

POTENTIEL DE L'HYPERTHERMIE COMME MOYEN DE LUTTE CONTRE LE VARROA

Une technologie proche de la biologie de l'abeille et plus adaptée à l'urgence environnementale

Comme remerciement à l'invitation de la FNGTA (Fédération Nationale des Groupements Techniques Apicoles) du SNA à participer au Premier Salon International du matériel apicole à Avignon (SIMAPI) du 6-8 décembre 2019 avec le sujet d'hyperthermie, je voudrais présenter cette analyse à propos des bases biologiques pour l'application du principe, ainsi que ses possibles avantages et limitants.

Principe

Le fait que les abeilles soient plus thermo-tolérantes que le varroa est le principe de l'hyperthermie comme traitement acaricide. Curieusement, cette tolérance à la chaleur extrême a été démontrée non seulement chez les abeilles mellifères, mais aussi chez les abeilles solitaires (Figure 1).

Les abeilles ne sont pas seulement hautement thermo-tolérantes, elles sont aussi capables d'atteindre l'homéostasie thermique dans le nid même lors des températures extrêmes, comme c'est le cas d'*Apis mellifera mellifera*, dans sa vaste zone géographique naturelle, depuis le cercle polaire jusqu'au sud de la France, avec des températures respectives qui varient entre -40°C et 40°C (Figure 2).



Figure 1. Cette petite abeille solitaire, *Anthophora* (Hymenoptera : Apidae) niche au milieu des cendres adjacentes d'un volcan actif, démontrant ainsi sa haute capacité thermo-tolérante, ce qui est aussi une caractéristique des abeilles mellifères.

