

GUIDE FNOSAD



VARROA & VARROOSE





VARROA & VARROOSE



Depuis 1966,
la Fédération Nationale des Organisations Sanitaires Apicoles Départementales
est aux côtés des apiculteurs et elle concourt, par différentes actions,
à l'amélioration de l'état sanitaire du cheptel apicole français.

Ses objectifs sont de :

RASSEMBLER / SOUTENIR

- › Coordination des actions des OSAD
- › Représentation des OSAD auprès de la Direction Générale de l'Alimentation et des organisations apicoles
- › Aide à l'administration des OSAD (logiciel FNOSAD, formations pour administrateurs, dossier PSE...)
- › Production d'outils : fiches pratiques, registres d'élevage, fiches de visites de suivi de PSE

FORMER / ÉTUDIER

- › Formations de Techniciens Sanitaires Apicoles depuis 2016 et formations d'apiculteurs
- › Coordination de tests pour évaluer l'efficacité des traitements contre le varroa
- › Collaboration à des projets de recherche, coordination d'études

INFORMER

- › Organisation de congrès et journées techniques
- › Messages (actualités, documents), site internet à destination des OSAD, techniciens sanitaires apicoles, apiculteurs...
- › Édition de *La Santé de l'Abeille*, magazine bimestriel spécialisé dans le domaine sanitaire



www.fnosad.com
www.sante-de-labeille.com

© FNOSAD-LSA, 2021

Tous droits de reproduction totale ou partielle, traduction ou adaptation,
sous quelque forme que ce soit, réservés pour tous pays
(Code de la propriété industrielle articles L.335-2 et suivants).

www.fnosad.com

RÉDACTION DU GUIDE

La rédaction de ce guide résulte du travail conjoint de membres bénévoles et salariés de la FNOSAD : Jean-Marie Barbançon, Valérie Breton, Florentine Giraud, Alain Goulnik, Yves Layec, Clémence Riva et Jérôme Vandame.

FINANCEMENT

La coordination du projet a été assurée de manière bénévole par les membres du groupe dédié.

Le travail des salariés a été financé sur les fonds propres de la FNOSAD, et les frais de mise en page grâce à des aides européennes et nationales dont la FNOSAD bénéficie dans le cadre du Programme Apicole Européen 2020-2022, pour la formation des techniciens sanitaires apicoles (TSA).

Cet ouvrage est donc destiné à tous les apiculteurs et notamment aux acteurs du sanitaire apicole que sont les TSA, apiculteurs qui, par leur cotisation à une OSAD adhérente de la FNOSAD, permettent la réalisation de tels projets d'intérêt collectif.

REMERCIEMENTS

De chaleureux remerciements sont adressés à toutes les personnes et tous les organismes qui ont contribué à ce guide en fournissant des photos, des graphiques, des dessins, du temps pour la relecture, des avis, des témoignages et un soutien moral à ce projet.



Avec le soutien de :



PRÉFACE

Verba volant, script manent.
« Les paroles s'envolent, les écrits restent. »

Parler du varroa de quelque façon que ce soit ne suffit pas. Encore une fois il est apparu une vraie nécessité de publier un document écrit attendu par les apiculteurs. Le sujet « varroa » étant complexe, il ne s'agissait pas de rédiger un document trop long et peut-être trop scientifique. D'où ce guide qui se veut **utile à tout apiculteur** puisque depuis l'arrivée de *Varroa destructor* il n'est plus possible d'élever des abeilles sans avoir affaire à ce redoutable parasite. Malgré l'encadrement sanitaire (auquel du reste tous les apiculteurs n'ont pas recours...), il faut bien accepter l'idée que l'acteur principal de la lutte contre le varroa est l'apiculteur lui-même. Tout doit être entrepris pour éviter les lourdes pertes de colonies attribuables à ce ravageur, pertes malheureusement souvent dues à une gestion inadaptée de la lutte. La création d'un outil pédagogique pratique et consultable à loisir s'imposait donc avec force. Cela, l'équipe de la FNOSAD, nonobstant les nombreux articles parus sur le varroa et la varroose dans sa revue *La Santé de l'Abeille*, l'a bien ressenti. C'est pourquoi il fallait prévoir une large diffusion de l'ouvrage demandé : d'où un recours au support numérique¹ avec accès gratuit.

