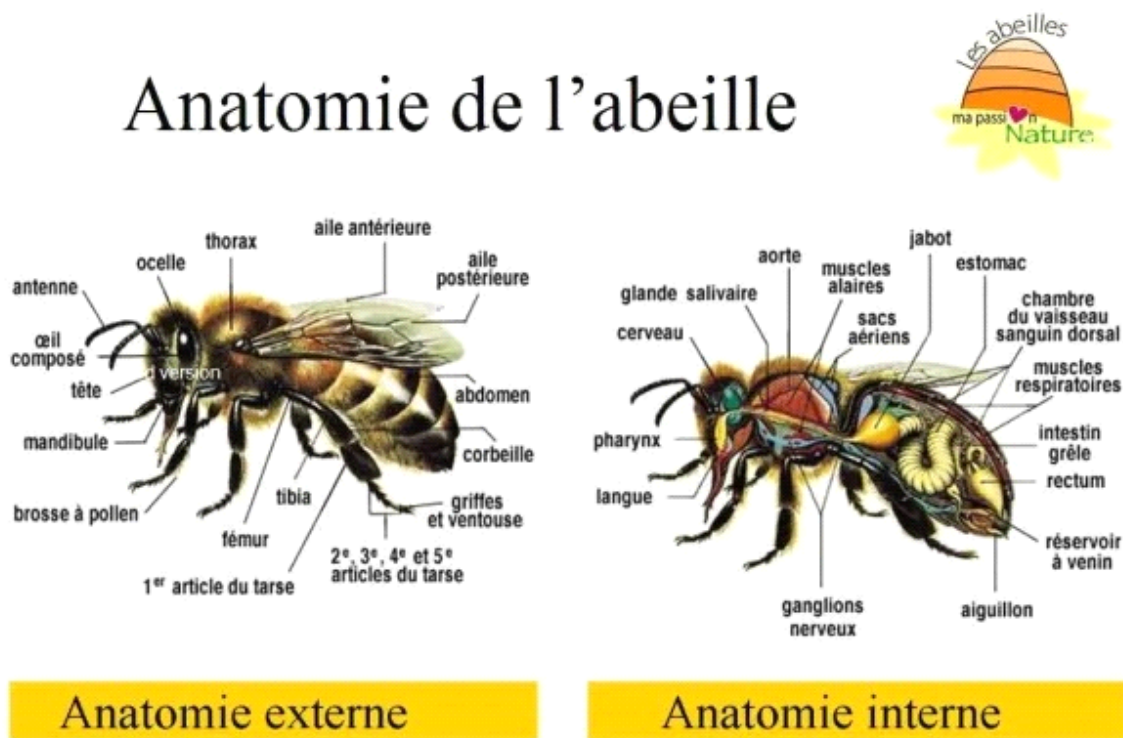


Figure 01 : Anatomie de l'abeille (Moncé, 2022)

## 2. Organisation sociale des colonies d'abeilles :

Les colonies d'*Apis mellifera* forment une société complexe où chaque caste : reine, ouvrières et faux-bourçons a un rôle social précis et des traits biologiques adaptés à ses fonctions.

### 2.1. La reine :

La reine, issue d'un œuf fécondé et donc diploïde, constitue l'élément central de la colonie (*Apis mellifera*) (Boes, 2010). Sélectionnée dès le stade larvaire par une alimentation exclusive en gelée royale déposée dans une cellule spéciale (Rossant, 2011), elle se distingue par un thorax et un abdomen plus développés que ceux des ouvrières (Le Conte, 2004).

Ses deux fonctions essentielles sont la ponte et la régulation de la vie sociale, assurée par des phéromones émises par ses glandes mandibulaires. Celles-ci influencent la production de cire, inhibent la construction de cellules royales et bloquent le développement ovarien des ouvrières.

Vers l'âge de cinq à six jours, la reine effectue un vol nuptial, parfois à plusieurs kilomètres, au cours duquel elle est fécondée par une vingtaine de mâles sélectionnés pour leur vigueur (Le

**Conte, 2004**). Une fois fécondée, la reine retourne à la ruche, où elle est prise en charge par les ouvrières. Le sperme reçu est conservé dans une spermathèque et utilisé progressivement tout au long de sa vie reproductive, qui peut durer de trois à cinq ans (**Tautz, 2009 ; Le Conte, 2004**).

## 2.2. Le faux bourdon :

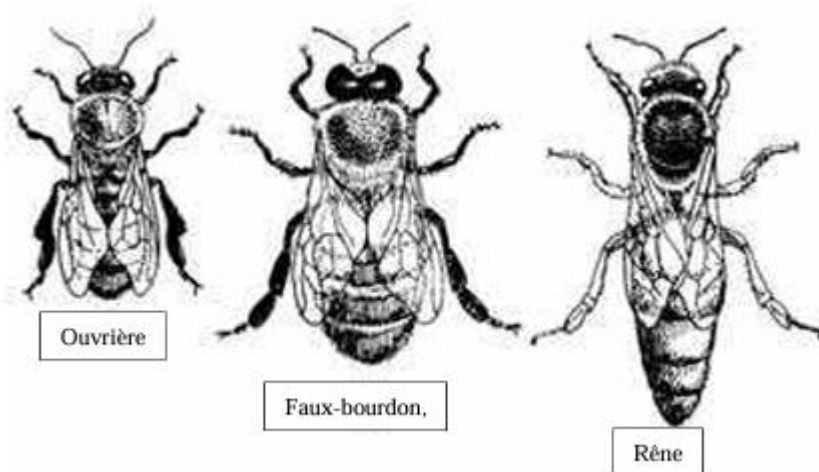
Le faux bourdon représente la troisième caste de la colonie d'abeilles (**Biri, 2002**). Son nom provient de sa ressemblance avec le bourdon du genre *Bombus*. C'est un insecte discret, présent dans la colonie lorsque les ressources sont abondantes. Son rôle principal est la reproduction, assurant la transmission du patrimoine génétique de sa mère lors de la fécondation (**Le Conte, 2002**).

Morphologiquement, les faux bourdons sont les plus gros individus de la colonie, bien que plus petits que la reine. Ils possèdent un corps massif pouvant atteindre 12 à 14 mm de long, un diamètre thoracique de 5,5 mm (**Biri, 2010**) et un poids variant entre 196 et 225 mg (**Winston, 1993 ; Wendling, 2012**).

## 2.3. L'abeille ouvrière :

Les ouvrières constituent environ 95 % de la colonie et proviennent d'œufs fécondés. Bien qu'elles soient des femelles, leur système reproducteur est inactif en raison des phéromones émises par la reine. Chaque ouvrière joue un rôle essentiel dans la colonie, et la répartition des tâches varie en fonction de leur âge.

- **Nettoyeuses (jours 1 à 6)** : Les jeunes abeilles nettoient les cellules pour les préparer à recevoir de nouveaux œufs ou à stocker de la nourriture.
- **Nourrices (à partir du 6<sup>e</sup> jour)** : Avec le développement de leurs glandes, elles nourrissent les larves avec des sécrétions adaptées.
- **Manutentionnaires (vers le 15<sup>e</sup> jour)** : Elles éliminent les débris et les larves mortes, réceptionnent le nectar et le pollen apportés par les butineuses.
- **Gardiennes (entre 12 et 25 jours)** : Elles surveillent l'entrée de la ruche pour la protéger des intrus.
- **Butineuses (à partir de 20 jours)** : Elles quittent la ruche pour collecter le nectar, le pollen et l'eau nécessaires à la colonie. (**Biri, 2010**)



**Figure02** : Les différents types de castes dans une colonie (Blackiston, 2009)

### 3. Le cycle biologique d'abeille :

**Tableau 02** : Durée de développement des stades larvaires chez les trois castes d'*Apis mellifera* (d'après Von Frisch, 2011).

| Stade  | Durée (jours) |          |              |
|--------|---------------|----------|--------------|
|        | Reine         | Ouvrière | Faux-bourdon |
| Œuf    | 3             | 3        | 3            |
| Larve  | 8             | 6        | 10           |
| Nymphe | 4             | 12       | 11           |
| Total  | 16            | 21       | 24           |

Après son retour du vol nuptial, la reine fécondée entame la ponte, pouvant atteindre jusqu'à 2 000 œufs par jour, pour un poids total équivalent au sien. La ponte s'effectue dans la partie centrale de la ruche, appelée le nid. Autour de cette zone, on trouve une couronne d'alvéoles contenant du pollen, puis en périphérie, des alvéoles remplies de miel. Grâce à un mécanisme musculaire, la reine peut choisir de féconder ou non les œufs qu'elle dépose au fond des alvéoles : les œufs non fécondés, haploïdes, donneront naissance à des mâles

(parthénogenèse arrhénotoque), tandis que les œufs fécondés, diploïdes, produiront des femelles (**Von Frisch, 2011**).

Le développement d'une abeille adulte, quelle que soit sa caste, se déroule en trois phases : œuf, larve, puis nymphe. La distinction entre les castes repose sur la durée de chaque phase, elle-même influencée par des facteurs génétiques et climatiques.

L'œuf est de couleur blanche, translucide et de forme ovale. Il mesure entre 1 et 1,5 mm de long pour 0,5 mm de large, avec un poids compris entre 0,12 et 0,22 mg (**Wendling, 2012**). Une extrémité pointue permet à l'œuf d'adhérer à la paroi de l'alvéole. Initialement dressé à la verticale, il s'incline progressivement pour se coucher au bout de trois jours (**Biri, 2010**).

Après cette période d'incubation, une larve blanchâtre, dépourvue de pattes et d'yeux, éclot. Elle est recourbée et croît rapidement : son poids est multiplié par 1 800 en six jours (**Le Conte, 2004**). Durant les trois premiers jours, toutes les larves reçoivent de la bouillie royale. À partir du quatrième jour, seules celles sélectionnées par les ouvrières continuent à être nourries exclusivement de gelée royale, devenant ainsi des reines. Les autres, destinées à devenir ouvrières, sont ensuite alimentées avec du miel ou du pollen (**Von Frisch, 2011**).

Vers le sixième ou septième jour, les larves atteignent leur maturité et peuvent se nourrir seules. Une réserve de nourriture est déposée au fond de l'alvéole, qui est ensuite scellée par un opercule de cire : c'est l'operculation (**Biri, 2010**). Elle survient sept à huit jours après la ponte pour les futures reines, huit jours pour les ouvrières, et neuf jours pour les mâles (**Wendling, 2012**).

À l'intérieur du couvain operculé, la larve mue plusieurs fois et tisse un cocon très fin dans lequel elle se transforme en nymphe. Sa cuticule, d'abord blanche, se sclérose et se colore progressivement. La nymphe, immobile et sans alimentation, achève son développement par une dernière mue, dite imaginale, qui la transforme en adulte. L'abeille perce alors l'opercule pour émerger (**Biri, 2010**).

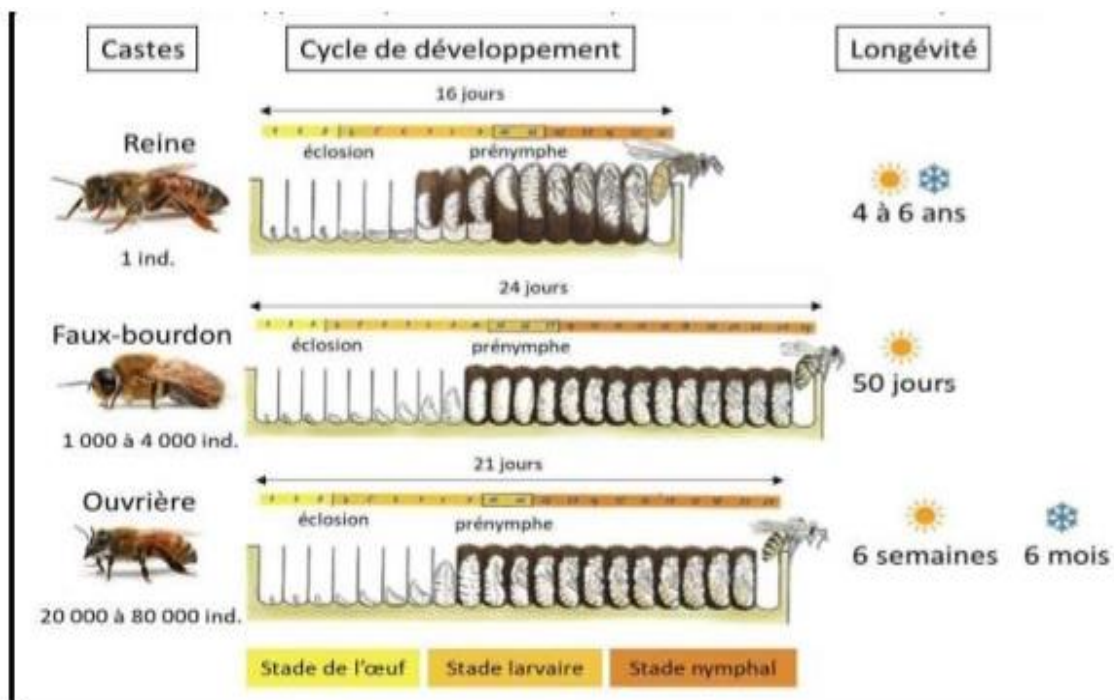


Figure 03 : cycle de développement de l'abeille domestique (Le Conte, 2011)

#### 4. Défense de la colonie d'abeilles face aux agents pathogènes :

Différents éléments, tant à l'échelle individuelle qu'à l'échelle de la colonie, vont participer à la défense de la colonie d'abeilles face aux agents pathogènes :

##### 4.1. Protection comportementale

- Les jeunes ouvrières nettoient les alvéoles pour éliminer toute source de contamination (Boecking & Spivak, 1999).
- Une petite fraction d'ouvrières (1–2 %) se spécialise dans l'élimination des individus malades ou morts, en les transportant hors de la ruche (Visscher, 1983).
- Les abeilles pratiquent l'auto épouillage et l'allo épouillage pour se débarrasser mutuellement des parasites (Fries & Camazine, 2001).