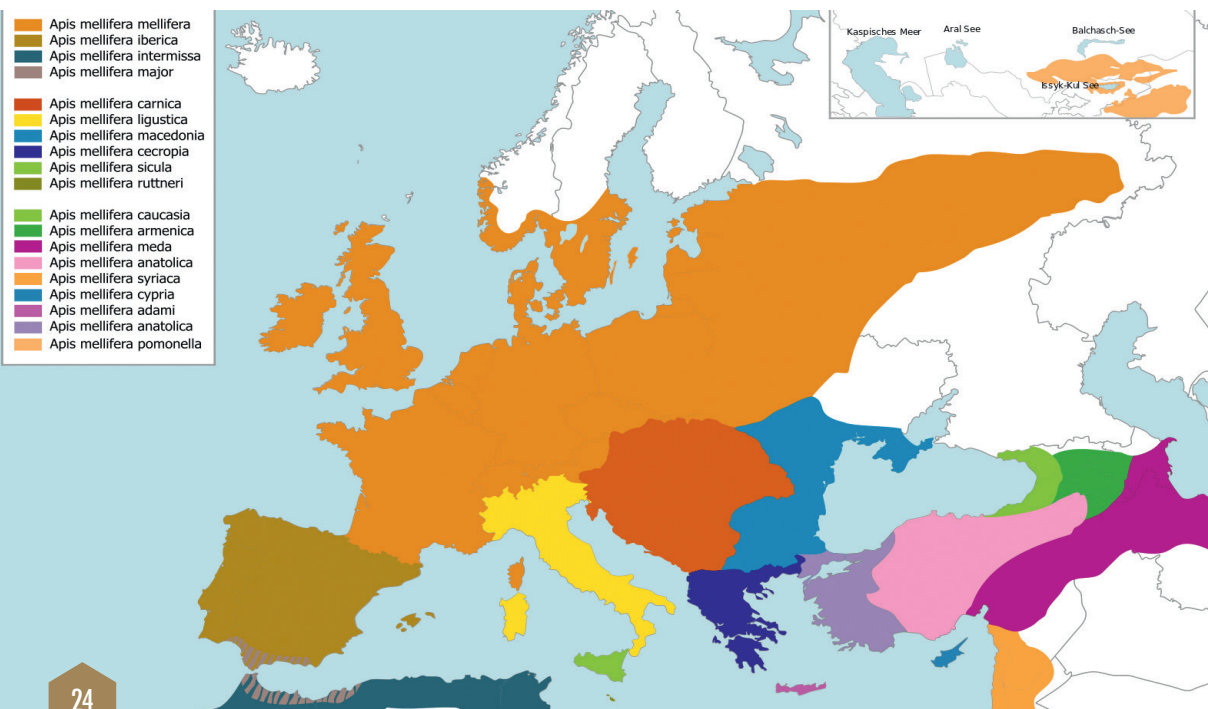


Figure 2. L'abeille endémique du nord de l'Europe supporte des températures extrêmes entre -40°C et 40°C, tout en gardant l'homéostasie thermique dans le nid. Ceci indique le potentiel de cette abeille locale à possiblement mieux supporter les changements climatiques actuels, par rapport aux souches d'abeilles introduites.

En plus de l'extrême thermo-tolérance et de la capacité de garder une température constante dans le nid indépendamment de la température extérieure, les abeilles utilisent la production de chaleur endogène comme un moyen naturel de défense, ce qui est particulièrement développé chez l'abeille asiatique (*Apis cerana*) (Figure 3).

Cependant, étant donné que toutes les abeilles mellifères ont évolué à partir d'une même origine, elles partagent certains mécanismes génétiques et comportementaux de défense. Ceci suggère que d'autres abeilles du genre *Apis*, telles que notre abeille européenne, peuvent potentiellement bénéficier de la chaleur comme stratégie de défense antiparasitaire. La génération de chaleur par *A. cerana* est aussi anti prédatrice contre le frelon asiatique, anti infectieuse comme observé chez *A. mellifera* pendant l'infection d'*Ascospaera apis*, l'agent causal du couvain plâtre, et contre *Nosema ceranae*. Cette augmentation de température contre les agents infectieux peut être comparable à la fièvre chez les mammifères.

Puisque les abeilles asiatiques ont co-évolué avec le parasite varroa (elles utilisent la chaleur pour contrôler la sur-infestation de façon naturelle), utiliser l'hyperthermie comme forme de traitement serait du biomimétisme. Cependant, cette alternative propre reste encore peu utilisée en apiculture. Néanmoins, les conditions actuelles d'effondrement de colonies, d'accumulation de polluants dans la cire recyclée (acaricides, le plus souvent) avec souvent la résistance du varroa à ces produits, l'utilisation d'acides organiques caustiques et d'huiles essentielles hautement dérangeurs de l'homéostasie de la colonie pourraient rendre l'hyperthermie, cette stratégie millénaire, comme une alternative d'actualité (Figure 4).

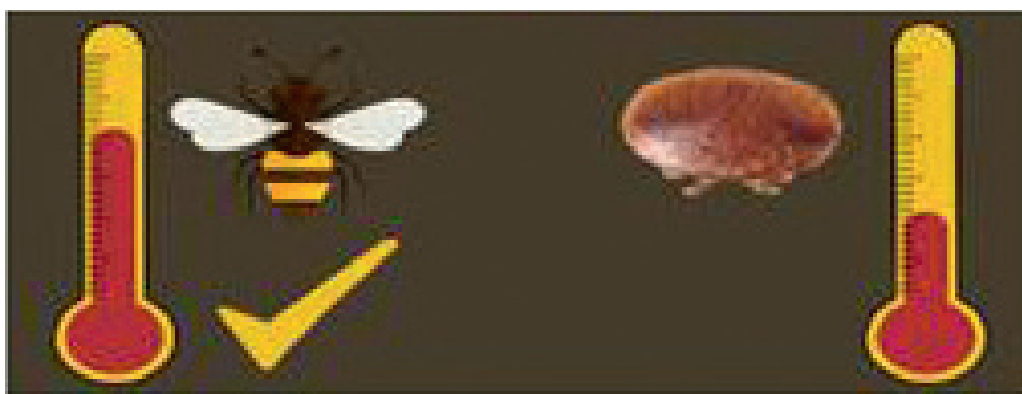


© Paul Zborowski



Figure 3. L'abeille asiatique (en haut à gauche), plus petite que notre abeille européenne (en haut à droite), est capable de se défendre avec la chaleur, non seulement de la sur-infestation de varroa, mais aussi de six différents frelons asiatiques, parmi eux *Vespa mandarina*, bien plus grand que *V. velutina*, introduit en Europe en 1984.