Restait à se donner les moyens... d'autant qu'un impératif s'imposait : celui de ne pas tomber dans l'à-peu-près et la vulgarisation grossière. La FNOSAD a donc financé sur ses fonds l'embauche d'une jeune chercheuse en la personne de Clémence Riva. Clémence est docteure d'université et connaît bien le sujet varroa et la lutte contre ce parasite. Elle est l'auteure d'une thèse² ayant trait à *Varroa destructor*. On lui sait gré d'avoir bien voulu accepter de travailler à la rédaction de ce guide malgré les termes du défi qui lui était imposé : être concise, mais en actualisant parfaitement les connaissances développées dans les divers chapitres de cet ouvrage, afin d'établir des bases sérieuses utiles aux apiculteurs. D'où les nombreuses références bibliographiques auxquelles le lecteur pourra se référer en cas de besoin. Autre aspect de ce défi : faire en sorte que les mécanismes pathogéniques de la varroose soient clairement exposés et compris. Bien entendu un groupe de travail a été créé au sein de l'équipe FNOSAD pour entourer et soutenir Clémence, et même l'aider en rédigeant certaines parties de l'ouvrage.

Une **lutte efficace** contre le varroa s'impose dans le contexte actuel. On le sait : elle n'est ni simple ni facile mais elle est possible. Il est regrettable que d'autres facteurs³ de pertes de colonies d'abeilles soient littéralement masqués par les signes cliniques de la varroose et que leur investigation en devienne difficile voire impossible.

À tous ceux qui se pencheront sur cet ouvrage, au nom de la FNOSAD je souhaite une bonne lecture et de bons résultats dans la lutte contre le varroa.

Jean-Marie Barbançon, président de la FNOSAD-LSA

1 – Une édition papier est également prévue.

2 – Thèse de doctorat : « Application de la démarche de drug design pour la conception de nouveaux médicaments vétérinaires contre le parasite *Varroa destructor* ».

3 – Facteurs environnementaux, par exemple.

Sommaire

GUIDE FNOSAD : VARROA ET VARROOSE

CHAPITRE 1 LA BIOLOGIE DE *VARROA DESTRUCTOR* 12

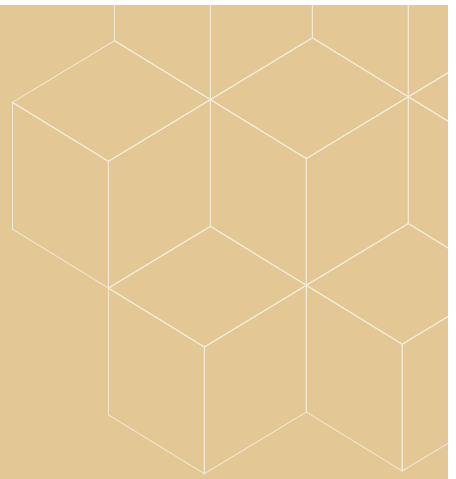
I. Éléments de biologie	14
II. Dynamique de population	33

CHAPITRE 2 - LA VARROOSE 38

I. Pathogénie de la varroose	41
II. Signes cliniques de la varroose	57
III. Conclusion	64

CHAPITRE 3 VIVRE AVEC *VARROA DESTRUCTOR* 66

Partie I : Méthodes d'évaluation du niveau d'infestation	68
I. Introduction à l'évaluation de l'infestation	70
II. Les méthodes	74
III. Bonnes corrélations et nuances	96
IV. Vers d'autres méthodes d'estimation	98
V. Conclusion	99



CHAPITRE 3

VIVRE AVEC VARROA DESTRUCTOR

(SUITE)