##### 4.2. Protection morphologique

Chez l'abeille, la cuticule chitineuse constitue une première ligne de défense en agissant comme une barrière physique contre les agressions extérieures. Cette enveloppe est recouverte

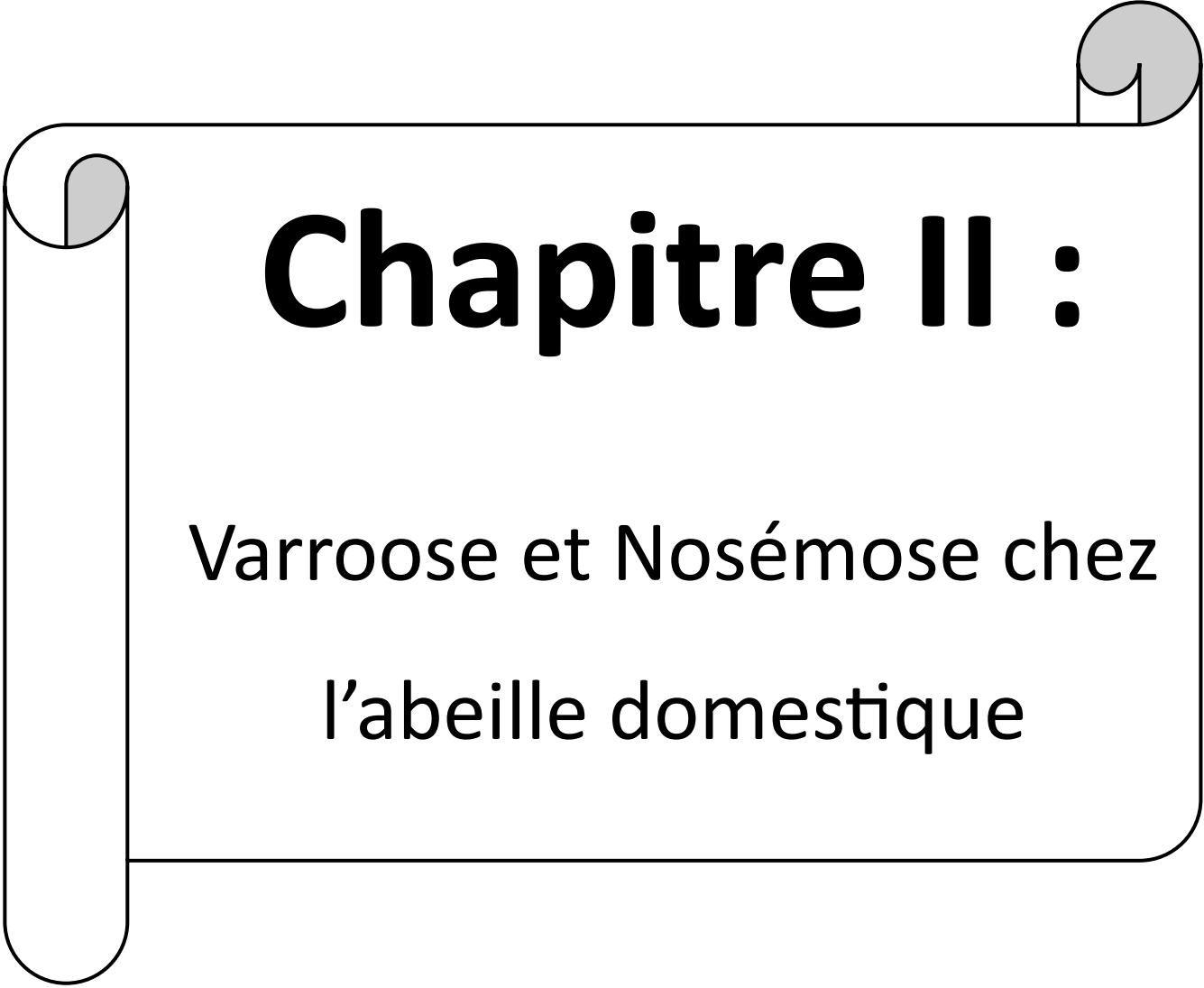
d'une fine couche cireuse qui joue un rôle essentiel dans la réduction des pertes hydriques. Par ailleurs, la valve proventriculaire assure une fonction de filtration, retenant une partie des spores pathogènes avant leur passage vers l'intestin **(Boecking & Spivak, 1999)**.

#### 4.3. Protection physiologique

Les abeilles utilisent des substances à propriétés antibactériennes, telles que la cire, la propolis ou encore le miel, pour maintenir un environnement aseptisé au sein de la ruche **(Fries & Camazine, 2001)**. Leur espérance de vie relativement brève, associée à un renouvellement rapide par des individus sains, contribue à limiter la diffusion des agents infectieux **(Boecking & Spivak, 1999)**. En présence d'une infection, la colonie est également capable de déclencher une élévation collective de la température interne, comparable à une fièvre, afin d'inhiber le développement des pathogènes **(Starks et al., 2000)**.

#### 4.4. Protection immunitaire

Les abeilles possèdent un système immunitaire inné, à la fois hormonal et cellulaire, dont la régulation implique l'expression de nombreux gènes. L'évaluation de leur réponse immunitaire repose notamment sur la mesure de l'expression de certains gènes codant pour des enzymes clés, telles que la phénol oxydase, la glucose déshydrogénase, la glucose oxydase, le lysozyme ou encore la protéine Eater, ainsi que sur la quantification de peptides antimicrobiens comme l'abaecine, la défensine, l'apidaecine et l'hyménoptæcine. Grâce aux avancées constantes en biologie moléculaire, la liste de ces marqueurs immunitaires s'élargit continuellement **(Yang & Cox-Foster, 2005 ; Evans, 2006 ; Di Prisco et al., 2011)**.



# Chapitre II :

Varroose et Nosémose chez  
l'abeille domestique

## Chapitre II: Varroose et nosémose chez l'abeille domestique

### 1.Varroose:

#### 1.1. Définition

La varroose est une maladie parasitaire due à l'infestation des adultes et du couvain d'*Apis Mellifera* par l'acarien ectoparasite *Varroa destructor*. Pathologie majeure en apiculture, sa Contagiosité et ses effets en font un véritable fléau. Maladie réglementée, elle est classée, en France, en danger sanitaire de deuxième catégorie , ( **Assemblée nationale , 2020** ) et se trouve également sur la liste des maladies à déclaration obligatoire de l'Organisation Mondiale de la Santé Animale (**OIE, 2013**)

#### 1.2. Importance de la maladie:

La varroose représente l'un des principaux fléaux de l'apiculture à l'échelle mondiale. Cette maladie est provoquée par l'acarien *Varroa destructor*. Elle affecte les larves, les nymphes ainsi que les abeilles adultes. Les femelles adultes de *V. Destructor* ont une espérance de vie variant entre deux mois et demi et trois mois et demi durant la période estivale. Quant aux mâles adultes, ils sont incapables d'accéder à une source de nourriture et présentent une sensibilité accrue à la déshydratation. Ils périssent peu après l'émergence de l'abeille adulte parasitée. La forme du corps, aplatie dorso-ventralement, ainsi que la présence de huit pattes latérales munies de ventouses permettent à la femelle de *Varroa* de s'adapter efficacement tant au parasitisme qu'à la phorésie (**Samuel, 201c**).

#### 1.3. Historique :

Le *Varroa destructor* (anciennement appelé *Varroa jacobsoni*) est devenu ces dernières décennies un parasite particulièrement redoutable pour l'abeille domestique occidentale (**Apis mellifera ; Ritter, 1981**). À l'origine, ce parasite infestait uniquement l'abeille asiatique *Apis cerana*, espèce indigène du continent asiatique. Le transfert du parasite de *A. cerana* vers *A. mellifera* serait survenu aux alentours de 1957 au Japon, où ces deux types d'abeilles coexistaient depuis 1877 (**de Guzman et al., 1987**). La varroase s'est rapidement répandue sur

presque l'ensemble du territoire algérien à partir de 1981. Bien qu'elle soit originaire d'Asie, cette pathologie a été introduite en Algérie par l'intermédiaire de l'Europe. Elle continue aujourd'hui son extension vers les régions occidentales du Maghreb ainsi que le sud du Sahara.

Cette propagation a engendré des pertes significatives parmi les apiculteurs algériens : certains ont vu entre 30 et 50 % de leurs colonies disparaître en 1991 (**Boukhalfa, 1981**).

#### 1.4. Classification du *Varroa destructor* :

La classification systématique de *Varroa destructor* est détaillée ci-dessous :

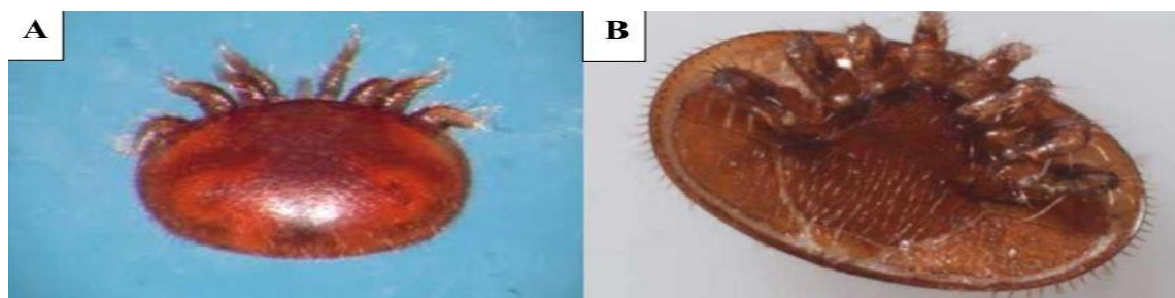
**Tableau 03** : taxonomie de *Varroa destructor*. (OIE, 2021)

|                    |                           |
|--------------------|---------------------------|
| Embranchement      | Arthropodes               |
| Sous embranchement | Chélicérates              |
| Classe             | Arachnides                |
| Ordre              | Acariens                  |
| Sous ordre         | Mesotigmates              |
| Famille            | Dermanycidae (Gamassidae) |
| Sous famille       | Varroinae                 |
| Genre              | Varroa                    |
| Espèce             | destructor                |

### 1.5. Description d'agent pathogène :

Le genre *Varroa* regroupe quatre espèces connues : • *Varroa jacobsoni* • *Varroa underwoodi* • *Varroa rindereri* • *Varroa destructor* Parmi ces espèces, seule *Varroa destructor* est actuellement présente en Europe. Les trois autres sont exclusivement associées à des abeilles asiatiques (Treilles, 2002).

**a. Anatomie générale de l'adulte :** Chez *Varroa destructor*, le dimorphisme sexuel est particulièrement prononcé, ce qui facilite nettement la distinction entre le mâle et la femelle. Le mâle se reconnaît à ses pattes plus fines, son corps faiblement sclérifié, tout comme ses appendices. Ses chélicères sont transformées en spermiodyctyles, véritables structures en forme de canule, permettant l'injection directe des spermatozoïdes dans le corps de la femelle. La différence la plus marquante réside dans la taille : le mâle est environ deux fois plus petit que la femelle. Ces caractéristiques morphologiques sont en parfaite adéquation avec son rôle : il féconde les femelles encore immatures à l'intérieur des cellules operculées, lieu qu'il ne quittera jamais jusqu'à la fin de sa vie (Fernandez et Coineau, 2002). Pour ce qui est des autres aspects morphologiques, ils restent relativement similaires entre les deux sexes. Le corps se divise en deux segments principaux : l'idiosome et le gnathosome. L'idiosome, qui constitue la plus grande partie du corps, porte les quatre paires de pattes. Le gnathosome, quant à lui, est une région antérieure réduite, regroupant les structures buccales. Il inclut une paire de stylets salivaires, une paire de chélicères ainsi qu'une paire de palpes. Les chélicères, munies de puissants muscles rétracteurs, permettent au parasite de percer la cuticule de l'abeille hôte (Sonenshine et al., 2022). Les pattes, courtes et robustes, sont parfaitement adaptées à leur mode de vie (Fernandez et Coineau, 2002).



**Figure 04 :** femelle *Varroa destructor* (face dorsale et face ventrale) (Goodwin et Van Eaton., 2001) .

**b. Anatomie interne :** L'anatomie interne de *Varroa destructor* comprend plusieurs systèmes spécialisés, chacun contribuant à ses capacités d'adaptation au parasitisme des abeilles.

- Le tégument Le tégument joue le rôle d'un exosquelette, offrant une structure rigide pour l'ancrage des muscles. Il participe également à l'imperméabilité du corps et au maintien de l'équilibre hydrique (**Fernandez & Coineau, 2002**).

- Le système salivaire Les stylets salivaires permettent au parasite d'introduire sa salive directement dans la plaie de l'hôte. Cette salive renferme des enzymes digestives responsables d'une dégradation extracorporelle des tissus de l'abeille, facilitant ainsi l'absorption des nutriments (**Ramsey et al., 2015**).

- Le système digestif post-oral Ce système se divise en trois sections :

- L'intestin antérieur, composé du pharynx et de l'œsophage ;

- L'intestin moyen, comprenant le ventricule, le côlon et le post-côlon ;

- L'intestin postérieur, constitué de l'atrium anal (**Fernandez & Coineau, 2002**).

- Le système sensoriel *V. destructor* possède un système sensoriel sophistiqué, essentiellement formé de soies sensorielles (ou sensilles) et d'autres structures sensibles non ciliées. Les sensilles peuvent être classées en trois types : • À pore terminal (TP-sensillae) ; • À parois poreuses (WP-sensillae) ; • Dépourvues de pores (NP-sensillae) (**Fernandez & Coineau, 2002**). Les structures non setae sensillus regroupent les récepteurs sensoriels qui ne sont pas des soies. Il s'agit notamment des pores cuticulaires présents sur les chélicères, les palpes et la cavité pré-orale, jouant un rôle dans la perception chimique, ainsi que des lyrifissures, fines fentes présentes sur le corps et les appendices, qui agissent comme mécanorécepteurs (**Fernandez & Coineau, 2002**).

- L'appareil reproducteur L'appareil reproducteur de *V. destructor* est au cœur de son interaction avec l'abeille hôte, notamment les espèces du genre *Apis*. Certains parasites exploitent les fonctions reproductrices de leur hôte pour assurer leur développement ou leur dissémination. Selon (**Fernandez & Coineau 2002**), cette structure joue un rôle essentiel dans

la stratégie parasitaire adoptée par plusieurs espèces. Des recherches complémentaires ont révélé l'impact de ces interactions sur la fertilité des reines, le comportement reproducteur des colonies et leur survie à long terme (**Schmid Hempel, 1988 ; Evans & Spivak, 2010**).

## 1. 6. Cycle de développement :

### 1. 6.1. Cycle parasitaire :

L'œuf de *Varroa destructor* est blanc, élastique et de forme ovoïde, mesurant environ 300 µm de long pour 230 µm de large. La femelle pond son premier œuf entre 60 et 70 heures après l'operculation de la cellule. Ce premier œuf, non fécondé, produit un mâle haploïde ( $n = 7$ ), tandis que les œufs fécondés, diploïdes ( $2n = 14$ ), donnent des femelles. Chez les femelles, le développement embryonnaire dure entre 20 et 28 heures, alors qu'il prend entre 26 et 30 heures chez les mâles. Au cours de sa vie, une femelle peut produire entre 18 et 30 œufs. En général, elle pond cinq œufs (un mâle et quatre femelles) dans les cellules de couvain d'ouvrières, et jusqu'à six dans celles contenant des larves mâles. Le développement optimal de ces œufs nécessite une température située entre 31 °C et 37 °C. La phase suivante correspond au stade de protonymphe, la première phase mobile du cycle. L'organisme présente alors quatre paires de pattes, un corps clair et non durci. À ce stade, il est encore difficile de distinguer les sexes. Chez le mâle, cette phase dure entre 52 et 68 heures ; chez la femelle, elle s'étend de 26 à 40 heures. Après une mue, l'individu passe au stade deutonymphal. Il conserve ses quatre paires de pattes et développe un gnathosome similaire à celui d'un adulte. Le corps reste translucide et sans sclérification. La femelle mesure entre 750 et 1 000 µm de long et entre 800 et 1 600 µm de large. Le mâle, quant à lui, est plus petit, avec une taille variant entre 750 et 770 µm en longueur, et de 750 à 800 µm en largeur. Les juvéniles des deux sexes se différencient des adultes principalement par l'absence d'ouverture génitale. Le stade deutonymphal dure entre 54 et 72 heures chez les mâles, et entre 68 et 86 heures chez les femelles. Une ultime mue permet l'apparition de l'adulte, mâle ou femelle.

### 1.6.2. Phase phorétique et reproduction :

Lorsque la femelle adulte quitte la cellule, elle s'accroche à une abeille adulte, généralement sur la partie antérieure de l'abdomen, le thorax, ou entre les plaques sternales et tergales, des zones difficilement accessibles au toilettage. Cette étape est appelée phase phorétique, ou phorésie. C'est durant cette période que le parasite se nourrit de l'hémolymphe de son hôte, contribuant à l'affaiblissement de celui-ci, tout en assurant la transmission de divers virus. Les nutriments ingérés durant cette phase permettent à l'appareil reproducteur de la femelle d'atteindre sa pleine maturité. Elle est alors prête à entamer un nouveau cycle reproductif. Pour se reproduire, elle recherche une cellule contenant une larve d'abeille au stade L5. Ce moment marque l'entrée dans la phase de reproduction. Chez *Varroa destructor*, l'accouplement et la reproduction ne se produisent que dans les cellules operculées. Dans les couvains d'ouvrières, la période d'operculation est d'environ 270 à 280 heures, tandis qu'elle peut durer de 330 à 360 heures dans les cellules contenant des faux-bourçons. Le mâle du parasite ne survit pas hors de la cellule operculée. Enfin, le développement de l'acararien est généralement plus favorable dans le couvain de mâles que dans celui des ouvrières (**Samuel, 2010**).