Principe



vatorex.com

Température dans la ruche	Temp. max. tolérée chez les abeilles	Temp. max. tolérée dans le couvain	Temp. max tolérée chez le Varroa
~ 15 - 36°C Idéale : 35°C	~ 48°C	~ 42 - 43°C	~ 40°C (inhibition à partir de 38°C)
Traitement standard : ~ 41 - 44°C			

Figure 4. Le principe de l'hyperthermie se base sur le différentiel de tolérance à la chaleur entre les abeilles adultes, couvain et varroa. Les abeilles adultes tolèrent jusqu'à 48-50°C (selon le temps d'exposition), quand le varroa commence à être inhibé à partir de 38°C.

L'hyperthermie pourrait potentiellement être aussi utilisée contre d'autres ravageurs des colonies, tels que le petit coléoptère de la ruche (*Aethina tumida*) et la fausse teigne (*Galleria mellonella*) puisque pareils au varroa, ils sont plus sensibles à la chaleur que les abeilles. En fait, Joseph HEMMERLÉ dans un article publié dans *L'Abeille de France* (2017) a écrit qu'une température pouvant atteindre 47°C pendant plus d'une heure éliminait efficacement toutes les phases de développement de la fausse teigne sans compromettre la structure des rayons de cire (Figure 5).

Problématique actuelle

L'exposition continue de produits de synthèse depuis des décennies est définitivement la première cause de mortalité d'insectes en général (Figure 6). Chez les abeilles, l'exposition chronique de produits chimiques, soit conventionnels ou biologiques, d'origine apicole, agricole ou autre, représente un problème non seulement pour leur propre santé, mais aussi pour la santé publique parce que certains de ces produits et / ou ses métabolites risquent de passer dans le miel. De plus, une partie de ces produits partent dans la nature, affectant des organismes non-ciblés.




		
Abeilles	Petit coléoptère de la ruche	Fausse teigne
~ 48°C	35°C	45 - 47°C

Figure 5. La chaleur est aussi utile pour lutter contre le petit coléoptère de la ruche, ce qui reste une menace très présente avec des importations de reines de l'Italie. La fausse teigne est aussi plus susceptible à la chaleur que les abeilles.

Antécédents de l'hyperthermie

L'hyperthermie, en tant que méthode de lutte contre le varroa, a été démontrée comme efficace par la recherche depuis les années 1970. Des températures de 40 à 47°C pour différentes durées réduisent les populations de Varroa sans affecter la population d'abeilles.

Cependant, l'hyperthermie a, depuis, reçu peu d'attention par la recherche, peut-être parce que :

- 1 - la plupart des expériences ont été faites à une époque où le déclin des populations d'abeilles était moins sévère,
- 2 - les produits chimiques étaient, et sont encore, bon marché, rapides et simples à utiliser,
- 3 - les problèmes d'accumulation de résidus dans la cire d'abeille étaient négligeables et
- 4 - la résistance de Varroa aux acaricides n'avait pas atteint un niveau critique.

Il se peut également que les premières technologies thermiques de l'époque étaient compliquées à gérer et n'assuraient pas un contrôle précis de la température. Actuellement, il existe au moins une douzaine de dispositifs de chauffage contre Varroa disponibles dans le commerce. Bien que tous n'aient pas été validés scientifiquement, ils proclament tous entre 50% et 100% d'efficacité.