Partie II : Méthodes de lutte contre le varroa	100
I. Lutte par chimiothérapie	102
II. Méthodes de lutte biotechniques	145
III. Autres pistes de lutte	163
IV. Mesures zootechniques	166
V. Sélection des abeilles	167
VI. IPM	175

ANNEXES

181

I. Élevage de reines et <i>Varroa destructor</i>	182
II. Que faire en cas de varroose déclarée ?	185

BIBLIOGRAPHIE

188





1 LA BIOLOGIE DE *VARROA DESTRUCTOR*

I. ÉLÉMENTS DE BIOLOGIE 14

D'où vient <i>Varroa destructor</i> ?	14
Reconnaître le varroa	17
De quoi se nourrit le varroa ?	21
Cycle de vie	22
› Les varroas sur les abeilles adultes	23
› Les varroas dans le couvain	25
Histoires d'odeurs	31
› Le varroa utilise les odeurs pour se camoufler	31
› Le varroa utilise les odeurs pour son cycle de développement	31

II. DYNAMIQUE DE POPULATION 33

Augmentation de la population de varroas dans la colonie	33
Dispersion du varroa	35

I. ÉLÉMENTS DE BIOLOGIE

D'OÙ VIENT *VARROA DESTRUCTOR* ?

Le varroa est un acarien, décrit pour la première fois en 1904 à Java, en Indonésie, sur son hôte d'origine l'abeille asiatique *Apis cerana*. Il a été observé sur *Apis mellifera* dès 1957 au Japon. Après un transfert d'hôte d'*Apis cerana* vers *Apis mellifera*, le varroa s'est répandu à l'échelle mondiale à cause d'échanges et de transports d'abeilles. Il a été détecté pour la première fois en France métropolitaine en 1982, dans le Bas-Rhin ainsi que dans le Var. Malgré les efforts pour empêcher sa propagation, la France entière était déclarée infestée fin 1989. À ce jour, il n'est absent qu'en Australie, dans quelques régions d'Europe du Nord et dans certaines îles comme la Polynésie française, la Nouvelle-Calédonie. Il a été détecté au début du mois de juin 2021 dans les colonies de l'île d'Ouessant, unique territoire métropolitain encore indemne jusqu'à cette date.

Apis cerana est l'hôte d'origine de *Varroa destructor*. Cette abeille, plus petite qu'*Apis mellifera*, a coévolué avec le parasite. Chez elle, il n'entraîne pas les troubles graves que l'on connaît chez l'abeille européenne pour diverses raisons.



Apis cerana au Laos.

© J. Vandame

Le varroa a été détecté pour la première fois en France métropolitaine en 1982.

Il existe quatre espèces du genre *Varroa* :

- › ***Varroa underwoodi*** (décrite par Delfinado-Baker et Aggarwale en 1987), parasite d'*Apis cerana* au Népal ;
- › ***Varroa jacobsoni*** (décrite par Oudemans en 1904), parasite d'*Apis cerana* et d'*Apis mellifera* ;
- › ***Varroa rindereri*** (décrite par De Guzman et Delfinado-Baker en 1995), espèce se limitant au parasitisme sur l'abeille *Apis koschevnikovi* à Bornéo [De Guzman and Rinderer 1999] ;
- › ***Varroa destructor*** (décrite en 2000 par Anderson et Trueman), parasite d'*Apis cerana* et d'*Apis mellifera*.