**Figure 05** : Abeilles parasitées : des varroas "en écaille" fermement ancrés sur leur dos (Rosenkranz et al., 2010) .

### 1.7- Origines de la contamination (Treilles, 2002) :

Les principales voies de contamination sont représentées par les colonies déjà infestées. Il est essentiel de noter que les produits issus de la ruche ne constituent pas un milieu favorable au développement du parasite. La véritable source de propagation est donc bien la colonie porteuse elle-même, et non les substances récoltées (miel, cire, propolis, etc.). Même les colonies ayant subi un traitement peuvent représenter une menace, notamment lorsqu'elles contiennent encore du couvain operculé. Ce dernier constitue un abri efficace pour les acariens, les protégeant partiellement des effets des produits acaricides. Ainsi, un traitement mal dosé, mal appliqué ou effectué au mauvais moment peut conduire à la survie de parasites, qui pourront par la suite infester d'autres ruches du même rucher. À un degré moindre, certains éléments de l'environnement peuvent également être impliqués dans la transmission. La femelle *Varroa destructor* est capable de survivre en dehors de la ruche pendant une période allant de deux à dix jours, en fonction des conditions climatiques (température et humidité). De ce fait, on peut retrouver le parasite sur des outils apicoles (en particulier lors des opérations de récolte), sur des fleurs, ou encore sur d'autres insectes, tels

que les bourdons et les guêpes. De plus, les ruches désertées à la suite d'un effondrement de colonie peuvent également devenir des sources secondaires d'infestation.

### 1.8. Modes de transmission :

*Varroa destructor* utilise la phorésie pour se déplacer d'une abeille à une autre, en se fixant temporairement sur des individus adultes. Contrairement à un parasite phorétique classique, il ne se limite pas au transport passif : il se nourrit également de l'hémolymphe des abeilles, causant ainsi un affaiblissement direct de l'hôte. Chez d'autres insectes comme les guêpes ou les bourdons, son comportement reste strictement phorétique. La durée de cette phase varie selon plusieurs facteurs : elle est plus courte chez les femelles matures et plus longue chez celles récemment fécondées, pouvant aller jusqu'à dix jours. La saison et la disponibilité des cellules de couvain influencent aussi cette période (**Treilles, 2002 ; Bertrand, 2003**).

### 1.9. Propagation de la maladie :

La transmission de *Varroa destructor* s'opère principalement par voie directe : les ouvrières infestées quittent les ruches affaiblies et propagent le parasite à d'autres colonies, notamment par la dérive ou le pillage. Ce mode de diffusion peut entraîner l'infestation de plus des deux tiers d'un rucher en seulement un mois (**Samuel, 201c**). À cela s'ajoute une transmission indirecte, favorisée par les pratiques apicoles humaines telles que l'importation de reines ou la transhumance des ruches, accélérant la dispersion du parasite à grande échelle (**Samuel, 201c**). Signes cliniques de la varroose à l'échelle individuelle et collective Les signes cliniques de la varroose résultent à la fois de l'action directe de l'acarien *Varroa destructor* et des maladies virales qu'il véhicule, en particulier le virus des ailes déformées (DWV) (**Rosenkranz et al., 2010**). Lorsqu'une infestation reste faible, les colonies paraissent en bonne santé et ne présentent aucun symptôme apparent (**AFSSA, 2008**). En revanche, un niveau modéré d'infestation peut déjà perturber la dynamique de la colonie, entraînant un ralentissement du renouvellement des individus et une baisse sensible de la production (**Chauzat et al., 200c**). Dès que l'infestation devient importante, plusieurs signes évocateurs apparaissent : des abeilles aux ailes atrophiées ou déformées (DWV), une présence visible des acariens sur les adultes ou dans le couvain (**Rosenkranz et al., 2010**), un couvain irrégulier dit

"en mosaïque", une nette diminution du nombre d'abeilles, et à un stade avancé, la mort de la colonie. Lors de l'ouverture d'une ruche fortement atteinte, on observe souvent un faible nombre d'abeilles vivantes ou mortes, un peu de couvain operculé, et des réserves alimentaires intactes (AFSSA, 2008). D'autres signes peuvent également apparaître : des abeilles incapables de voler, rampant devant la ruche (Highfield et al., 2008), la présence de larves et de nymphes mortes dans les alvéoles (Martin, 2001), de petits groupes d'abeilles désorientées à l'entrée de la ruche, ainsi que des comportements de cannibalisme du couvain chez les colonies stressées (De Miranda & Genersch, 2010). Ces symptômes sont d'autant plus graves que *Varroa destructor* favorise l'émergence et la dissémination du DWV (Yang & Cox-Foster, 2005). À l'échelle de la colonie, l'impact devient particulièrement visible lorsque l'infestation s'aggrave : la population d'abeilles se réduit drastiquement au fil des générations (Treilles, 2002 ; Bertrand, 2003 ; Noireterre, 2011). Le couvain adopte un aspect en mosaïque, reflétant les décès prématurés de nombreuses nymphes avant même leur émergence, souvent expulsées par les ouvrières et retrouvées devant l'entrée de la ruche. Cette mortalité résulte d'un double effet : la prédation directe exercée par l'acarien sur les ressources de la nymphe, mais aussi un nourrissage déficient. Les larves parasitées deviennent de mauvaises nourrices à l'âge adulte, en raison d'une atrophie des acini des glandes hypopharyngiennes, réduisant à la fois la quantité et la qualité de gelée larvaire produite. La colonie dans son ensemble s'affaiblit : son activité décline, les performances de butinage diminuent, et les abeilles restantes présentent un aspect anormal, ailes écartées ou atrophiées, corps glabre ou noirci. Déjà affaiblies, ces abeilles deviennent des proies faciles pour les infections opportunistes. Leur espérance de vie est réduite, en particulier chez les abeilles d'hiver, ce qui peut entraîner un effondrement brutal de la colonie à la sortie de l'hiver, surtout si l'automne précédent a été marqué par une infestation sévère. Dans les cas les plus extrêmes, la ruche ne contient plus qu'une poignée d'abeilles, incapables d'entretenir le peu de couvain encore présent, malgré des réserves alimentaires suffisantes.

#### 1.10. Mesures préventives contre la propagation du *Varroa destructor* :

La lutte contre *Varroa destructor* ne repose pas uniquement sur des traitements curatifs, mais s'appuie aussi sur des mesures préventives visant à limiter la propagation du parasite et à renforcer la résilience des colonies.

### 1.11. Limiter la propagation du parasite :

Certaines causes de dispersion du varroa échappent au contrôle de l'apiculteur, notamment la migration naturelle des faux-bourçons, capables de parcourir entre 10 et 20 kilomètres par jour. Toutefois, cette dispersion naturelle reste relativement lente — de l'ordre de quelques kilomètres par an. À l'inverse, ce sont les pratiques humaines qui jouent un rôle central dans la diffusion rapide du parasite : vente d'essaims, déplacements de ruches, échanges de cadres, de couvain ou de reines issues de colonies infestées, autant d'actions susceptibles d'introduire le varroa dans des ruchers auparavant sains (**Bosse-Platière et al., 1987**), même lorsque des certificats sanitaires sont fournis. L'introduction d'essaims errants, bien qu'inévitable, doit impérativement être suivie d'un contrôle rigoureux dès leur arrivée dans le rucher, afin de détecter toute infestation latente.

### 1.12. Renforcer la résistance des colonies Parallèlement aux mesures de biosécurité :

Plusieurs pratiques apicoles permettent d'augmenter la résilience des colonies face à une infestation par *Varroa destructor* :

- Le renouvellement régulier des reines,
- La division des colonies
- Une alimentation d'hivernage de Recette naturelle tonifiante (**Roger, 1332**) :

### 1.13. Diagnostic du *varroa destructor* :

Le diagnostic de l'infestation par *Varroa destructor* peut s'effectuer par simple observation directe, les acariens adultes étant visibles à l'œil nu sur les abeilles ou dans le couvain (**Chauzat et al., 200c**). Toutefois, pour évaluer précisément le niveau d'infestation, plusieurs méthodes de prélèvement sont utilisées. Chacune offre une perspective complémentaire sur la présence et l'intensité de l'infestation.

- Les débris au fond de la ruche

Cette méthode repose sur l'utilisation d'un plateau placé sous la ruche, recouvert d'un matériau adhésif ou d'un linge imprégné de vaseline, et protégé par une grille empêchant l'accès des abeilles. Ce dispositif permet de recueillir les acariens tombés naturellement (chute

naturelle) ou à la suite d'un traitement acaricide. Le comptage régulier des varroas retrouvés sur ce plateau donne une estimation du niveau d'infestation au sein de la colonie (**Delaplane & Hood, 1999**).

- **L'inspection du couvain operculé Le couvain de mâles** : constitue une cible privilégiée pour la reproduction du parasite, car ses cellules sont plus spacieuses et restent operculées plus longtemps que celles des ouvrières. En ouvrant ces cellules, il est possible d'observer directement les varroas présents sur les nymphes d'abeilles (**Martin, 1994**). Cette méthode permet une détection efficace dans les phases actives de reproduction du parasite.

- **L'analyse des abeilles adultes** : Un échantillon d'abeilles, généralement prélevé sur des cadres contenant du couvain non operculé, peut être soumis à des méthodes de détachement mécanique des varroas : lavage à l'alcool, ou plus couramment au sucre glace. Ces techniques permettent de faire tomber les acariens, qui sont ensuite comptés (**Dietemann et al., 2013**). Cette approche est utile pour estimer la charge parasitaire sur les adultes, en particulier en dehors des périodes de reproduction. Ces techniques, bien que différentes, sont complémentaires. Leur utilisation conjointe permet d'établir un diagnostic fiable du niveau d'infestation, condition indispensable pour choisir le moment le plus opportun et le type de traitement le plus adapté à la situation (**OIE, 2015**).

#### 1.14. Traitement contre *Varroa destructor* :

La lutte contre la varroose repose principalement sur l'utilisation de substances actives naturelles ou autorisées, appliquées selon des méthodes précises. Trois traitements majeurs sont couramment utilisés :

- **Acide formique** D'origine naturelle (présent dans l'oseille et le venin de certaines fourmis), l'acide formique est efficace contre les varroas, y compris ceux cachés sous les opercules du couvain. Il peut être appliqué par irrigation entre les cadres (hors période de couvain) ou par évaporation lente via des diffuseurs (**Brabançon, 2006**). Son efficacité dépend de la température et du positionnement dans la ruche. Avantages : Pénètre le couvain operculé ; agit aussi sur les adultes. Inconvénients : Peut entraîner un arrêt temporaire de la ponte (**Boucher, 2010**), ce qui impose un bon choix de moment.

• **Acide oxalique** Également d'origine naturelle, cet acide est surtout utilisé en hiver, lorsque le couvain est absent, pour éviter que les varroas ne soient protégés sous opercule. Deux méthodes sont utilisées : irrigation dans un sirop sucre/eau ou diffusion par évaporation (**Brabançon, 2006**).

**Avantages** : Naturel, efficace sur les varroas adultes, facile à appliquer. Inconvénients : Risque d'interrompre la ponte ; efficacité dépendante de la température ; toxicité potentielle si mal manipulé (**Boucher, 2010**). • **Thymol** Issu du thym, le thymol agit par évaporation et perturbe le système nerveux des varroas. Il est souvent intégré dans des produits prêts à l'emploi comme Apiguard ou Thymovar.

**Avantages** : Naturel, biodégradable, peu de résidus, peut être utilisé même en présence de couvain. Inconvénients : Moins efficace par temps froid, forte odeur parfois mal tolérée par la colonie, stress possible si mal appliqué (**Barbançon, 2006**)

## 2. La Nosémose :

### 2.1. Définition :

La Nosémose est une maladie parasitaire majeure chez *Apis mellifera*, préoccupante en raison de son impact direct sur le système digestif et l'immunité des abeilles adultes (**Houdelet, 2020**). Elle touche les trois castes de la colonie, mais uniquement au stade adulte, et se manifeste surtout dans les régions au climat tempéré, caractérisées par des hivers longs et humides.

### 2.2. Agents pathogènes :

Deux espèces de microsporidies sont actuellement reconnues comme agents étiologiques de la nosémose chez l'abeille domestique : *Nosema apis*, décrite de longue date, et *Nosema ceranae*, identifiée initialement chez *Apis cerana* mais aujourd'hui largement répandue chez *A. mellifera*. Cette dernière se distingue non seulement par une aire de répartition géographique plus étendue, mais également par sa capacité à infecter d'autres hyménoptères, notamment les bourdons du genre *Bombus* (**Hemmerlé, 2019**). *Nosema*

*ceranae* actuellement la plus répandue dans de nombreuses régions du monde, notamment en Algérie (Coulon et al., 2018 ; Chauzat et al., 2006).

**a. *Nosema apis* :**

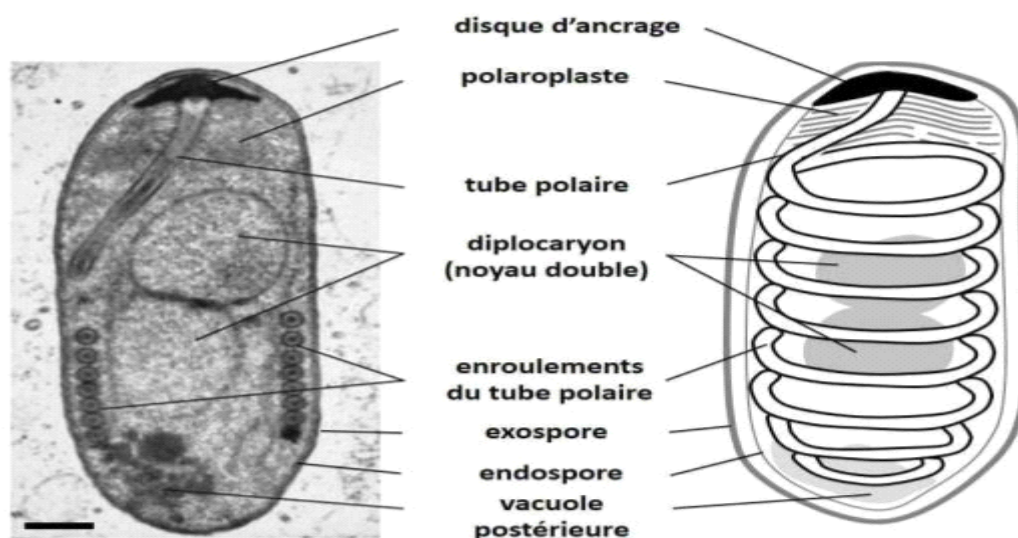
Est un parasite unicellulaire intracellulaire strict, capable de former des spores, qui constituent sa principale forme de résistance. Ces spores, de forme ovale, mesurent environ 5 à 7  $\mu\text{m}$  de long et 3 à 4  $\mu\text{m}$  de large. Elles peuvent survivre un an dans les fèces, plusieurs mois dans le miel et jusqu'à quatre à cinq ans dans les cadavres d'abeilles.

La spore est composée de plusieurs structures essentielles (Mackowiak., 2009) :

- Une paroi épaisse, assurant sa résistance aux conditions extérieures.
- Un filament polaire, enroulé en spirale, qui est expulsé lors de la germination pour permettre l'infestation de l'hôte.
- Un polaroplaste situé au pôle antérieur et une vacuole à l'extrémité opposée.
- Un double noyau, caractéristique de ce parasite.

