

SOMMAIRE

Numéro – **idée principale pouvant motiver la lecture**

(premier auteur et al., année ; revue ; notoriété revue)

-
- 1- Découverte de nouveaux *Paenibacillus* affectant le couvain des abeilles mellifères** (Nakamura et al., 2025 ; *Virulence* ; IF 5,43)
 - 2- Une étude sur les génotypes du DWV circulants en Europe** (Sircoulomb et al., 2025 ; *Scientific Reports* ; IF 5,00)
 - 3- Sélection d'abeilles tolérantes contre *Varroa* : évitons une « tragédie de la tolérance »** (Sokolov et al., 2025 ; *Proceedings of the Royal Society B-Biological sciences* ; IF 5,53)
 - 4- Identification de molécules volatiles clés du comportement hygiénique** (Noël et al., 2025 ; *International Journal for Parasitology* ; IF 4,33)
 - 5- Changer de paradigme pour lutter contre *Varroa* ?** (Whitehouse et al., 2025 ; *Current Opinion in Insect Science* ; IF 5,25)
 - 6- Impact du nombre d'ouvrières, de l'âge des larves et de la nutrition sur le développement des reines en laboratoire** (Kama et al., 2025 ; *PLOS One* ; IF 3,75)
 - 7- Facteurs influençant la prévalence de l'ABPV au sein de ruchers turques** (Oz et al., 2025 ; *Virus Genes* ; IF 2,20)
 - 8- Influence de l'hyperthermie sur *Varroa*, les virus et la santé des colonies** (Xu et al., 2025 ; *Insects* ; IF 3,14)
 - 9- Les trypanosomatidés parasites des abeilles** (Tiritelli et al., 2025 ; *Current Research in Insect Science* ; IF 2,20)
 - 10- Faute de données, nous connaissons mal les possibles résistances à deux acides organiques** (Kosch et al., 2025 ; *Veterinary Sciences* ; IF 2,52)
-

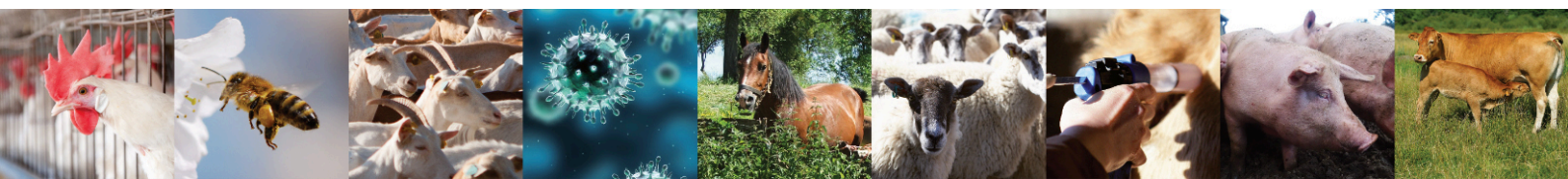
Ont collaboré à ce numéro : S. Boucher, G. Therville, C. Lantuejoul, S. Hoffmann & Ch. Roy

Version anglaise : C. Lantuejoul, S. Hoffmann & Ch. Roy

Attention : cette revue ne prétend pas être exhaustive et ne regroupe que des publications d'intérêts aux yeux des membres de la commission apicole SNGTV ; seules 10 publications par numéro sont ainsi retenues pour faire l'objet d'un focus.



Formations
SNGTV



1- Découverte de nouveaux *Paenibacillus* affectant le couvain des abeilles mellifères

Nakamura, K., Okamoto, M., Mada, T., Harada, M., Okumura, K., Takamatsu, D., 2025. Honey-derived *Paenibacillus* spp. with potential to affect bee brood development in *Apis mellifera*: Are they a new threat to honey bees? Virulence. <https://doi.org/10.1080/21505594.2025.2451170>