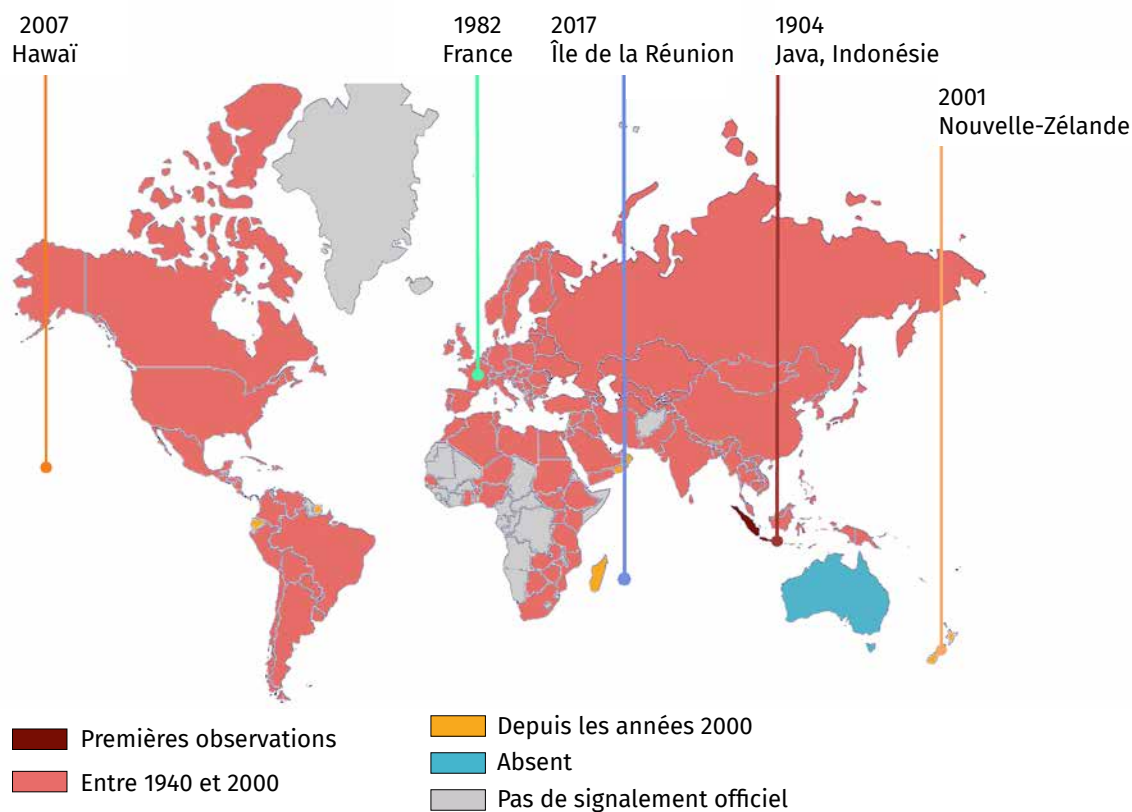
Deux espèces similaires au genre *Varroa* sont décrites :

- › ***Euvarroa wongsirii*** qui se développe dans le couvain de mâles d'*Apis andreniformis* en Thaïlande et en Malaisie ;
- › ***Euvarroa sinhai*** qui se reproduit dans le couvain de mâles d'*Apis florea* de l'Iran au Sri Lanka.

QUELQUES PRÉCISIONS SUR L'ESPÈCE *VARROA DESTRUCTOR*

Au sein même de l'espèce *Varroa destructor*, il existe soixante haplogroupes. Sont considérés comme appartenant à un même haplogroupe les varroas ayant une portion de la séquence nucléotidique codant pour le gène *cox1* (un gène spécifique du génome mitochondrial) qui est identique. Dans un même haplogroupe, s'il existe une différence mineure sur la séquence, c'est-à-dire le changement d'un seul nucléotide de la portion de séquence, on parle d'haplotype. Parmi tous les haplogroupes décrits chez *Varroa destructor*, seulement deux sont trouvés sur l'abeille européenne : l'haplogroupe coréen (K1) et le japonais (J1), dont les noms proviennent des îles où ils furent détectés initialement. L'haplogroupe K1 est majoritairement trouvé sur *Apis mellifera* à travers le monde [Solignac *et al.* 2005], alors que l'haplogroupe J1 est présent au Japon, en Thaïlande et sur le continent américain [Techer *et al.* 2019].

Les publications et communications antérieures à 2000 faisaient référence à *Varroa jacobsoni*. C'est en 2000 que la distinction entre *Varroa destructor* et *Varroa jacobsoni* a été faite, sur des critères morphologiques et génétiques [Anderson and Trueman 2000].