**b. *Nosema ceranae* :**

Les spores de *Nosema ceranae* sont légèrement plus petites que celles de *Nosema apis*. De plus, leur filament polaire présente un **nombre de spires réduit**, avec **20 à 23 tours** contre **plus de 30** chez *N. apis*. Cette différence morphologique peut influencer leur mode d'infection et leur persistance dans l'environnement. (Mackowiak., 2009)



**Figure 06** : Structure d'une spore de *N. ceranae*. Photographie d'une spore en microscopie électronique à transmission (à gauche, barre = 0,5 µm ; Solter, 2010) et schéma (à droite) montrant les différents organites et structures constituant une spore de *N. ceranae*. (Rouzé., 2020)

### 2.3. Cycle de développement de l'agent pathogène :(7)

Le cycle de vie de *Nosema* débute lorsqu'une abeille adulte ingère des spores matures présentes dans les fèces contaminées ou dans l'eau souillée (Bailey & Ball, 1991). Ces spores sont hautement résistantes aux conditions environnementales et peuvent rester viables pendant plusieurs mois à l'extérieur de l'hôte (OIE, 2019). Une fois ingérées, les spores germent dans le ventricule (ou intestin moyen) de l'abeille et libèrent un filament polaire qui perce la membrane cellulaire des cellules épithéliales intestinales, permettant l'injection du contenu sporoplasmique (Evans & Spivak, 2010). À l'intérieur de ces cellules, le parasite se multiplie de façon asexuée par schizogonie, formant des sporonts, qui évoluent ensuite en sporoblastes, puis en spores matures capables de répéter le cycle infectieux (Bailey & Ball, 1991). À mesure que l'infection progresse, les cellules intestinales sont détruites, ce qui nuit à l'absorption des nutriments et affaiblit gravement l'abeille. Sur le plan pathogénique, *Nosema ceranae* induit une dysfonction immunitaire, une réduction de la longévité, une altération du comportement de butinage, une perte d'orientation, et dans les cas sévères, l'effondrement des colonies sans signes cliniques évidents (Coulon et al., 2018 ; Evans &

**Spivak, 2010**). Contrairement à *N. Apis*, *N. Ceranae* ne présente pas toujours des symptômes classiques comme la diarrhée, ce qui rend le diagnostic plus difficile à établir à l'œil nu (**OIE, 2019**). La transmission se fait principalement par voie orale, mais elle peut également avoir lieu lors de contacts trophallactiques entre abeilles ou par le biais de l'entretien du couvain par des nourrices infectées (**Bailey & Ball, 1991**). Les spores sont ensuite excrétées dans les excréments, favorisant la contamination de la ruche et la propagation à d'autres colonies, surtout en cas de surpopulation ou de mauvaises conditions d'hygiène (**Chauzat et al., 2006 ; FAO, 2023**).

#### **A. Description des étapes et Effet pathologique**

1. Ingestion de spores infectées Début de l'infection intestinale Par l'abeille via l'eau, nourriture, ou contact avec fèces (**Bailey & Ball 1991**)
2. Germination dans l'intestin Filament polaire perce les cellules épithéliales Début de l'invasion intracellulaire (**OIE., 2019**)
3. Multiplication intracellulaire Reproduction asexuée (schizogonie) dans cellules intestinales Détérioration de la paroi intestinale (**Evans & Spivak., 2010**)
4. Formation de spores infections locales Sporogonie → production de spores infectieuses Nouvelles (**Chauzat et al., 2006**)
5. Lyse cellulaire Rupture des cellules épithéliales → libération massive de spores Malabsorption, perte d'énergie, baisse de longévité (**Coulon et al., 2018**)
6. Excrétion fécale Les spores sont excrétées → contaminent l'environnement ruche et colonies Contagion horizontale entre abeilles et entre ruchers (**FAO., 2023 ; Bailey & Ball 1991**)

#### **b. Particularités spécifiques des espèces de Nosema (*N. apis* et *N. ceranae*) :**

Bien que *Nosema apis* et *Nosema ceranae* partagent le même cycle général, certaines différences les distinguent.

**Chez *Nosema apis***, l'infection nécessite entre 20 et 90 spores. Les spores atteignent le ventricule en dix minutes, où elles injectent leur contenu dans les cellules intestinales. Le cycle intracellulaire se déroule en deux phases : mérogonie et sporogonie. Deux types de spores sont produits : à paroi mince (infection locale) et à paroi épaisse (excrétées). (**Mackowiak., 2009**)

Chez *Nosema ceranae*, le cycle est plus rapide : tous les stades sont visibles dès le troisième jour. Le parasite peut infecter directement les cellules voisines et atteint aussi les cellules basales régénératives, empêchant la réparation de l'épithélium. Elle entraîne une immunosuppression, une désorientation, une réduction de la longévité et peut provoquer des effondrements de colonies sans signes cliniques évidents comme la diarrhée, ce qui complique le diagnostic visuel. Ce phénomène n'est pas observé chez *Apis cerana*. *N. ceranae* présente ainsi un pouvoir pathogène plus élevé chez *Apis mellifera*. (Mackowiak., 2009)

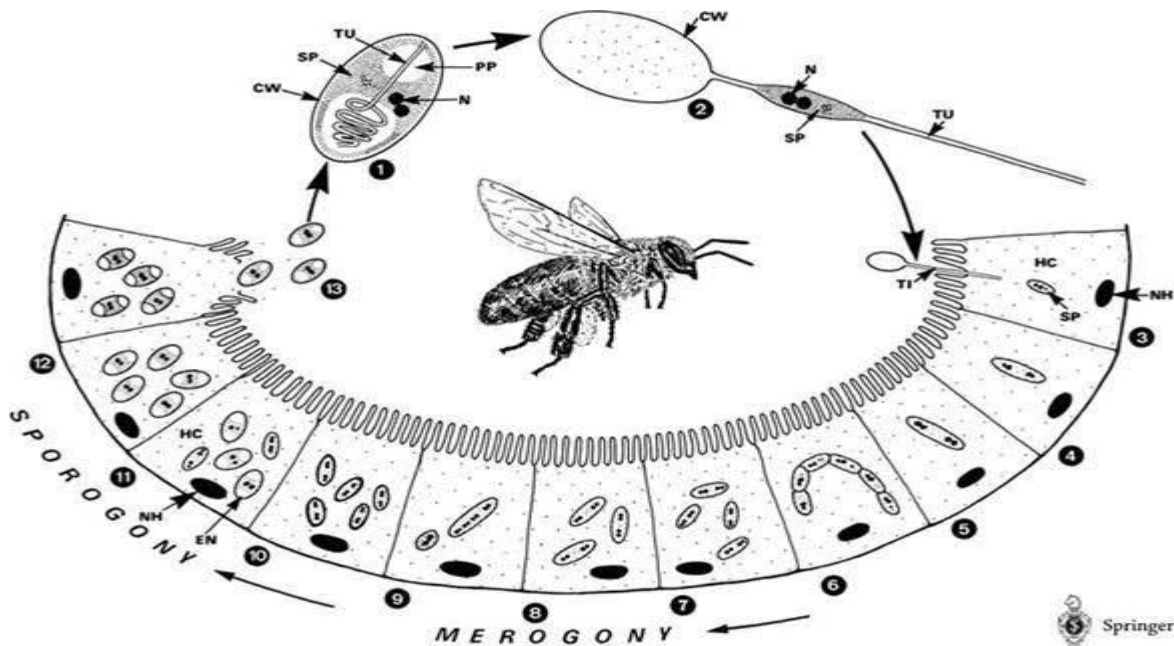


Figure 07 : Cycle de développement de *Nosema spp* (Mackowiak., 2009)

#### 2.4. Contamination :

L'infestation peut se faire par une spore unique mais on considère généralement qu'il faut entre 20 et 90 spores pour que la maladie apparaisse. (Roy., 2015)

#### 2.5. Principaux modes de transmission de la maladie :

La transmission de *Nosema apis* se fait principalement par voie fécale-orale, c'est-à-dire par ingestion de spores après un contact direct avec des excréments contaminés. En revanche, *Nosema ceranae* se propage majoritairement par voie orale-orale. (Hemmerlé, 2019)

#### 2.6. Pathogénie de *Nosema spp* dans l'organisme de l'abeille :

Après ingestion, les spores de *Nosema* atteignent l'intestin moyen, où elles trouvent un environnement favorable à leur développement. Elles infectent les cellules épithéliales intestinales, en commençant par l'extrémité postérieure du ventricule, puis se propagent

progressivement à l'ensemble du ventricule et au rectum, dont les épithéliums se remplissent de spores. La destruction des cellules intestinales et la prolifération du parasite entraînent divers troubles : une inflammation du tube digestif accompagnée de diarrhée, une possible constipation due à l'accumulation de spores provoquant un abdomen gonflé, ainsi qu'une altération de la digestion se traduisant par une diminution du taux d'acides gras et une hypoprotéinémie dans l'hémolymphe. Ces déséquilibres nutritionnels affectent la qualité de la gelée nourricière et royale, impactant le développement des larves. Par ailleurs, la perturbation du métabolisme protéique réduit la résistance et la longévité des abeilles, notamment celles d'hiver, contribuant à la dépopulation de la colonie par une espérance de vie raccourcie et une mortalité accrue liée aux diarrhées. Toutefois, en été, la maladie peut rester asymptomatique chez les jeunes abeilles, dont l'épithélium intestinal a une capacité de régénération et une durée de vie plus courte. (Roy., 2015)

## **2.7. Causes favorisantes :**

Plusieurs conditions peuvent favoriser le développement de la nosémose au sein des colonies d'abeilles. Parmi elles, les hivers longs et humides, les périodes pluvieuses et le confinement des abeilles réduisent leur capacité à évacuer les déjections, augmentant ainsi le risque de contamination. L'exposition à des agents chimiques, avec ou sans signes visibles d'intoxication, peut également entraîner un affaiblissement chronique et progressif des colonies. Les conditions d'élevage jouent un rôle important, notamment un hivernage sur miellat riche en mélézitose, qui cristallise dans l'intestin et fragilise les cellules intestinales. De plus, certaines souches et races d'abeilles présentent une sensibilité plus ou moins marquée à l'infection. Enfin, il est possible que la nosémose soit une pathologie multifactorielle, aggravée par la présence d'autres agents pathogènes tels que l'amibiase des tubes de Malpighi, le virus de la paralysie chronique (CBPV), le virus des ailes déformées (DWV), le virus de la cellule noire (BQCV) ou encore des virus filamenteux. (Roy., 2015)

## **2.8. Impact de *Nosema* sur le système immunitaire de l'abeille :**

*Nosema ceranae* exerce un effet immunosuppresseur chez l'abeille mellifère, entraînant une diminution significative de l'expression de plusieurs gènes impliqués dans les réponses immunitaires humorale et cellulaire, notamment ceux codant pour les peptides antimicrobiens (AMP). Cet impact est particulièrement marqué au cours de la première semaine suivant l'infection, mais tend à s'atténuer avec le temps, l'expression de ces gènes

redevenant normale après 12 jours. Par ailleurs, l'infection par *N. ceranae* induit un stress oxydatif au niveau intestinal, ce qui entraîne une production accrue d'enzymes antioxydantes. Des études récentes suggèrent également que le parasite inhibe l'apoptose des cellules hôtes, un mécanisme qui lui permet de se multiplier en empêchant l'élimination des cellules infectées. Cette inhibition de l'apoptose semble être une stratégie commune aux microsporidies, ayant déjà été observée dans plusieurs genres de cette famille de parasites.

( Rouzé., 2020)

## 2.9. Méthodes de diagnostic de la nosérose :

Le diagnostic de la nosérose repose sur une approche clinique et de laboratoire.

**-Diagnostic clinique :** Il consiste en l'examen de l'intestin des abeilles. Chez les abeilles atteintes, l'intestin présente une coloration blanchâtre, tandis que celui des abeilles saines est brun-rouge en raison de la présence de pollen. Pour observer cette différence, il suffit de sectionner la tête d'abeilles mortes, puis de tirer sur l'abdomen afin d'exposer l'intestin. Toutefois, cette méthode reste insuffisante pour établir un diagnostic de certitude (Roy, 2015).

**-Diagnostic de laboratoire :** La confirmation repose sur l'observation des spores au microscope. Cependant, la simple présence de spores ne suffit pas à diagnostiquer une nosérose clinique, car leur détection ne signifie pas nécessairement que la maladie est active. Il est donc essentiel de procéder à un comptage des spores, réalisé à partir de 30 abdomens d'abeilles broyés dans du sérum physiologique. L'échantillon obtenu est ensuite examiné au microscope entre lame et lamelle (Roy, 2015).

## 2.10. Prophylaxie de la nosérose :

La prévention de la nosérose repose sur deux axes majeurs : **le renforcement des défenses naturelles de l'abeille et la limitation de la contagion intra- et inter-colonies**. Ainsi, les principales mesures préventives peuvent être résumées en trois points essentiels :

- **Assurer un accès à des ressources alimentaires suffisantes et variées :** Une alimentation diversifiée, comprenant du pollen et du miel en quantité adéquate, est essentielle au bon fonctionnement du système immunitaire des abeilles et à l'efficacité de leurs défenses naturelles.

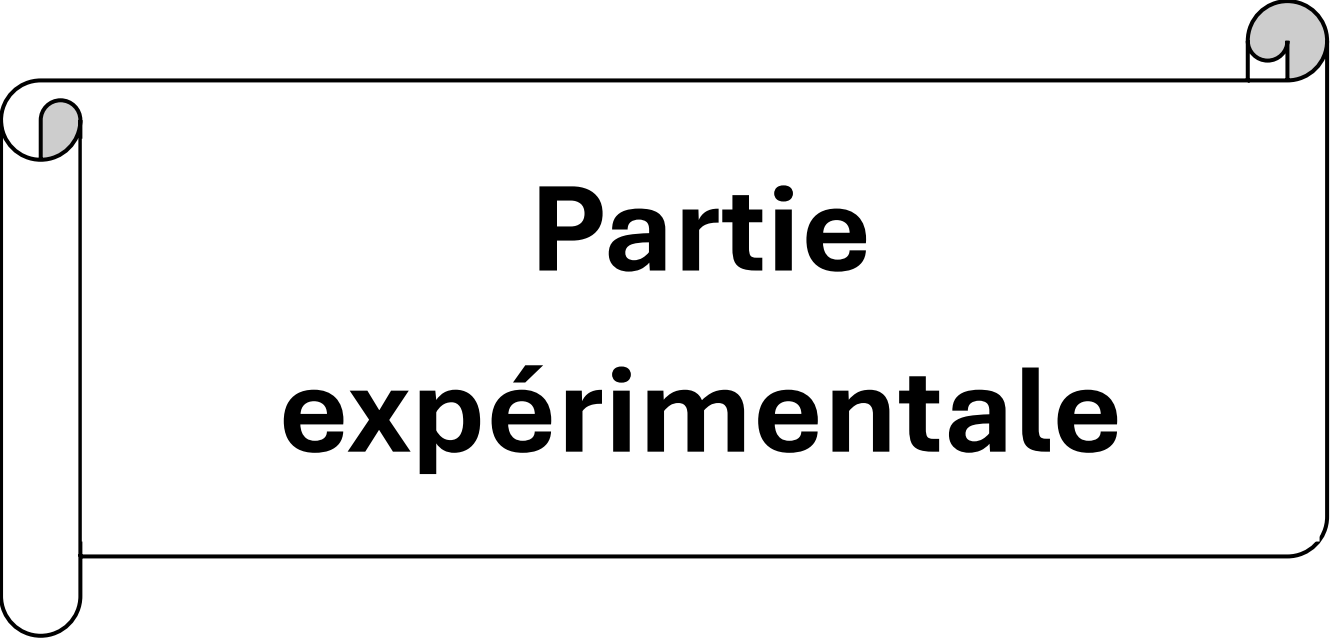
- **Gérer le cheptel apicole de manière responsable** : Il est crucial d'adopter de bonnes pratiques apicoles, notamment la lutte efficace contre le varroa, la prévention de la dérive et du pillage, ainsi que l'hivernage des colonies dans des conditions optimales, en privilégiant des emplacements adaptés et des colonies suffisamment fortes.
- **Limiter la propagation de la maladie au sein du rucher** : Une fois la nosérose diagnostiquée, il est impératif de mettre en œuvre sans délai les protocoles sanitaires appropriés afin de prévenir toute dissémination vers les colonies avoisinantes (Hemmerlé, 2019).