Résumé : Les abeilles mellifères sont des pollinisateurs importants pour l'agriculture et les écosystèmes, et leur santé est essentielle pour un développement humain durable. Bien que seules deux bactéries, *Paenibacillus larvae* et *Melissococcus plutonius*, aient été identifiées comme agents pathogènes bactériens dans le couvain d'abeilles depuis plus de 100 ans, nous avons trouvé trois autres souches de *Paenibacillus* (*Paenibacillus* sp. J27TS7, *Paenibacillus azoreducens* J34TS1 et *Paenibacillus melissococcoides* J46TS7) dans le miel qui ont nui au développement du couvain d'abeilles mellifères. En particulier, *Paenibacillus* sp. J27TS7 était très virulent pour les larves d'abeilles (la dose létale médiane [DL₅₀] = 12,7 spores/larve) et était comparable à *P. larvae* (DL₅₀ = 2,3-11,5 spores/larve). *Paenibacillus azoreducens* J34TS1 a montré la deuxième virulence la plus élevée (DL₅₀ = 45,9 spores/larve), et *P. melissococcoides* J46TS7 a été le moins virulent (DL₅₀ = 469,0 spores/larve). Cependant, parmi les trois espèces, c'est *P. melissococcoides* qui a été le plus fréquemment détecté dans le miel japonais, la concentration la plus élevée étant de 1,8 × 10⁶ spores/mL de miel, ce qui suggère sa large distribution dans les ruchers japonais. Les nouvelles espèces pathogènes de *Paenibacillus* ont été classées dans les catégories des agents léthaux rapides (*Paenibacillus* sp. J27TS7), des tueurs moyennement rapides (*P. melissococcoides*) et des tueurs lents comme les souches de *P. larvae* en termes de temps nécessaire pour tuer le couvain infecté ; cependant, les analyses histopathologiques et génomiques ont indiqué que leurs mécanismes pathogènes étaient différents de ceux des souches de *P. larvae*. En outre, *P. melissococcoides* a montré des différences de virulence en fonction de la lignée de la souche. Ces résultats représentent la première découverte d'agents pathogènes du couvain de l'Abeille mellifère depuis plus de 100 ans et indiquent la nécessité de regarder au-delà des agents pathogènes connus pour une compréhension globale des maladies de l'Abeille mellifère.

Téléchargeable <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21505594.2025.2451170>

2- Une étude sur les génotypes du DWV circulants en Europe

Sircoulomb, F., Dubois, E., Schurr, F., Lucas, P., Meixner, M., Bertolotti, A., Blanchard, Y., Thiéry, R., 2025. Genotype B of deformed wing virus and related recombinant viruses become dominant in European honey bee colonies. Scientific Reports. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-86937-5>

Résumé : La transmission par l'acarien *Varroa destructor* du virus des ailes déformées (DWV) aux abeilles mellifères est responsable de surmortalités hivernales des colonies. Quatre génotypes du DWV (A, B, C et D) et de nombreux recombinants ont été décrits dans le monde. Les études les plus récentes ont fait état d'une plus grande prévalence du génotype DWV-B par rapport au DWV-A dans plusieurs pays, notamment européens, tandis que les génotypes C et D semblent rares ou même disparus. Cependant, aucune évaluation globale de la distribution des DWV-A et DWV-B n'est disponible à ce jour à l'échelle européenne. Dans cette étude, nous avons quantifié ces deux génotypes du DWV par RT-PCR à partir de pool ou d'abeilles individuelles et à partir d'acariens *V. destructor* prélevés dans 15 pays européens entre 2010 et 2017. Ces données et le séquençage de l'ARN viral donnent un premier aperçu de la diversité du DWV, avec une nette dominance du DWV-B et des recombinants (A/B) en Europe. Les lectures de séquençage chimérique ont été utilisées pour localiser les jonctions recombinantes le long du génome du DWV. Ces jonctions n'étaient pas distribuées au hasard, mais principalement regroupées dans trois zones génomiques (le 5'UTR et les séquences codant pour le peptide leader et l'hélicase). Nos résultats ont aussi montré que les génomes recombinants du DWV partageaient au moins les séquences codantes VP1-VP3 avec le DWV-B. D'autres études sont encore nécessaires pour explorer le contexte apicole expliquant ces différences dans la dominance du génotype du DWV.

Téléchargeable <https://www.nature.com/articles/s41598-025-86937-5.pdf>

3- Sélection d'abeilles tolérantes contre *Varroa* : évitons une « tragédie de la tolérance »

Sokolov, N.A., Boots, M., Bartlett, L.J., 2025. Avoiding the tragedies of parasite tolerance in Darwinian beekeeping. Proceedings B.