Flying insect abundance has fallen by 75% since 1989

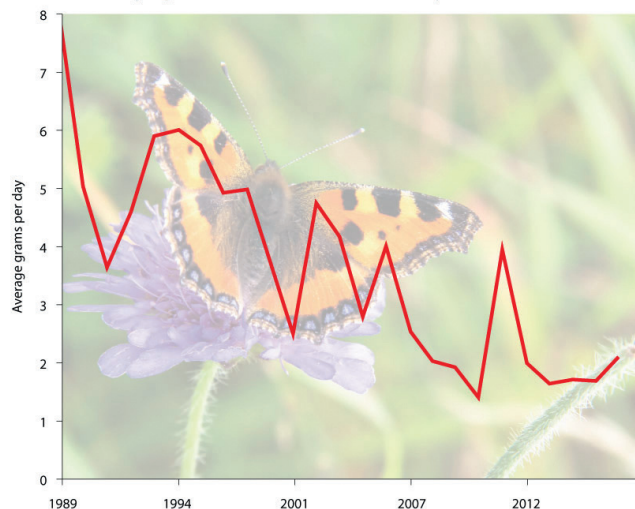


Figure 6. Depuis les années 1980, on observe une réduction drastique et généralisée de la masse d'insectes, dont l'abeille fait partie, ce qui est lié principalement aux pesticides. On ajoute Varroa, le principal problème biotique des abeilles.

Pour ce qui est de la santé de l'abeille, l'exposition aux pesticides limite les mécanismes de défense contre parasites et nuisibles (*Varroa*, petit coléoptère de la ruche, fausse teigne) et pathogènes (virus, loques, mycoses, *Noséma*, etc.). En plus, le fait d'alterner les acaricides de synthèse pour éviter les résistances implique des interactions médicamenteuses difficiles à évaluer, souvent avec des toxicités augmentées. Pratiquement tout acaricide, soit de synthèse ou naturel, risque d'avoir des effets sub-létaux chez les abeilles, affectant

leur longévité et leur capacité de butinage, ce qui est reflété dans une production du miel plus réduite.

Comment l'abeille asiatique utilise-t-elle la chaleur pour se défendre du varroa ?

Chez *A. cerana*, l'hôte naturel de *Varroa*, la température du couvain ouvrière atteint plus de 35,5°C, pour empêcher l'acarien de se développer. Cependant, le couvain mâle n'est pas chauffé au-dessus de 35,5°C, apparemment pour protéger sa fertilité, ce qui fait le seul véritable hôte pour la reproduction de *Varroa* chez cette abeille. Néanmoins, une étude allemande récente avec couvain d'*A. mellifera* a démontré que la fertilité des mâles n'est pas affectée quand la température ne dépasse pas les 41°C.

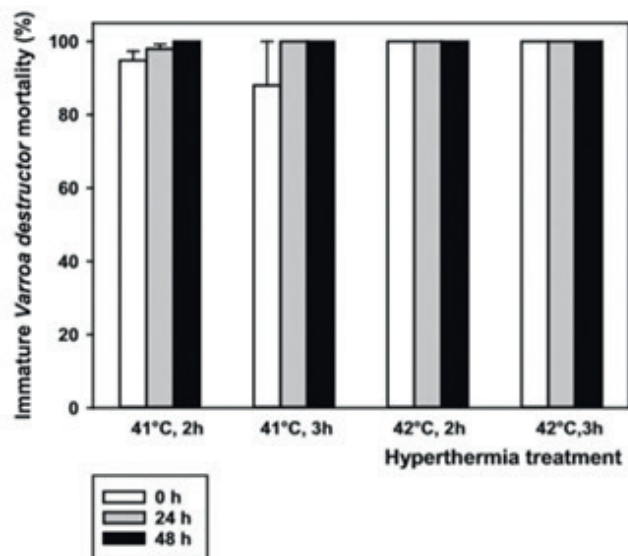


Figure 7A. Avec 41°C pendant deux heures, on détruit les formes immatures de varroa, on casse le cycle reproducteur du varroa et on épargne la viabilité du sperme des faux-bourdon (température idéale pour le traitement de printemps)