### 2.11. Traitements classiques de la nosérose :

Le traitement de l'infection par *Nosema ceranae* reste complexe en raison de la difficulté à détecter des signes cliniques spécifiques et du nombre limité de moyens de lutte disponibles. Toutefois, l'infestation des colonies peut être contrôlée grâce à **la fumagilline**, un antibiotique produit par *Aspergillus fumigatus*, efficace contre diverses espèces de microsporidies. Cette molécule cible l'enzyme méthionine aminopeptidase 2, une protéase impliquée dans la maturation des protéines chez la plupart des eucaryotes.

L'administration de **fumagilline à l'automne permet** de réduire significativement la charge parasitaire de *N. ceranae* au printemps suivant et limite ainsi le risque de dépeuplement des colonies. Cependant, ce traitement ne prévient pas les réinfections ultérieures. Des résidus de fumagilline persistant plusieurs mois après le traitement pourraient favoriser une hyperprolifération du parasite chez les abeilles traitées.

Bien que la fumagilline soit encore utilisée dans de nombreux pays pour lutter contre la nosérose, son usage est **interdit dans l'Union européenne**. Cette interdiction repose sur l'absence d'autorisation de mise sur le marché et l'impossibilité de définir une limite maximale de résidus dans le miel. Il est donc essentiel de développer des alternatives thérapeutiques et d'évaluer leur efficacité par des études de terrain sur des colonies d'abeilles (Rouzé., 2020).



# **Partie expérimentale**

### Partie expérimentale

#### 1. Objectifs du travail

Cette étude vise à évaluer l'état sanitaire des colonies d'abeilles domestiques (*Apis mellifera*) dans le nord de l'Algérie, en se concentrant sur les parasitoses les plus fréquentes.

Et ce, par :

- La détection de *Varroa destructor* et *Nosema spp.* ;
- L'estimation de la prévalence et de l'intensité des infestations ;
- L'analyse des données pour dresser un état des lieux sanitaire des ruchers ;
- La contribution à l'amélioration des pratiques de gestion sanitaire en apiculture.

#### 2. Cadre de l'étude

L'étude a été menée entre le 13 avril et le 17 juin 2025, dans les wilayas de Béjaïa, Blida et Alger, ainsi qu'au niveau de **Laboratoire Central Vétérinaire (LCV)** à Alger..

#### 3. Présentation du Laboratoire Central Vétérinaire (LCV)

Le Laboratoire Central Vétérinaire (LCV), situé à El Harrach (Alger), est un établissement public national relevant du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Il constitue un acteur clé dans le dispositif national de surveillance et de contrôle de la santé animale en Algérie.

Ses missions principales comprennent :

- le diagnostic des maladies animales, y compris les zoonoses ;
- la surveillance épidémiologique et le suivi des maladies à déclaration obligatoire ;
- le contrôle de la qualité des produits vétérinaires, tels que les vaccins, les médicaments et les aliments pour animaux ;
- la recherche appliquée en pathologie animale ;
- l'appui technique aux services vétérinaires régionaux et aux opérateurs de la filière.

Le LCV dispose de laboratoires spécialisés en virologie, bactériologie, parasitologie, sérologie, pathologie et biotechnologie. Il opère selon des standards de qualité reconnus, et

participe activement aux programmes de prophylaxie et de gestion des urgences sanitaires d'origine animale.

## 4. Matériel et Méthodes

### 4.1 Matériels

#### 4.1.1. Matériel Biologique

L'étude a porté sur un total de 43 échantillons d'abeilles adultes (*Apis mellifera*), constitués uniquement d'ouvrières.



**Figure 08 :** Les échantillons d'abeilles (photo personnelle, 2025)

#### 4.1.2. Matériel non biologique

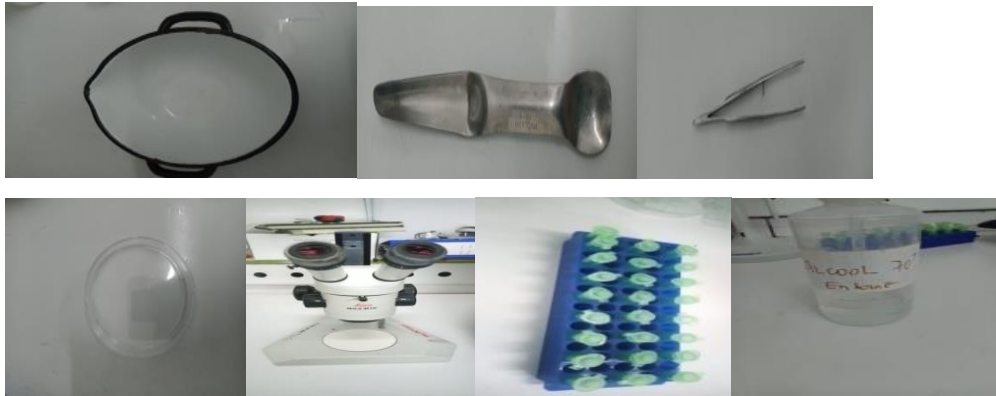
Nous avons utilisé divers équipements et consommables :

##### a. Matériel pour le prélèvement sur le terrain

- Pots de collecte en plastique
- Glacières et pains de glace (pour le transport)
- Congélateurs (-18°C à -20°C) pour la conservation

##### b .Matériel pour le diagnostic de la varroose

- Récipients de lavage (bol à fond blanc).
- Loupe binoculaire (modèles N°ML3511/LCV ou N°ML3611/LCV).
- Spatule.
- Pinces brucelles.
- Boîtes de Petri .
- Tubes Eppendorf avec leur support.
- Alcool éthylique.
- Eau tiède.



**Figure 09 : Matériel utilisé pour le diagnostic de la varroose (photos personnelles, 2025)**

### **c. Matériel pour le diagnostic de la nosémose**

- Mortiers et pilons de 50 ml.
- Pipettes de transfert.
- Lames et lamelles microscopiques.
- Microscope optique (modèle N°ML0421/LCV).
- Objectifs de grossissement x40 et x100.
- Pinces coupelle et ciseaux fins à dissection.
- Petit tamis ou passoire fine métallique.
- Passe-thé ou tamis jaune.
- Gants de laboratoire.
- Eau distillée.
- Lugol (facultatif).
- Tubes Eppendorf avec leur support



**Figure 10 : Matériel utilisé pour le diagnostic de Nosema spp (photos personnelles, 2025)**

### 4.2. Méthodes

#### 4.2.1. Questionnaire

Un questionnaire a été élaboré dans le but de recueillir des informations complémentaires auprès des apiculteurs concernant la gestion sanitaire de leurs ruchers. Il portait sur plusieurs aspects : le nombre de ruches détenues, les traitements utilisés contre les maladies parasitaires, les antécédents sanitaires observés, ainsi que les signes cliniques récemment notés sur les colonies.

Sur les treize apiculteurs sollicités, dix ont accepté de répondre au questionnaire, permettant ainsi de croiser les données déclaratives avec les résultats d'analyse parasitologique.

#### 4.2.2. Echantillonnage

##### a. Choix des ruches

Dans le cadre de cette étude, des contacts ont été établis avec plusieurs apiculteurs exerçant dans les wilayas de Béjaïa, Blida et Alger. Treize apiculteurs ont exprimé leur accord pour participer à l'enquête, répartis comme suit : huit à Béjaïa, quatre à Blida et un à Alger.

La sélection des ruchers s'est appuyée principalement sur la **disponibilité des apiculteurs** et leur **volonté de collaborer** activement au déroulement de l'étude.

##### b. La collecte des échantillons

Un total de 43 échantillons d'abeilles adultes a été prélevé à partir de 13 ruchers localisés dans les wilayas de Blida, Alger et Béjaïa. Les prélèvements ont été réalisés directement sur les cadres des ruches. Parmi les échantillons collectés, trois contenaient un mélange d'abeilles vivantes et mortes.

##### c. Conservation et transport des échantillons

Les échantillons collectés ont été placés dans une glacière isotherme afin de préserver leur intégrité, puis transportés vers le laboratoire du LCV. À leur arrivée, ils ont été stockés au congélateur jusqu'à leur utilisation pour les analyses parasitologiques.

#### 4.2.3. Méthode de détection et de quantification de *Varroa destructor*

Le diagnostic de l'infestation par *Varroa destructor* a été réalisé à partir d'échantillons d'abeilles adultes, selon une méthode standardisée de lavage, conformément aux recommandations du **Manuel terrestre de la WOA (2021), Chapitre 3.2.7**. Cette méthode,

permet une évaluation quantitative précise de la charge parasitaire au sein des colonies d'abeilles.

### a. Principe de la méthode

La méthode repose sur le délogement mécanique des acariens fixés au corps des abeilles à l'aide d'un lavage à l'eau tiède, couplé à une agitation manuelle. Ce procédé, , permet un détachement efficace des *Varroa* tout en préservant l'intégrité des spécimens pour d'éventuelles analyses ultérieures (**Dietemann et al. 2013**).

### b. Procédure opératoire

#### 1. Préparation des échantillons :

Les échantillons ont été retirés du congélateur et décongelés avant d'être soumis aux analyses parasitologiques.

#### 2. Lavage et récupération des acariens :

- Les abeilles ont été transférées dans un récipient de lavage propre.
- Un volume d'eau tiède suffisant pour immerger complètement les abeilles a été ajouté.
- Le récipient a été fermé et agité manuellement pendant **2 à 3 minutes** à l'aide d'une spatule, en veillant à une agitation vigoureuse mais homogène.
- Le mélange a été laissé en décantation durant 1 minute pour permettre la sédimentation des acariens au fond du récipient.

#### 3. Observation et comptage des acariens :

- À l'aide d'une pince brucelles, les acariens déposés au fond ont été récupérés avec précaution.
- Ils ont ensuite été transférés dans une boîte de Petri humide pour observation.
- Le comptage a été réalisé manuellement sous une loupe binoculaire, permettant de différencier *Varroa destructor* des autres débris.

#### Calcul du taux d'infestation :

Le **taux d'infestation (%)** a été déterminé selon la formule suivante :

**Taux d'infestation (%) = (Nombre total de Varroa / Nombre total d'abeilles) × 100**

### 4.2.4 Méthode de diagnostic de la nosémose

La détection de *Nosema* spp. a été réalisée sur les mêmes échantillons d'abeilles adultes que ceux utilisés pour l'analyse de la varroose, selon une méthode qualitative basée sur les protocoles de Fries et al. (2013), conformément aux exigences de la norme ISO/CEI 17025:2017.

#### Procédure opératoire

##### 1. Préparation des échantillons:

Les abeilles, déjà mortes par congélation, ont été prélevées après la procédure de lavage utilisée pour le diagnostic de la varroose. Elles ont été égouttées à l'aide d'un tamis métallique afin d'éliminer l'excès d'eau résiduelle.

##### 2. Séparation des abdomens :

À l'aide de ciseaux fins et de pinces coupelle, les abdomens des abeilles ont été séparés du thorax et de la tête, partie du corps préférentiellement ciblée pour la recherche de *Nosema* spp.

##### 3. Standardisation de l'échantillon :

- Lorsque l'échantillon contenait plus de 60 abeilles, seuls les **abdomens de 60 abeilles** ont été utilisés.
- Dans les cas où l'effectif était inférieur à 60, l'intégralité des abeilles disponibles a été exploitée.
- Les abdomens ont été broyés à l'aide d'un mortier et d'un pilon, avec l'addition de **5 mL d'eau distillée** pour 60 abdomens. Le volume d'eau a été ajusté proportionnellement en cas de nombre inférieur d'abeilles, afin de maintenir une dilution homogène.

##### 4. Filtration de l'homogénat :

Le broyat a été passé au travers d'un passe-thé ou d'un tamis fin. Le filtrat obtenu a été recueilli dans un récipient propre pour analyse.

##### 5. Préparation de la lame microscopique :

À l'aide d'une pipette, une goutte du filtrat a été déposée sur une lame de verre propre, puis recouverte d'une lamelle sans bulles d'air.

### 6. Observation microscopique :

L'observation a été effectuée au microscope optique, aux **grossissements x400 et x1000**.

**Les spores de *Nosema spp.*** ont été recherchées sur la base de leurs caractéristiques morphologiques : forme ovale, taille approximative de **4 à 7 µm de long sur 2 à 4 µm de large**.

### 5. Résultats :

#### 5.1. Résultats de questionnaire :

Dix apiculteurs ont répondu au questionnaire, avec une répartition géographique couvrant principalement la wilaya de Béjaïa (5 répondants), suivie de Blida (4) et d'Alger (1). La taille des ruchers varie de 1 à 100 ruches, avec une moyenne de 59 ruches par apiculteur. À Béjaïa, 40 % des apiculteurs utilisent un système mixte combinant des ruches traditionnelles et modernes, tandis que 60 % emploient exclusivement des ruches de type Langstroth, ce qui reflète une tendance progressive vers la modernisation des pratiques apicoles dans la région.

##### a. Manifestations cliniques observées dans les ruchers

Le tableau 04 présente la fréquence des principaux symptômes observés par les apiculteurs interrogés dans les wilayas de Béjaïa, Blida et Alger.

**Tableau 04:** Signes cliniques déclarés par les apiculteurs dans les zones de Béjaïa, Blida et Alger

| Symptômes                            | Béjaïa (n=5) | Blida/Alger (n=5) |
|--------------------------------------|--------------|-------------------|
| Abeilles mortes devant la ruche      | 60% (3/5)    | 100% (5 /5)       |
| Diarrhée (traces brunes)             | 20% (1/5)    | 20% (1/5)         |
| Abeilles tremblantes                 | 0%           | 100% (5 /5)       |
| Alvéoles désoperculées/larves mortes | 0%           | 40% (2/5)         |
| Odeur nauséabonde                    | 0%           | 40% (2 /5)        |
| Agressivité accrue                   | 40% (2 /5)   | 20% (1/5)         |
| Population réduits                   | 20% (2/5)    | 100% (5/5)        |

## B. Maladies apicoles déclarées et protocoles de traitement appliqués

Le tableau 05 présente les principales maladies rencontrées dans les ruchers selon les déclarations des apiculteurs, ainsi que les traitements appliqués et le suivi sanitaire mis en œuvre, en fonction de leur zone géographique.

**Tableau 05:** Antécédents sanitaires et pratiques de traitement apicoles dans les wilayas de Béjaïa, Blida et Alger

| Pratiques                       | Béjaïa                                                                   | Blida /Alger                |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Antécédents de varroose         | 100%                                                                     | 100%                        |
| Antécédents de nosémose         | 20%                                                                      | 0%                          |
| Antécédents de loque européenne | 0%                                                                       | 100%                        |
| Antécédents de loque américaine | 0%                                                                       | 20%                         |
| Antécédents de mycose           | 20%                                                                      | 0%                          |
| Traitement anti-varroa          | .Apivar (60%)<br>.Traitement à base d'ail (20%)<br>.Acide oxalique (20%) | Acide oxalique(100%)        |
| Période traitements Anti varroa | Après récolte (juillet-novembre)                                         | Automne (octobre, novembre) |
| Traitement anti nosémose        | 20 % en décembre 2024                                                    | 0 %                         |
| Suivi vétérinaire régulier      | 20% (apiculteur n°2)                                                     | 20%(apiculteur n°10)        |

D'après les réponses présentées dans le tableau, tous les apiculteurs interrogés ont déclaré avoir été confrontés à la varroose, ce qui confirme la large diffusion de ce parasite sur l'ensemble des zones enquêtées. En revanche, la nosémose n'a été mentionnée que par un seul apiculteur situé à Béjaïa. La loque européenne a été signalée par l'ensemble des apiculteurs de Blida et d'Alger, tandis que la loque américaine n'a été rapportée que par un seul apiculteur à Blida. En ce qui concerne les traitements utilisés, les apiculteurs de Blida et d'Alger ont principalement recours à l'acide oxalique, en particulier durant la saison automnale. À Béjaïa, la

majorité des apiculteurs ont indiqué utiliser Apivar® entre les mois de juillet et novembre. Il est à noter qu'aucun apiculteur, toutes régions confondues, n'a déclaré avoir appliqué de traitement spécifique contre la nosémose.