Résumé : Le déclin des abeilles a été partiellement attribué à l'impact des parasites envahissants ou émergents. Pour *Apis mellifera*, les principales pertes sont associées à l'acarien *Varroa destructor*, également vecteur de virus. En réponse, les apiculteurs ont concentré leurs efforts de sélection sur l'acquisition d'une résistance à ce parasite clé. L'une des nombreuses méthodes utilisées est l'apiculture basée sur la survie, dans laquelle les colonies qui survivent malgré des infestations importantes de *Varroa* produisent des générations ultérieures. Nous soutenons que cette approche « non interventionniste » ne conduira pas toujours à une évolution de la résistance au *Varroa*, mais plutôt à une tolérance. La tolérance minimise les coûts du parasitisme pour l'hôte sans réduire l'abondance du parasite, tandis que la résistance empêche complètement le parasitisme ou maintient l'intensité du parasitisme à un faible niveau. Avec des distinctions épidémiologiques claires, et étant donné que la dynamique des maladies de l'abeille mellifère a un impact sur d'autres abeilles sauvages en raison d'agents pathogènes partagés, nous expliquons pourquoi les résultats de la tolérance dans l'élevage de l'abeille mellifère ont des implications importantes pour la santé des pollinisateurs en général. Nous soutenons que la sélection involontaire de la tolérance ne conduira pas seulement à un plus grand débordement des abeilles mellifères, mais qu'elle peut aussi sélectionner des agents pathogènes plus virulents chez les abeilles sauvages, ce qui conduit à des « tragédies de la tolérance »*. Ces tragédies peuvent être évitées grâce à des programmes d'élevage réussis qui sélectionnent spécifiquement un faible taux de *Varroa*. Nous soulignons comment les connaissances de l'écologie évolutive peuvent être appliquées à une gestion écologiquement responsable des abeilles mellifères.

* L'article envisage ici les différents scénarios possibles dans l'association *Apis mellifera* et *Varroa destructor*. Pour en savoir plus sur les « tragédies de tolérance » : Best A, White A, Boots M. 2014 The coevolutionary implications of host tolerance. *Evolution* 68, 1426–1435.

Téléchargeable <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspb.2024.2433>

4- Identification de molécules volatiles clés du comportement hygiénique

Noël, A., Dumas, C., Rottier, E., Beslay, D., Costagliola, G., Ginies, C., Nicolè, F., Conte, Y.L., Mondet, F., 2025. Identification of five volatile organic compounds that trigger hygienic and recapping behaviours in the honey bee (*Apis mellifera*). *International Journal for Parasitology*. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2025.01.009>

Résumé : *Varroa destructor*, principal parasite de l'abeille (*Apis mellifera*), a un effet dévastateur sur l'apiculture dans le monde entier. Le développement d'ébauche de résistance au parasite dans certaines colonies, lié au caractère VSH (*Varroa*-sensitive hygiene) et aux comportements de ré-operculation (REC), offre une voie idéale pour un contrôle sur le long terme du parasite. L'étape la plus importante de ces comportements est la détection des cellules parasitées dans le couvain. Plusieurs substances sémiochimiques* libérées par les cellules du couvain qui sont infestées par *Varroa*, sont ciblées par le comportement VSH et déclenchent ce comportement. La plupart de ces composés ne sont pas très volatils. Dans l'étude actuelle, nous nous concentrons sur l'étude des émissions de composés organiques volatils (COV) provenant des cellules infestées par *Varroa*. Cette étude décrit l'émission de neuf COV reliés au parasitisme par *Varroa*, parmi lesquelles cinq ont pu être reliés aux comportements hygiéniques et de ré-operculation. Ces cinq composés ont également été testés avec des composés déjà décrits dans la littérature, en relation avec la nature volatile des composés. En utilisant des solutions contenant de 1 à 15 composés, nous avons examiné les comportements de nettoyage et de ré-operculation des ouvrières. Les résultats comportementaux mettent en évidence l'importance des COV identifiés dans cette étude pour la détection, l'ouverture et la ré-operculation des cellules du couvain, alors que les composés faiblement volatils semblent jouer un rôle particulièrement important dans le sacrifice des nymphes. Comme pour les composés spécifiques du parasitisme par *Varroa* (VPS=*Varroa* parasitization-specific), incluant l'acétate de tétracosyle, le nettoyage des cellules de couvain déclenché par un des composés identifiés dans cette étude, le n-tétradécane, semble lié à la capacité de la colonie d'exécuter le comportement VSH. Cette étude ouvre de nouvelles perspectives dans la compréhension du comportement de résistance des abeilles à leur principal parasite *Varroa destructor*.

* Sémiochimique qualifie une substance chimique émise par un organisme dans l'environnement et qui a valeur de signal entre les êtres vivants.

Téléchargeable <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020751925000207?via%3Dihub>

5- Changer de paradigme pour lutter contre *Varroa* ?