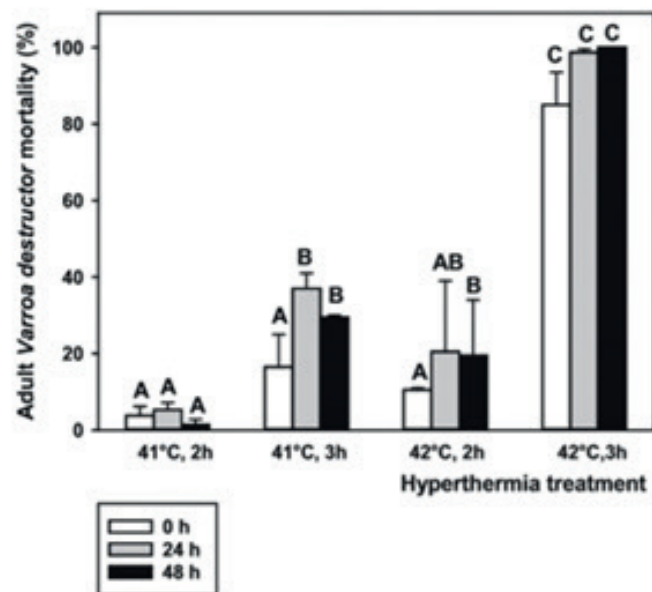


Figure 7B. Avec 42°C pendant 3h, on détruit le varroa adulte aussi, mais on risque d'affecter la fertilité des mâles, donc ce traitement est idéal après la récolte quand la période de fécondation des reines est pratiquement finie, pour éliminer varroa à 100% (le varroa ne meurt pas tout de suite, mais après 3 jours) en protégeant les abeilles d'hiver.

Des études d'efficacité de l'hyperthermie sur le terrain au Pakistan ont démontré qu'en remplaçant simplement les toits des ruches des colonies par du verre recouvert d'un tissu noir, une mortalité importante du *Varroa* s'est produite après trois traitements de 30 minutes quand la température à l'intérieur de la colonie était montée entre 45-47°C. Chez les abeilles européennes, il a été démontré que les augmentations marquées et ponctuelles de température étaient défavorables au développement des acariens, suggérant que la régulation de la température du couvain par les abeilles mêmes pourrait être un des facteurs clés de résistance. La température optimale pour le développement des acariens se situe entre 32,5 et 33,4°C. Cela correspond à la température de développement dans les nids d'abeilles. Au-dessus de 36,5°C, les populations de *Varroa* diminuent considérablement. Au-dessus de 38°C, les acariens commencent à mourir sans se reproduire.

Le chauffage de la colonie entière affecte la viabilité du *Varroa* phorétique de la même manière que le chauffage du *Varroa* dans le couvain. Pour le couvain, la chaleur n'a pas d'effet apparent sur les taux d'émergence mais plutôt sur le taux de survie, la couvée plus jeune (9-10 jours) étant la plus sensible à la chaleur. Plusieurs études décrivent l'effet varrocide de la chaleur ; une en particulier mentionne une étude sur 50 colonies sur une période de trois ans qui a démontré que l'hyperthermie est une alternative tout aussi efficace que le traitement chimique contre *Varroa* en gardant des colonies vitales et capables de générer de bons rendements de miel de haute qualité.

Les différents dispositifs thermiques disponibles sur le marché

Différents dispositifs de traitement thermique contre *Varroa* ont été développés dans différents pays. Ils peuvent être classés essentiellement en boîtes thermiques, ruches thermiques et cadres thermiques, pour traiter soit uniquement le couvain ou l'ensemble de la colonie, avec différents niveaux d'efficacité. Des protocoles d'hyperthermie standard contre *Varroa* ont été publiés précédemment, où des températures qui varient entre 42 et 45°C seraient mortelles pour *Varroa* sans causer d'effets néfastes évidents chez les abeilles.

Avantages de l'hyperthermie

- Alternative aux acaricides synthétiques et naturels : fatal à toutes les phases (phorétique et reproductive) de *Varroa*
- Pas d'impact sur les espèces environnantes
- Effets négligeables sur les abeilles
- **Bons rendements de miel de bonne qualité**
- Peu probable qu'il en résulte une résistance des acariens à la chaleur
- Temps d'exposition court pour les abeilles (2-3 h), mais temps de travail long pour l'opérateur.