### c. Pratiques de gestion des ruchers et facteurs de stress déclarés par les apiculteurs

Le tableau 06 présente une synthèse des pratiques apicoles déclarées par les apiculteurs, notamment en matière de nourrissage, de transhumance et d'exposition au stress climatique, selon leur localisation géographique.

**Tableau 06 :** Comparaison des pratiques apicoles et des conditions environnementales entre les régions

| Paramètre                | Béjaïa            | Blida/Alger        |
|--------------------------|-------------------|--------------------|
| Nourrissement            | Sirop+pate (100%) | Sucre+sirop (100%) |
| Transhumance             | 40%               | 100%               |
| Stress climatique récent | 100%              | 100%               |

La transhumance a été pratiquée par l'ensemble des apiculteurs de Blida et d'Alger, témoignant d'une gestion mobile des ruchers dans ces régions. À Béjaïa, seuls deux apiculteurs ont déclaré y recourir : le premier a mentionné une transhumance locale, tandis que le second a indiqué des déplacements vers les zones montagneuses ou vers le Sud. Le nourrissage artificiel a été utilisé par tous les apiculteurs, quelle que soit la wilaya. À Béjaïa, les apiculteurs ont eu recours à la fois au sirop et à la pâte protéinée, alors qu'à Blida et Alger, le nourrissage s'est fait à base de sirop ou de sucre. Tous les apiculteurs interrogés ont signalé que leurs colonies avaient été exposées à des stress climatiques. Enfin, seul un apiculteur à Béjaïa et un autre à Blida ont déclaré bénéficier d'un suivi vétérinaire régulier.

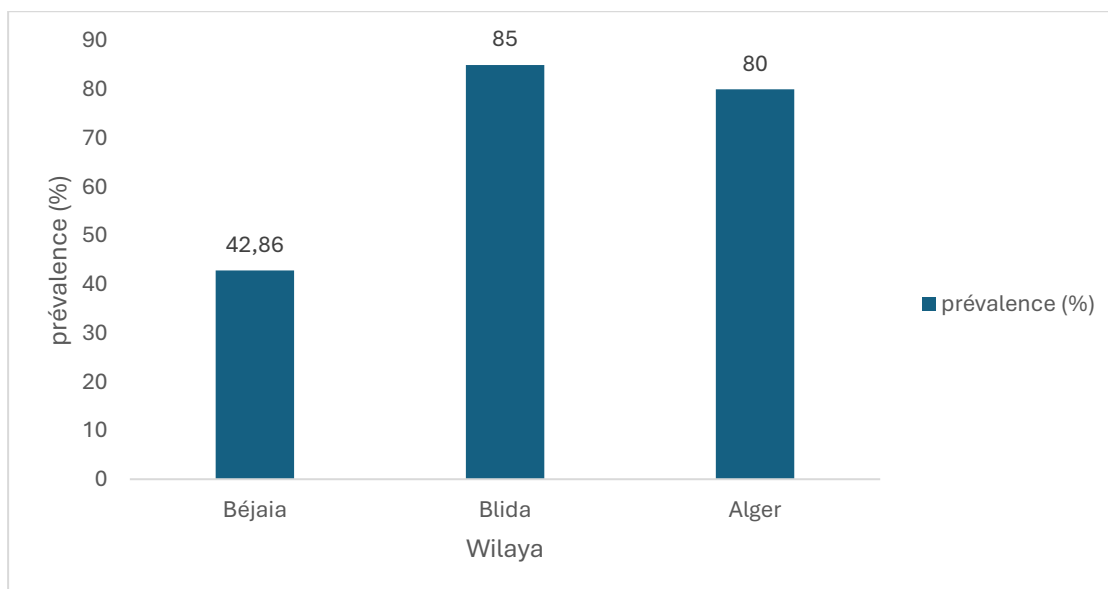
## 5.2. Résultats de diagnostic de laboratoire

### a. Résultats de la prévalence de la *Varroa destructor* par Wilaya

Les résultats de la prévalence moyenne de l'infestation par *Varroa destructor* par wilaya sont résumés dans le tableau 07 et illustrés par la figure 11

**Tableau 07:**Répartition de la prévalence de la *Varroa destructor* par Wilaya

| Wilaya | Nombre d'échantillon | Echantillons positifs | Prévalence(%) | P value |
|--------|----------------------|-----------------------|---------------|---------|
| Béjaïa | 14                   | 6                     | 42,86         | 0,020   |
| Blida  | 20                   | 17                    | 85,00         |         |
| Alger  | 5                    | 4                     | 80,00         |         |
| Total  | 39                   | 26                    | 69,23         |         |



**Figure 11 :**Répartition de la prévalence de la *Varroa destructor* par Wilaya.

Selon le tableau 07 et la figure11 , nous avons enregistré des prévalences variables de l'infestation par *Varroa destructor* selon les wilayas. La prévalence la plus élevée a été notée à Blida (85 %), suivie d'Alger (80 %). En revanche, une prévalence nettement plus modérée a été observée à Béjaïa (42,86 %).

Ces résultats traduisent une circulation plus marquée du parasite dans les wilayas de Blida et d'Alger, probablement en lien avec des conditions environnementales favorables, une forte densité apicole ou des pratiques sanitaires moins efficaces. À l'inverse, le résultat relevé à Béjaïa pourrait refléter une meilleure maîtrise de l'infestation ou une exposition moindre.

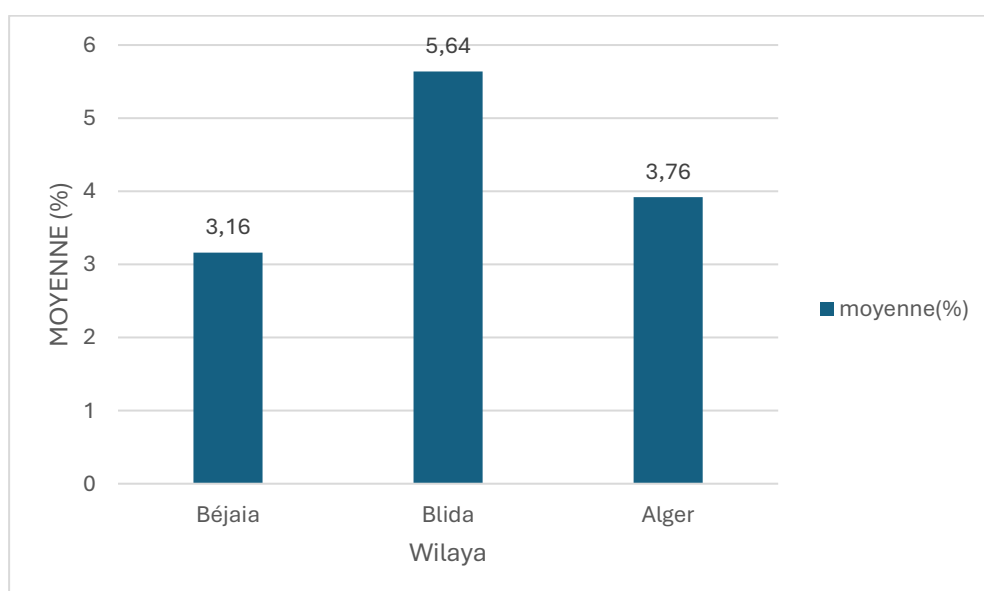
L'analyse statistique effectuée à l'aide d'un test ANOVA a révélé une différence significative entre les 03 régions étudiées ( $p = 0,020$ ).

### b. Résultats du dénombrement de *Varroa destructor* par wilaya

Les résultats du dénombrement de l'infestation par *Varroa destructor* par wilaya sont résumés dans le tableau 08 et illustrés par la figure 12

**Tableau 08 :** Moyennes d'infestation de *Varroa destructor* par wilaya

| Wilaya | Nombre d'abeilles | Nombre de varroa | Moyenne (%) | Min (%) | Max (%) |
|--------|-------------------|------------------|-------------|---------|---------|
| Béjaïa | 538               | 17               | 3.16        | 0,00    | 17,39   |
| Blida  | 550               | 31               | 5.64        | 0,00    | 15,63   |
| Alger  | 133               | 5                | 3,76        | 0,00    | 10,00   |
| Total  | 1221              | 53               | 4,34        | 0,00    | 17,39   |



**Figure 12 :** Moyennes d'infestation de *Varroa destructor* par wilaya

L'analyse des taux moyens d'infestation par *Varroa destructor* selon les wilayas a mis en évidence des différences notables entre les régions. La moyenne la plus élevée a été

enregistrée à Blida (5,64 %), suivie d'Alger (3,76 %) et de Béjaïa (3,16 %). Bien que les valeurs minimales aient été nulles dans l'ensemble des wilayas, les valeurs maximales ont varié, atteignant 17,39 % à Béjaïa, 15,63 % à Blida et 10,00 % à Alger.

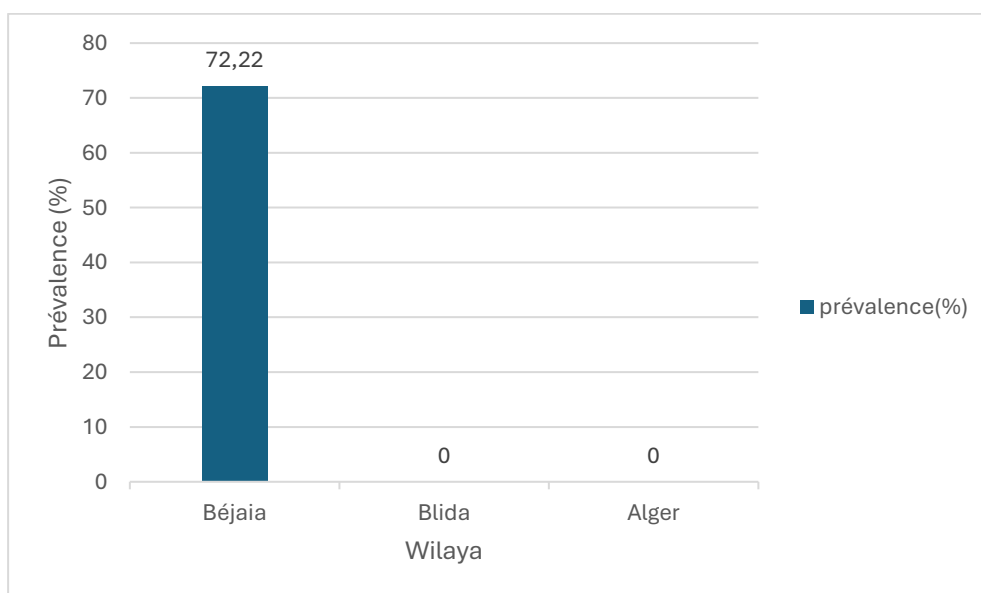
L'écart-type élevé relevé à Béjaïa (5,83) a traduit une forte dispersion des taux d'infestation au sein des ruchers de cette wilaya, suggérant une infestation hétérogène. À l'inverse, la variabilité a été plus contenue à Alger (3,76), indiquant une infestation plus homogène, bien que persistante.

### c. La répartition de la prévalence de *Nosema* spp. par wilaya :

Les résultats de la prévalence de *Nosema* spp. Par wilaya sont résumés dans le tableau 09 et illustrés par la figure 13

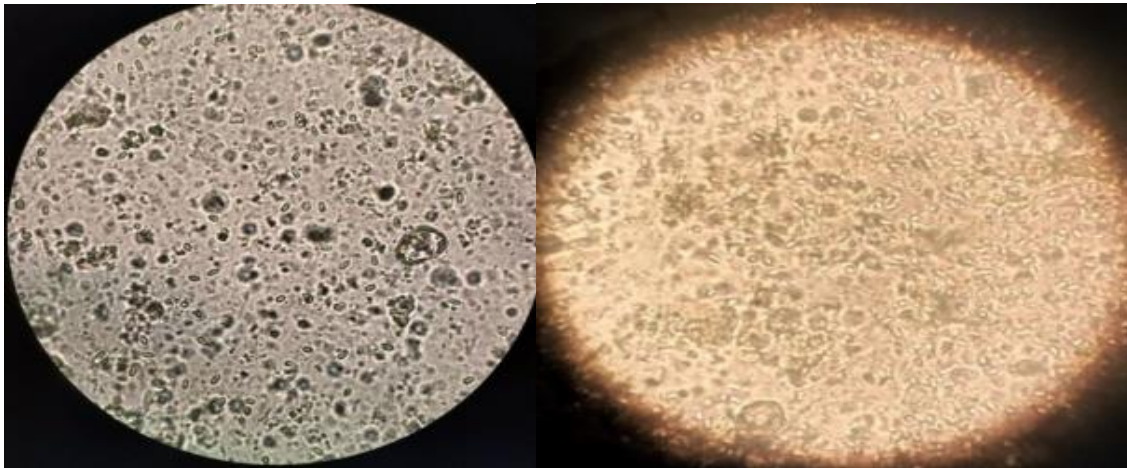
**Tableau 09:**Répartition de la prévalence de *Nosema*spp. par Wilaya

| Wilaya       | Total analysé | Échantillons positifs | Prévalence (%) |
|--------------|---------------|-----------------------|----------------|
| Béjaïa       | 18            | 13                    | 72,22          |
| Blida        | 20            | 0                     | 0,00           |
| Alger        | 5             | 0                     | 0,00           |
| <b>Total</b> | <b>43</b>     | <b>13</b>             | <b>30,23</b>   |



**Figure 13:**Répartition de la prévalence de *Nosema*spp.par Wilaya :

Selon le tableau 09 et la figure 13, la prévalence la plus élevée de *Nosemaspp.* a été enregistrée dans la wilaya de Béjaïa avec un taux de 72,22 %. En revanche, aucun cas n'a été détecté à Blida et Alger.



**Figure 14** : observation microscopique (grossissement 1000) de spores de *Nosema spp.* dans un broyat d'abdomens d'abeilles (échantillon 2 et 5) (**photos personnelles, 2025**) .

### 6. Discussion

Dans notre étude, l'analyse parasitologique des abeilles domestiques a révélé une présence notable de *Varroa destructor* avec une prévalence globale de 66,67 % (26 échantillons positifs sur 39). Cette infestation était particulièrement marquée dans les zones de plaine, notamment à Blida (85 %, soit 17 échantillons sur 20) et à Alger (80 %, soit 4 sur 5), tandis qu'elle était plus modérée dans la région littorale de Béjaïa (42,86 %, soit 6 sur 14). Ces taux sont nettement supérieurs au seuil critique d'infestation fixé à 3 % (**Dietemann et al., 2013**), avec des taux moyens d'infestation de 5,64 % à Blida, 3,76 % à Alger et 3,16 % à Béjaïa, pour une moyenne générale de 4,34 %. La présence d'échantillons fortement infestés dans un même rucher, comme celui de Blida où un échantillon atteignait 16 % contre 0 % pour un autre, traduit une hétérogénéité intra-rucher, confirmant la nécessité d'un échantillonnage multiple et représentatif. La différence entre les régions s'est avérée statistiquement significative (valeur de  $P = 0,020$ ), ce qui indique une influence non aléatoire, probablement liée à des facteurs environnementaux ou apicoles locaux.

Comparativement aux données d'**Abed et al. (2022)**, qui ont signalé une prévalence de 56 % dans le centre de l'Algérie, nos résultats à Blida apparaissent plus élevés (85 %). Cette divergence pourrait être liée à la période de prélèvement : nos échantillons ont été collectés en avril-mai, période correspondant à une forte activité de reproduction du parasite, alors que l'étude d'Abed et al. a été menée à une autre saison. Ces données confirment que *Varroa destructor* demeure un parasite hautement répandu, et que la variabilité des infestations entre ruchers justifie des protocoles de surveillance standardisés.