Whitehouse, M., Yousuf, F., Sainsbury, J., Rangel, J., Goodwin, M., 2025. Innovations in *Varroa* Mite Management. Current Opinion in Insect Science. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2025.101343>

Résumé : Les acariens *Varroa*, principaux parasites ennemis des abeilles mellifères, sont connus pour être difficiles à gérer. Nous présentons une nouvelle approche de leur gestion en mettant l'accent sur le rôle de la migration du parasite dans les colonies. Nous soutenons que la façon dont le nombre d'acariens augmente dans la colonie déterminera les techniques de gestion les plus efficaces. C'est-à-dire que les infestations agissent par phases, et que le taux d'augmentation est soit lié à la reproduction des *Varroas* (phase chronique), soit fortement influencé par l'arrivée du parasite dans la ruche (phase aiguë). Identifier les phases aiguës et chroniques permettra de mieux choisir parmi les méthodes actuelles de lutte contre le *Varroa* pour les mettre en place de manière ciblée. Par exemple, les méthodes de contrôle du taux de reproduction seront plus efficaces pendant la phase chronique. Déterminer quand la migration des parasites est importante (phase aiguë) peut rendre possible les techniques existantes de management des abeilles, par exemple celles qui limitent l'accès de certaines abeilles dans des ruches, et améliorer ainsi la gestion. Ce changement de perspective souligne que le contrôle des *Varroas* dans une colonie sera amélioré en comprenant les subtilités du comment et quand *Varroa* pénètre dans les ruches ; elle identifiera également d'autres lacunes dans nos connaissances de l'écologie comportementale de *Varroa* qui pourrait conduire à une nouvelle méthode de contrôle. Par conséquent, cette nouvelle approche permettra une meilleure lutte intégrée, plus adaptée à ce parasite.

Téléchargeable <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214574525000136?via%3Dihub>

6- Impact du nombre d'ouvrières, de l'âge des larves et de la nutrition sur le développement des reines en laboratoire

Kama, O., Shpigler, H.Y., 2025. Social and nutritional factors controlling the growth of honey bee (*Apis mellifera*) queens. PLOS ONE. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0310608>

Résumé : Chez l'Abeille mellifère, la reine est essentielle au fonctionnement de la colonie. Elle pond des centaines d'œufs chaque jour et détermine la composition génétique de la colonie. Les apiculteurs élèvent et échangent des reines pour améliorer la santé et la productivité des colonies. Malgré son importance, l'élevage artificiel de reines dans des colonies sans reine est resté largement inchangé depuis plus d'un siècle, n'offrant qu'un contrôle limité sur les conditions environnementales influençant le développement larvaire. Dans cette étude, nous avons développé une méthode d'élevage de reines en laboratoire, en établissant un protocole d'élevage de reines en cages par des abeilles nourricières en laboratoire dans des conditions environnementales contrôlées. Nous avons d'abord étudié le nombre minimal d'ouvrières nécessaires pour élever une seule reine et avons constaté que des groupes de 200 ouvrières élevaient des reines avec un succès et un poids comparable à ceux des reines élevées dans la colonie d'accueil. Comme preuve de concept, nous avons examiné l'impact de l'âge des larves sur le succès de l'élevage dans notre nouveau système. Nous avons constaté que les jeunes larves se développaient en reines plus lourdes et plus grandes que les larves plus âgées, comme cela a été constaté dans le passé avec la méthode d'élevage traditionnelle. En outre, nous avons évalué l'influence de la nutrition en pollen sur le succès de l'élevage des reines, et nous avons constaté qu'une concentration élevée en pollen est cruciale pour un développement optimal des reines. Ces résultats et la nouvelle méthode constituent une base pour l'étude du comportement et du développement de l'élevage des reines en laboratoire. Nous espérons qu'elle sera utilisée pour découvrir les facteurs qui influencent ce processus important dans la biologie de l'Abeille mellifère.