En plus du traitement anti-varroa, la chaleur est utilisée pour des applications courantes comme la fonte de cires, fonte de miel cristallisé en rayon, séchage de pollen et élevage des reines. Toutes ces applications pourront être utilisées avec un seul dispositif. Cette option peut réduire ainsi le besoin de l'apiculteur d'avoir plusieurs appareils comme des couveuses, des séchoirs de pollen et des cérificateurs. La multifonctionnalité d'une enceinte thermique peut être intéressante pour chaque apiculteur, professionnel ou amateur, mais la fonctionnalité thermique reste limitée aux apiculteurs de loisir, ce qui fait un non-négligeable 95% des apiculteurs (Figure 8).



Figure 8. Prototype du dispositif thermique présenté à Avignon, qui selon la température sélectionnée, pourrait être utilisé comme antiparasitaire pour la totalité des abeilles ou seulement des cadres de couvain operculé, cérificateur, séchoir de pollen, liquéfacteur de miels en rayon ou pots et couveuse de reines (US patent application 62/749,704).

Discussion

L'hyperthermie pourrait être reconsidérée comme une alternative aux acaricides synthétiques et naturels car elle est fatale aux phases phorétique et reproductrice de Varroa. De plus, la chaleur ne laisse aucun résidu et ne devrait pas entraîner de résistance aux acariens. Cependant, comme tout autre traitement acaricide, on craint que le traitement thermique puisse aussi affecter physiologiquement les abeilles. Un effet potentiel de l'hyperthermie serait la diminution de viabilité du sperme des faux-bourçons et celui stocké dans la spermathèque de la reine. Pour contourner ce problème, la

reine peut être retirée temporairement de la ruche pendant le traitement thermique de 2-3 h. Si l'on veut éviter de risquer la fertilité des mâles, le traitement peut être effectué à la fin de l'été car il n'en reste que peu. Pour traiter durant la saison où les mâles sont présents, il faudra éviter d'augmenter la température à plus de 41°C pour conserver la viabilité du sperme. Les paquets d'abeilles peuvent également être traités par hyperthermie avant l'introduction d'une reine pour démarrer une nouvelle colonie avec une quantité limitée de Varroa et sans aucune exposition à des acaricides chimiques. Une autre préoccupation peut être le fait que certains acariens tombés peuvent se remettre de l'exposition à la chaleur et ré-infester les abeilles avec un risque de développement de Varroa résistant à la chaleur. Par conséquent, les ruches traitées doivent être équipées d'un plancher inférieur grillagé et d'une substance adhésive afin que les varroas tombés lors du traitement ne puissent réinfester les abeilles.

Conclusions

Toutes ces étapes pour le traitement thermique prennent du temps et nécessitent une organisation ; par conséquent, cette méthode est d'intérêt surtout pour les apiculteurs qui gèrent un petit nombre de colonies, en espérant que la technologie puisse un jour exister pour traiter un grand nombre de ruches. Même avérées efficaces et écoresponsables, nos connaissances sur l'hyperthermie dans les pratiques apicoles sont encore préliminaires. Des recherches avec une technologie mise à jour sont nécessaires pour fournir des conseils sur les protocoles d'application sûrs et révéler les avantages et aussi les risques possibles de l'utilisation de l'hyperthermie.



Figure 9. Abeilles sur rayons fondus

KONIGIN®

chaines d'extraction & matériel de miellerie

GARANTIE 4 ANS

EXEMPLE
chaîne d'extraction:
14 378 € HT

*Machine à désoperculer (couteaux chauffants) + rampes
*Extracteur 72 cadres Dadant +rampes de sortie
*Bac décanteur 160L chauffant
* Pompe à miel
* CIRE PRESSE

DISTRIBUTEUR FRANCE :
www.konigin.fr contact@konigin.fr

Un autre exemple de tolérance à la chaleur, ce sont les abeilles mellifères du sud de l'Afrique, après un incendie, les chercheurs ont observé que toutes les colonies étaient encore vivantes. On voit des abeilles sur des rayons un peu fondus (Figure 9).

Cet article est en partie une traduction de la publication : "LICON LUNA, R. M. (2019). Heat and ozone use in beekeeping practices. Bee World 96(1): 19-23." Les références de cet article peuvent être trouvées dans la version originale.