Concernant *Nosema spp.*, une prévalence globale de 30,23 % a été observée (13 échantillons positifs sur 43), avec une distribution géographique fortement marquée : tous les échantillons du littoral de Béjaïa étaient positifs (100 %, 9/9), contre 44,44 % dans la zone montagneuse de Béjaïa (4/9) et 0 % dans les régions de Blida et Alger (0/25). Ces résultats montrent une corrélation évidente avec l'humidité ambiante, reconnue comme un facteur favorisant la survie des spores et la transmission oro-fécale du parasite (**Roy, 2015**). Les zones de plaine, plus sèches, seraient moins propices à cette transmission, tandis que le climat humide et les hivers pluvieux du littoral méditerranéen de Béjaïa créent un environnement favorable au développement de la nosémose.

Ces résultats rejoignent ceux **d'Adjlane et al. (2012)**, qui ont signalé des taux de 56 % dans des régions humides comme Boumerdès, contre seulement 38 % à Blida. Toutefois, la prévalence globale observée dans notre étude (30,23 %) est inférieure à celle d'Adjlane et al. Cette différence pourrait s'expliquer par la saison du prélèvement : alors que leur étude a été réalisée en fin d'hiver, période durant laquelle les niveaux de contamination sont généralement plus élevés, nos échantillons ont été collectés au printemps, moment où la dynamique infectieuse est souvent en régression.

L'analyse croisée avec les pratiques apicoles révèle des liens intéressants. Tous les apiculteurs de Blida et Alger ont rapporté un traitement antivarroa à base d'acide oxalique, appliqué exclusivement en automne. Ce traitement, bien qu'efficace contre les varroas phorétiques, est inefficace en présence de couvain operculé (**Rosenkranz et al., 2010**), ce qui pourrait expliquer les taux d'infestation élevés observés. D'autres facteurs, tels qu'une infestation initiale forte, un protocole d'application inadapté ou un traitement trop tardif, pourraient également en être la cause.

Par ailleurs, tous les apiculteurs interrogés pratiquent la transhumance, un facteur reconnu pour favoriser la dispersion de *Varroa* par dérive ou pillage (**Peck & Seeley, 2019**). Concernant *Nosema*, cette même pratique pourrait avoir un effet protecteur en réduisant l'humidité des colonies, ce qui contribuerait à expliquer l'absence d'infection dans certaines zones.

Des symptômes cliniques compatibles avec une infestation avancée par *Varroa destructor* ont été systématiquement rapportés : abeilles tremblantes, population réduite, mortalité hivernale. Ces signes concordent avec des infestations supérieures à 3 %, comme rapporté par **Guzmán-Novoa et al. (2010)**. À Béjaïa, la présence de diarrhée dans 20 % des cas pourrait indiquer un stress ou une infection sous-jacente, possiblement liée à *Nosema spp.*

Concernant l'alimentation, une distinction nette est observée : les apiculteurs de Blida et Alger nourrissent leurs colonies principalement au sirop ou au sucre, tandis que ceux de Béjaïa utilisent en complément de la pâte protéinée. Or, selon **Glavinić et al. (2022)**, un apport protéique peut moduler la réponse immunitaire de l'abeille, mais également favoriser la multiplication de *Nosema* dans un environnement propice à la sporulation. D'autres auteurs (**Costa et al., 2010 ; Maistrello et al., 2008**) ont également montré que ces compléments alimentaires, bien que bénéfiques en période de stress, peuvent soutenir indirectement la survie du parasite en stimulant l'activité physiologique de l'hôte. Ainsi, l'utilisation de pâte

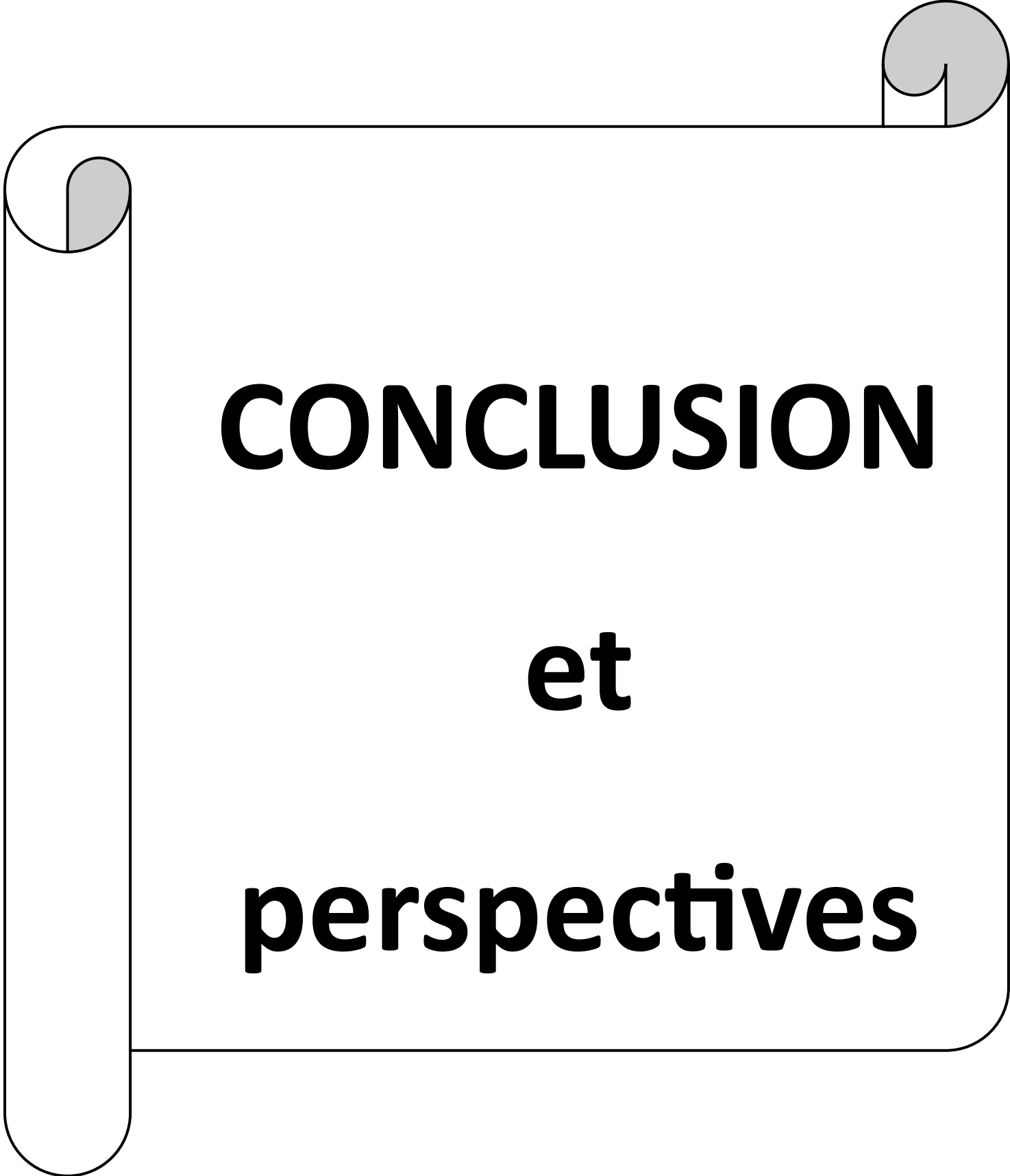
protéinée dans un contexte humide, comme à Béjaïa, pourrait expliquer en partie la forte prévalence observée de la nosérose.

Fait notable, seul un apiculteur de Béjaïa a déclaré la présence de *Nosema spp.*, alors que tous les échantillons de la zone littorale étaient positifs. Cette sous-détection clinique témoigne probablement d'un manque de sensibilisation des apiculteurs à cette pathologie, ou de l'absence de symptômes visibles, comme le suggère **NSW DPI (2008)**. L'apiculteur concerné est également l'un des rares à bénéficier d'un suivi vétérinaire. Il a rapporté un traitement appliqué en décembre 2024, mais la détection de spores en avril 2025 suggère un échec thérapeutique ou une rechute, comme cela a été documenté par **Fries (2013)**.

Enfin, l'étude présente certaines limites qui doivent être prises en compte dans l'interprétation des résultats. Le nombre restreint d'échantillons par rucher, la forte variabilité intra/inter-rucher (**Dietemann et al., 2013**), la méthode qualitative de détection de *Nosema*, les réponses incomplètes ou imprécises au questionnaire, ainsi que le faible taux de suivi vétérinaire (15 %) restreignent la portée des conclusions. La méthode de détection de *Varroa* repose sur des abeilles vivantes ; les échantillons contenant uniquement des abeilles mortes ont donc été exclus, conformément aux recommandations de **De Guzman et al. (2001)**.

En ce qui concerne la nosérose, le nombre de spores peut varier fortement d'une abeille à l'autre (**Mulholland et al., 2012**). Ainsi, pour détecter une infection présente chez seulement 5 % des individus, **Pirk et al. (2013)** recommandent de prélever au moins 59 abeilles (pour une confiance de 95 %), voire 459 abeilles pour une prévalence de 1 %. Nos échantillons, bien que suffisants pour confirmer la présence du parasite, ne permettent pas d'estimer précisément sa prévalence.

De même, pour *Varroa destructor*, l'Organisation mondiale de la santé animale (**OIE, 2021**) recommande de prélever entre 150 et 300 abeilles pour une estimation fiable du niveau d'infestation. Nos prélèvements étaient inférieurs à ce seuil, ce qui limite la portée des résultats à une simple détection de présence ou absence du parasite.



**CONCLUSION**

**et**

**perspectives**

### 1. Conclusion

Cette étude a mis en évidence une infestation préoccupante par *Varroa destructor* dans les zones de plaine, ainsi qu'une forte présence de *Nosema* spp. dans les régions humides, notamment en zones littorales. La dynamique parasitaire observée semble étroitement influencée par les conditions environnementales (humidité, température, ventilation) et par les pratiques apicoles locales, telles que le type de nourrissage, la transhumance ou encore la fréquence des traitements. Les traitements déclarés, majoritairement basés sur l'acide oxalique, se sont révélés insuffisants pour contenir efficacement les infestations, en particulier en l'absence de protocoles adaptés à la biologie des parasites. Par ailleurs, le suivi vétérinaire est demeuré limité, réduisant les possibilités de détection précoce et d'intervention ciblée. Ces résultats mettent en lumière la nécessité urgente de renforcer les dispositifs de surveillance sanitaire, d'améliorer les méthodes de diagnostic, et de développer des programmes de sensibilisation et de formation des apiculteurs, en vue d'une gestion intégrée et durable des maladies parasitaires.

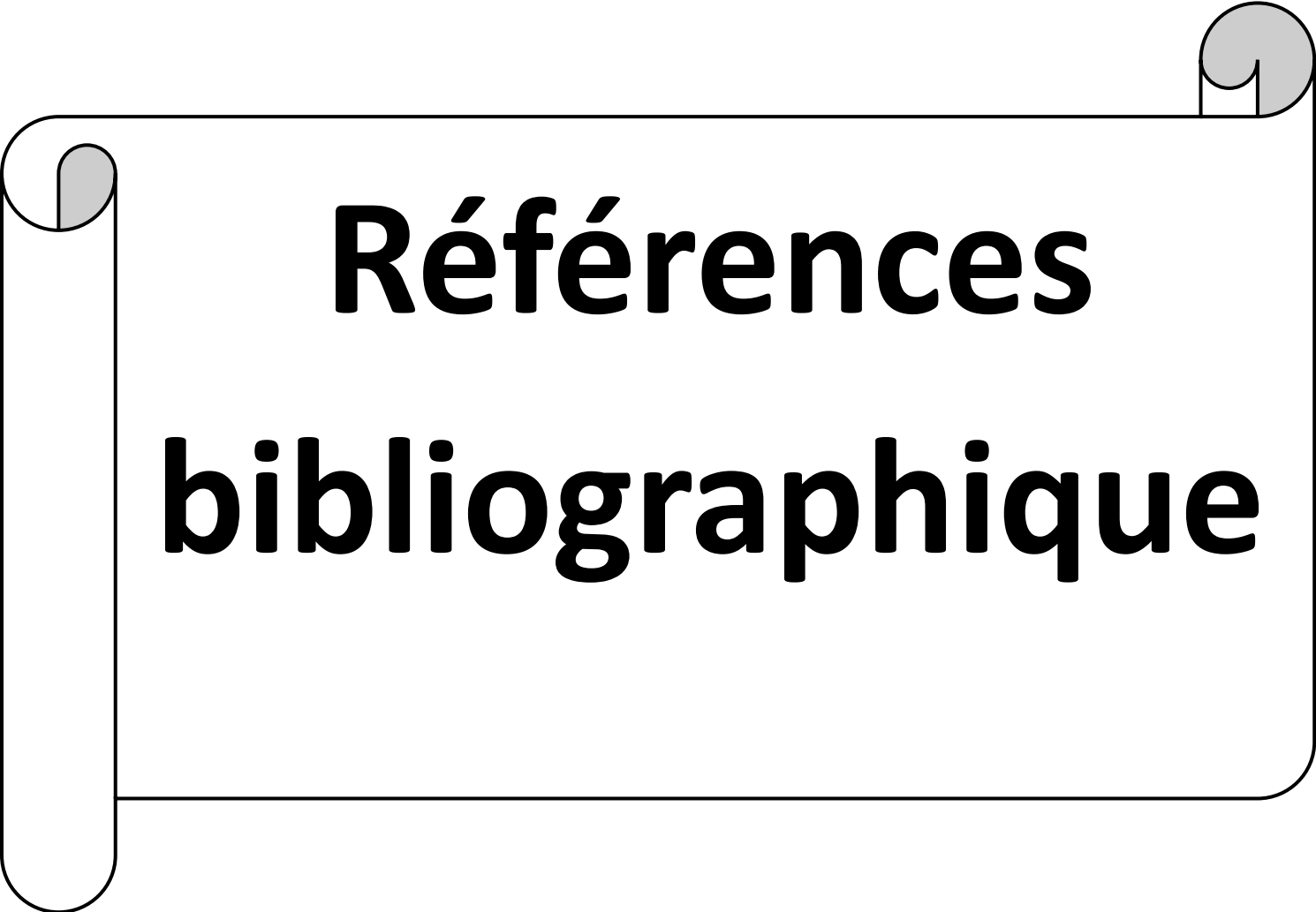
### 2. Recommandations :

- Renforcer les programmes de **surveillance épidémiologique** des maladies parasitaires, notamment *Varroa destructor* et *Nosema* spp., par un suivi régulier et structuré.
- Diversifier et adapter les **stratégies de traitement**, en intégrant des approches complémentaires (biologiques, ou chimiques autorisées), en fonction du cycle biologique des parasites.
- Promouvoir l'accès des apiculteurs à un **encadrement vétérinaire régulier** et spécialisé en apiculture.
- Développer des **formations ciblées** pour les apiculteurs, portant sur l'identification des maladies, les bonnes pratiques sanitaires et la gestion intégrée des colonies.
- Encourager l'usage raisonné de produits de nourrissage, en tenant compte de leur impact potentiel sur la dynamique parasitaire.

### 2. Perspectives :

- Mener des études complémentaires sur la **charge sporale** de *Nosema* spp. et l'identification moléculaire des espèces

- Évaluer l'impact de la **transhumance** sur la dissémination des agents pathogènes à l'échelle régionale.
- Explorer des **alternatives de traitement innovantes** contre *Varroa destructor*, adaptées aux conditions locales et respectueuses de l'environnement.
- Mettre en place des **réseaux de surveillance participative**, impliquant les apiculteurs dans la détection précoce des maladies.
- Étudier les **facteurs environnementaux** (climat, flore mellifère, altitude) influençant la répartition et l'intensité des infestations parasitaires.