Téléchargeable <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0310608&type=printable>

7- Facteurs influençant la prévalence de l'ABPV au sein de ruchers turques

Oz, M.E., Avcı, O., Dogan, M., 2025. Factors influencing the prevalence of acute bee paralysis virus in *Apis mellifera* and insights into its phylogenetic relationships. *Virus Genes*. <https://doi.org/10.1007/s11262-025-02135-5>

Résumé : Le virus de la paralysie aiguë des abeilles (ABPV) est un agent pathogène notable fréquemment détecté dans les colonies d'abeilles mellifères (*Apis mellifera*). Bien que les infections soient souvent asymptomatiques, elles peuvent avoir des conséquences graves en cas de forte infestation simultanée avec *Varroa destructor*. Cette étude vise à évaluer la prévalence de l'ABPV et sa corrélation avec une série de facteurs de stress biotiques et abiotiques dans des ruchers d'apiculteurs situés en Anatolie centrale et dans les régions méditerranéennes de Turquie au cours des saisons printemps-été et automne 2021. L'ABPV a été identifié dans 38,6 % des échantillons (27/70) par RT-PCR en temps réel. Les fortes prévalences observées étaient corrélées aux infestations par *Varroa destructor*, aux températures élevées et aux conditions climatiques sèches, aux pratiques transhumantes et aux perturbations dans la gestion des colonies pendant la pandémie de COVID-19. Les relations phylogénétiques entre les souches ABPV ont été étudiées par le séquençage partiel des gènes codant la capsidie et la protéine ARN polymérase dépendante, en utilisant la construction d'un arbre de maximum de vraisemblance avec le modèle à trois paramètres de Tamura. Les souches turques d'ABPV se sont regroupées dans un sous-clade distinct, partageant 98,4 à 99 % d'identité nucléotidique avec les souches européennes, ce qui indique une origine monophylétique et une ségrégation géographique au niveau régional ou continental. Ces résultats soulignent la nécessité d'une surveillance rigoureuse et de programmes de recherche pour contrôler la prévalence de l'ABPV et atténuer ses effets néfastes sur la santé et la productivité des colonies. En outre, les informations phylogénétiques fournies par ce projet de recherche sur l'ABPV sont d'une grande utilité.

Non téléchargeable gratuitement

8- Influence de l'hyperthermie sur *Varroa*, les virus et la santé des colonies

Xu, X., Zhou, S., Huang, J., Geng, F., Zhu, X., Abou-Shaara, H.F., 2025. Influence of Hyperthermia Treatment on *Varroa* Infestation, Viral Infections, and Honey Bee Health in Beehives. *Insects*. <https://doi.org/10.3390/insects16020168>

Résumé : L'acarien *Varroa destructor* est largement reconnu comme la menace la plus destructrice pour les colonies d'abeilles mellifères (*Apis mellifera*) à l'échelle mondiale. Les infestations d'acariens *Varroa* dans les colonies d'abeilles sont étroitement liées à des infections virales, ce qui conduit à une diminution des populations d'abeilles et à une accélération des pertes de colonies. Des recherches approfondies ont fermement établi la corrélation entre *Varroa* et les virus, soulignant l'efficacité de ces acariens dans la propagation des virus parmi les abeilles et les colonies. La lutte efficace contre *Varroa* devrait entraîner une diminution des infections virales dans les colonies d'abeilles. Les recherches suggèrent que les traitements thermiques (hyperthermie) constituent une approche viable pour lutter contre *Varroa*, des études démontrant le rôle du stress thermique dans la réduction des infections virales chez les abeilles affectées. Cet article examine la littérature existante concernant l'utilisation de l'hyperthermie comme méthode potentielle pour améliorer les effets néfastes des *Varroas* et de leurs infections virales qui leur sont associées sur les colonies d'abeilles mellifères. Il décrit également les caractéristiques thermiques de ces facteurs de stress. Divers dispositifs peuvent être utilisés pour soumettre les colonies à un traitement par hyperthermie, ciblant les acariens à l'intérieur et à l'extérieur des cellules de couvain. L'application de traitements thermiques, généralement compris entre 40 et 42°C pendant 1,5 à 3 heures, comme méthode de réduction des acariens *Varroa* et des maladies virales s'est avérée prometteuse. Notamment, l'efficacité précise du traitement par hyperthermie par rapport à d'autres mesures de lutte contre *Varroa* reste à déterminer. Les répercussions délétères potentielles de ce mécanisme de contrôle sur les abeilles immatures et matures sont évaluées. En même temps, les implications néfastes des durées de traitement prolongées sur les abeilles immatures et matures sont évaluées. En ce qui concerne les infections virales, le traitement par hyperthermie peut avoir un impact négatif sur les virus en réduisant l'infestation *Varroa* ou en induisant la production de protéines de choc thermique qui possèdent des propriétés antivirales potentielles. Différents facteurs ont été identifiés comme influençant l'efficacité du traitement par hyperthermie dans les colonies d'abeilles, y compris le type d'appareil et la durée du traitement, ce qui nécessite d'autres investigations. En outre, cet article met en évidence les lacunes existantes dans les connaissances et donne un aperçu des orientations futures de la recherche concernant cette méthode de contrôle.