A decorative graphic of a scroll with a black outline and grey shading on the rolled-up ends, framing the text.

# **Références bibliographique**

### Références Bibliographiques :

- **Abed, F., Bachir-Bouiadjra, B., Haddad, A. & Homrani, A., 2022.** État sanitaire de l'apiculture dans trois régions du Nord-Ouest algérien : Tiaret, Relizane et Mostaganem. Papers on Life Science, Marine & Environmental Research 1, 1–5.
- **Adam, G., 2010.** La biologie de l'abeille. École d'apiculture Sud-Luxembourg., 26p <http://apiculteurs-viennois.e-monsite.com/medias/files/biologie-de-l-abeille.pdf>
- **Adjlane, N., Doumandji, S., & Haddad, N. (2012).** La prévalence de la nosémosse dans les colonies d'abeilles *Apis mellifera* intermissa dans la région médio-septentrionale de l'Algérie. Lebanese Science Journal, 13(1), 65–75.
- **Anderson K., Sheehan T., Eckholm B., De Grandi-Hoffman G., 2011.** An emerging paradigm of colony health: microbial balance of the honeybee and hive (*Apis mellifera*). Insect Soc, 58: 431-44p.
- **Assemblée nationale. (2020).** Varroa destructor classé en danger sanitaire de deuxième catégorie. Document parlementaire.
- **Bailey, L., & Ball, B. V. (1991).** Honey Bee Pathology (2e éd.). Academic Press.
- **Barbançon, J. (2006).** Traitements alternatifs contre Varroa destructor : application de l'acide oxalique et de l'acide formique. Bulletin technique apicole.
- **Beocking O. & Spivak M., 1999.** Behavioral defenses of honey bees against Varroa jacobsoni Oud. Apidologie, 30: 141-158p.
- **Benoît, M., 2013.** Cours de biologie de l'abeille : Notions de morphologie, d'anatomie et de physiologie à usage apicole (Notes collationnées dans le cadre des formations en apiculture prodiguées par l'Union royale des Ruchers Wallons, 4e éd., 35 p.).
- **Bertrand, B. (2003).** Les parasites de l'abeille et leur traitement. Éditions Apiculture Moderne.
- **Biri, M., 2002.** Le grand livre des abeilles. Cours d'apiculture moderne. 1ère éd. De Vecchi, Paris, 249 p.
- **BIRI, 2010.** Tout savoir sur les abeilles et apiculture. 7ème Ed. De Vecchi, S.A, Paris. p.21.
- **Blackistone H., 2009.** Beekeeping for dummies. Bee Culture Magazine, Wiley Publishing, inc, 336p.
- **Bogdanov S., 2006.** Contaminants of bee products. Apidol, 38(1) : 1-8p.

- **Bowen-Walker, P. L., Martin, S. J., & Gunn, A. (1999).** The transmission of deformed wing virus between honeybees (*Apis mellifera* L.) by the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* Oud. *Journal of Invertebrate Pathology*, 73(1), 101–106.
- **Boukhalfa, A. (1991).** Impact du parasite *Varroa jacobsoni* sur les colonies d'abeilles en Algérie. *Revue Apicole d'Afrique du Nord*, 12, 45–50.
- **Boes, K. E. (2010).** Honeybee colony drone production and maintenance in accordance with environmental factors : an interplay of queen and worker decisions. *Insectes sociaux*, 57(1) : 1-9.
- **Chauzat, M.-P., et al. (2006).** Diagnostic de la varroose : méthodes et recommandations. INRA – Abeilles & Environnement.
- **Coulon, M., Dalmon, A., Di Prisco, G., Prado, A., Dubois, E., Ribière-Chabert, M., & Alaux, C. (2018).** Interactions between chronic bee paralysis virus and *Nosema ceranae* in honey bee colonies. *Journal of Invertebrate Pathology*, 157, 73–80.
- **Cousin L., 2014.** L'abeille et le conseil à l'officine. Thèse : Pharmacie. Poitiers, Université de Poitiers, 80p.
- **De Guzman, L. I., Rinderer, T. E., & Delatte, G. T. (1997).** Changes in population size and behavior of *Varroa jacobsoni* transferred from its original host *Apis cerana* to a new host *Apis mellifera*. *Experimental & Applied Acarology*, 21(2), 115–128.
- **De Miranda, J. R., & Genersch, E. (2010).** Deformed wing virus. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103(Supplement), S48–S61.
- **Di prisco G., Pennacchio F., Caprio E., Boncristiani HF Jr., Evans JD. & Chen Y., 2011.** *Varroa destructor* is an effective vector of Israeli acute paralysis virus in the honeybee, *Apis mellifera*. *J. Gen. Virol*, 92 : 151-155p.
- **Dietemann, V., Nazzi, F., Martin, S.J., Anderson, D., Locke, B., Delaplane, K.S., et al. 2013.** Standard methods for *Varroa* research. *Journal of Apicultural Research* 52(1), 1–54.
- **Evans J.D., 2006.** Beepath: An ordered quantitative-PCR array for exploring honeybee immunity and disease. *J. Invertebr. Pathol.*, 93 : 135-139p.
- **Evans, J. D., & Spivak, M. (2010).** Socialized medicine: Individual and communal disease barriers in honey bees. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103(Supplement), S62–S72.
- **FAO. (2023).** La santé des abeilles et la sécurité alimentaire mondiale. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

- **Fayet, A., 2015.** Les ailes des abeilles : Morphologie externe de l'abeille mellifère – les ailes des abeilles [Fiche technique pédagogique]. Apiculture, pp. 17–18.
- **Fayet, A., 2015.** Les pattes des abeilles (Fiche pédagogique, Biologie). In Morphologie externe de l'abeille mellifère (pp. 17-18).
- **Fries I. & Camazine S., 2001.** Implications of horizontal and vertical pathogen transmission for honey bee epidemiology. *Apidologie*, 32:199-214.
- **Fries, I. (2010).** Nosema ceranae in European honey bees (*Apis mellifera*). *Journal of Invertebrate Pathology*, 103(Suppl 1), S73–S79.  
<https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.06.017>
- **Gallai N., Salles J.M. & Vaissiere B.E., 2009.** Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecol Econom*, 68: 810-21p.
- **Goodwin, D. L., & Van Eaton, P. (2001).** Inclusive physical education for children with disabilities. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72(1), 38–45.  
<https://doi.org/10.1080/02701367.2001.10608929>
- **Guétouche, S., Frahtia, A. E., & Belabbas, Y. (2022).** L'apiculture et la varroose en Algérie. Mémoire Master, Univ. Mohamed Boudiaf – M'sila.
- **Guzmán-Novoa, E., Eccles, L., Calvete, Y., McGowan, J., Kelly, P.G., & Correa-Benítez, A., 2010.** Varroa destructor is the main culprit for the death and reduced populations of overwintered honey bee (*Apis mellifera*) colonies in Ontario, Canada. *Apidologie*, 41, 443–450.
- **Hemmerlé, J., 2019.** Nosémoses, des agents infectieux singuliers (Parties 1 à 3). *L'Abeille de France*, (1067–1069), avril–juin 2019.
- **Highfield, A. C., El Nagar, A., Mackinder, L. C. M., Noakes, K., Moran, P. J., & Martin, S. J., et al. (2009).** Deformed wing virus implicated in overwintering honeybee colony losses. *Applied and Environmental Microbiology*, 75(22), 7212–7220.
- **Houdelet, C., 2020.** Analyse de l'immunoprotéome de l'abeille en réponse à différents stress environnementaux. Thèse de doctorat : Virologie, microbiologie, immunologie. Grenoble, Université Grenoble Alpes, 271p.
- **Krupke C.H., Hunt G.J., Eitzer D., Andino G. & Given K., 2012.** Multiple routes of pesticide exposure for honeybees living near agricultural fields. *Plos One*. 7(1).

- **Le Conte, Y., et Navajas, M. (2008).** Climat change : impact on honeybee populations and diseases. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*. Vol.27, n°2, pp.499–510.
- **Mieux connaître l'abeille.** La vie sociale de la colonie. In : Bruneau E., Barbançon J.-M., Bonnaffé P., Clément H., Domerego R., Fert G., Le Conte Y., Ratia G., Reeb C., Vaissière B. *Le traité Rustica de l'apiculture*. Ed Rusitca. Paris .p83.
- **Le conte Y, 2002.** L'abeille dans la classification des insectes. In *Abeilles et Fleurs* N°628, p. 15-16.
- **LE CONTE Y. (2004).** Mieux connaître l'abeille. La vie sociale de la colonie. In : Bruneau E., Barbançon J.-M., Bonnaffé P., Clément H., Domerego R., Fert G., Le Conte Y., Ratia G., Reeb C., Vaissière B. *Le traité Rustica de l'apiculture*. Rustica éditions, Paris, 12-83.
- **Mackowiak, C., 2009.** Le déclin de l'abeille domestique *Apis mellifera* en France [Thèse de docteur en pharmacie, Université Henri Poincaré – Nancy 1, Faculté de Pharmacie] ; 155p.
- **MANET B., 2013.** Cours de biologie : informations en apiculture prodiguées par l'union – cours de biologie de l'abeille, notion de morphologie, d'anatomie et de physiologie à usage apicole. Spécialité : Apiculture. Bruxelles, Royal des Ruchers Wallons, 35 p.
- **Mannequin, L., 2022.** Les abeilles : une espèce menacée, pourtant indispensable à l'humanité. Thèse d'exercice : Pharmacie. Clermont-Ferrand, Université Clermont Auvergne, 84 pages.
- **Mannequin L., 2022.** Les abeilles : une espèce menacée, pourtant indispensable à l'humanité. Thèse : Pharmacie. Clermont-Ferrand, Université Clermont Auvergne, UFR de Pharmacie, 171 pages.
- **Martin, S. J. (2001).** The role of Varroa and viral pathogens in the collapse of honeybee colonies : a modelling approach. *Journal of Applied Ecology*, 38(5), 1082–1093.
- **Moncé, J.-B., 2022.** Les produits de la ruche dans le domaine de la santé [Thèse de doctorat, Université de Bordeaux]. DUMAS ; 82p.
- **Moritz F., De Miranda J., Fries I., Le Conte Y., Newman P. & Paxton L., 2010.** Research strategies to improve honeybee health in Europe. *Apidol*, 41: 227-42.
- **Mulholland, G. E., Traver, B. E., Johnson, N. G. & Fell, R. D., 2012.** Individual Variability of *Nosema ceranae* Infections in *Apis mellifera* Colonies. *Insects* 3, 1143–1155.

- **OIE – Organisation mondiale de la santé animale. (2019).** Manuel des tests de diagnostic et des vaccins pour les animaux terrestres. Paris : OIE.
- **OIE., 2018.** Nosemose des abeilles domestiques. In : Manuel terrestre de l'OIE, 8<sup>e</sup> édition. Organisation mondiale de la santé animale, Paris, pp. 744–749.
- **Oliver, R., 2019.** The Nosema Problem: Part 4 – Nosemosis. ScientificBeekeeping.com, American Bee Journal, septembre 2019. Disponible en ligne : <https://scientificbeekeeping.com/the-nosema-problem-part-4-nosemosis>
- **Organisation Mondiale de la Santé Animale (OMSA/WOAH). 2021.** Varroose des abeilles mellifères (infestation des abeilles mellifères par Varroa spp.). In : Manuel terrestre de la WOAH, 8<sup>ème</sup> éd. Organisation Mondiale de la Santé Animale, Paris, Chap. 3.2.7, pp. 1–14.
- **Peck, D.T., & Seeley, T.D., 2019.** Mite bombs or robber lures? The roles of drifting and robbing in Varroa destructor transmission from collapsing honey bee colonies to their neighbors. PLOS ONE, 14(6), e0218392.
- **Penn State Extension., 2023.** La gestion des abeilles tout au long des saisons. Penn State University, University Park (PA), consulté le 27 juin 2025, disponible sur : <https://extension.psu.edu/honey-bee-management-throughout-the-seasons>
- **Perennia., 2019.** Guide de gestion printanière de l'abeille mellifère. In : Atlantic Canada Honey Bee Extension Team (éd.), 1<sup>re</sup> édition. Perennia Food and Agriculture Inc., Nouvelle-Écosse, Canada, pp. 10–15.
- **Pirk, C. W. W., van Dooremalen, C., et al., 2013.** Statistical guidelines for Apis mellifera research. Journal of Apicultural Research 52, 1–33.
- **Prost, P.-J., & Le Conte, Y. (2005).** Apiculture : Connaître l'abeille, conduire le rucher. 7<sup>e</sup> édition. Paris : Tec & Doc – Lavoisier. 698 pages.
- **Rader R., Howlett B.G., Cuninghame S.A. & Walker M.K., 2009.** Alternative pollinator taxa are equally efficient but not as the honeybee in mass flowering crop. J of Appl Ecolo, 46: 1080-87p.
- **Ramsey, S. D., Ochoa, R., Baughan, G., Gulbranson, C., Mowery, J. D., Cohen, A., Lim, D., Joklik, J., Cicero, J. M., Ellis, J. D., & Hawthorne, D. (2019).** Varroa destructor feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. Proceedings of the National Academy of Sciences, 116(5), 1792–1801.

- **Rosenkranz, P., Aumeier, P., & Ziegelmann, B., 2010.** Biology and control of Varroa destructor. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103(Supplement), S96–S119.
- **Rosenkranz, R. R., Dzewaltowski, D. A., Model, A., & Geller, K. S. (2010).** Physical activity promotion in youth: A review of the evidence. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 4(5), 433–445. <https://doi.org/10.1177/1559827609351139>
- **Rossent, A. (2011).** Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. Thèse de doctorat .Université de Limoges.
- **Rouzé, R., 2020.** Impact et interactions de la microsporidie Nosema ceranae et d'insecticides neurotoxiques sur la santé de l'abeille domestique Apis mellifera [Thèse de doctorat, Université Clermont Auvergne, École doctorale des sciences de la vie, santé, agronomie, environnement] ; 323 p.
- **Roy,C., 2015.** La nosémose des abeilles [Document PDF]. GCDS. <https://gds19.org/Docs/PDF/UP/2015/UP-01-10-15.pdf>. Consulté le 8 février 2025 ; 4p.
- **Samuel, R. (2016).** La varroose : biologie, diagnostic et traitement. *Bulletin Technique Apicole*, 43(2), 89–105.
- **Spürgin, A. (2010).** Guide de l'abeille : L'homme et l'abeille, biologie de l'abeille, apiculture et miel. Paris : Delachaux et Niestlé. PP.125. 29- 58p.
- **Starks, P. T., Blackie, C. A., & Seeley, T. D. (2000).** Fever in honeybee colonies. *Naturwissenschaften*, 87(5), 229–231. <https://doi.org/10.1007/s001140050709>
- **Stevenson, M. A., 2021.** Sample size estimation in veterinary epidemiologic research. *Frontiers in Veterinary Science* 7, 539573.
- **Tautz J. (2009).** L'étonnante abeille. Edition Deboeck, Bruxelles, Belgique, 277p.
- **Treilles, J.-C. (2002).** Lutte raisonnée contre la varroase. Institut Technique et Scientifique de l'Apiculture.
- **Von Frisch K., 2011.** Vie et mœurs des abeilles. Editions Albin Michel, Paris. 21-66p.
- **Wendling S, 2012.** Varroa destructor (ANDERSON et TRUEMAN, 2000), un acarien ectoparasite de l'abeille domestique Apis mellifera LINNAEUS, 1758. Revue bibliographique et contribution à l'étude de sa reproduction. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine, Créteil, 190 p.
- **Winston M. L, 1993.** La biologie de l'abeille. Paris : Editions Frison-Roche, 276 p.

- **Yang X. & Cox-Foster D.L., 2005.** Impact of an ectoparasite on the immunity and pathology of an invertebrate: evidence for host immunosuppression and viral amplification. *Proc. Nat. Acad. Sc*, 102: 7470 – 7475.