Téléchargeable <https://www.mdpi.com/2075-4450/16/2/168/pdf?version=1738772811>

9- Les trypanosomatidés parasites des abeilles

Tiritelli, R., Cilia, G., Gómez-Moracho, T., 2025. The trypanosomatid (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) parasites in bees: A review on their environmental circulation, impacts and implications. *Current Research in Insect Science*. <https://doi.org/10.1016/j.cris.2025.100106>

Résumé : Les trypanosomatidés, parasites obligatoires capables d'avoir un impact sur l'intestin des insectes, ont récemment fait l'objet d'une attention considérable, en particulier en ce qui concerne leurs effets sur les abeilles. Alors que *Crithidia mellificae* et *C. bombi* ont été initialement découverts et étudiés chez les abeilles et les bourdons, les techniques moléculaires ont révélé que *Lotmaria passim* était le trypanosomatide prédominant chez les abeilles à l'échelle mondiale. De nouvelles espèces comme *C. expoeki* et *C. acanthocephali* ont également été identifiées. Ces parasites ont des cycles de vie complexes impliquant différents stades de développement de l'hôte et sont transmis horizontalement à l'intérieur et à l'extérieur des colonies par contact direct, interactions orales et contamination des fleurs par des matières fécales infectées. L'impact des trypanosomatides sur la santé des colonies d'abeilles reste incertain. Chez les bourdons, des études ont mis en évidence la présence généralisée de *C. bombi*, qui affecte la santé de la colonie et des individus, le développement et le comportement de recherche de nourriture. Les trypanosomatidés de l'abeille ont été détectés chez diverses espèces, y compris d'autres insectes et des mammifères ce qui suggère diverses voies épidémiologiques et des effets potentiels qui justifient d'être étudiés plus en détail. Les facteurs biotiques, y compris les co-infections, le microbiote intestinal, la contamination alimentaire, et les facteurs abiotiques, tels que les conditions environnementales, les produits phytosanitaires et l'urbanisation, sont autant de facteurs de risque pour la santé des abeilles. Cette revue a pour but de résumer les principales recherches sur la transmission et l'infection des trypanosomatidés chez les abeilles mellifères et sauvages, en mettant l'accent sur l'influence des facteurs biotiques et abiotiques. Les travaux soulignent les lacunes importantes dans les connaissances actuelles et fournissent une base précieuse pour les études futures. Comprendre la pathogénicité et la dynamique d'infection des trypanosomatidés, ainsi que l'impact des facteurs environnementaux, est essentielle pour développer des stratégies de conservation efficaces qui soutiennent les pollinisateurs.

Téléchargeable <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666515825000010?via%3Dihub>

10- Faute de données, nous connaissons mal les possibles résistances à deux acides organiques

Kosch, Y., Mülling, C., Emmerich, I.U., 2025. Assessment of Resistance of *Varroa destructor* to Formic and Lactic Acid Treatment—A Systematic Review. *Veterinary Sciences*. <https://doi.org/10.3390/vetsci12020144>

Résumé : L'acarien *Varroa destructor* est un ravageur majeur des abeilles mellifères (*Apis mellifera* L.). Les colonies non traitées meurent généralement en quelques années. Pour éviter une trop forte charge parasitaire et prévenir la varroose, les colonies doivent donc être traitées à l'aide de médicaments ou de méthodes biotechniques. Mais *Varroa destructor* est devenu résistant aux médicaments synthétiques quelques années après leur première utilisation, ce qui constitue une problématique importante. Notre revue scientifique explore ici le risque de résistance aux acides formique et lactique en examinant les 30 à 40 dernières années de recherche. L'efficacité annuelle médiane est calculée et évaluée dans le temps, les valeurs inférieures à 70 % étant considérées comme un signe de développement de la résistance. Il existe peu de données sur l'acide lactique, il n'est donc pas possible de procéder à une évaluation de la résistance. Lorsque des valeurs d'efficacité sont anormalement basses pour l'acide formique, elles sont souvent dues aux taux d'évaporation et aux paramètres de l'étude, ce qui n'indique pas l'apparition du développement d'une résistance. Cependant, les résultats ne sont basés que sur quelques valeurs d'efficacité, de sorte que d'autres études seraient nécessaires.

Téléchargeable <https://www.mdpi.com/2306-7381/12/2/144/pdf?version=1738998825>