Carte de la diffusion spatiale du varroa à travers le monde.

Adaptation C. Riva

Initialement, seul *Varroa destructor* a colonisé *Apis mellifera*. *Varroa jacobsoni* avait été observé sur *Apis mellifera*, mais était incapable de se reproduire dans son couvain. En 2008, pour la première fois, *Varroa jacobsoni* a été observé se reproduisant chez *Apis mellifera* (dans le couvain de mâles et d'ouvrières) en Nouvelle-Guinée [Anderson 2008]. Cette infestation n'a pas été un cas isolé, et *Varroa jacobsoni* a commencé à tuer des colonies d'*Apis mellifera* en Papouasie. Pour l'instant cette infestation semble se confiner à la Mélanésie, mais la communauté craint l'expansion de *Varroa jacobsoni* sur *Apis mellifera*. En Thaïlande ont été observés des cas de co-infestation par *Varroa destructor* et *jacobsoni* et des cas d'hybridations entre les deux espèces [Dietemann et al. 2019].

RECONNAÎTRE LE VARROA

Lorsqu'une colonie est infestée, les seuls varroas visibles sur les abeilles sont les femelles adultes. Elles sont de couleur beige foncé à brun rougeâtre et de forme aplatie et ovale, avec un corps plus large que long (1,6 mm pour 1,1 mm). Elles sont repérables à l'œil nu. Les mâles varroas sont de taille bien inférieure (0,7 à 0,9 mm sur 0,7 à 0,8 mm) et sont de couleur beige clair. Tout comme les formes immatures, ils ne sont généralement pas visibles en dehors des cellules de couvain : ils ne peuvent pas se nourrir seuls et se dessèchent dès que la cellule est désoperculée. Le varroa présente des caractéristiques morphologiques typiques des acariens ; son corps est divisé en deux parties :

1. l'idiosome représente la quasi-totalité du corps ;
2. le gnathosome correspond à l'appareil buccal.

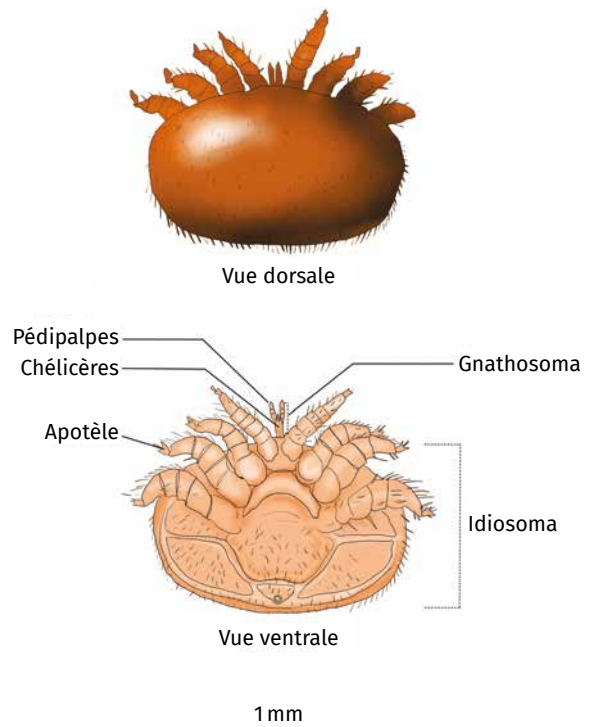


Illustration d'une femelle varroa adulte, face ventrale et face dorsale.

© M. Briand

L'idiosome porte quatre paires de pattes. Les pattes sont formées de sept articles (de la base à l'extrémité distale : le coxa, le trochanter, le fémur, le gèneual, le tibia, le tarse, et en dernier l'apotèle). L'apotèle (ou ambulacrum) de chaque patte est semblable à une ventouse qui permet au varroa d'adhérer aux supports.

La surface de la région dorsale est recouverte de soies fines mesurant entre 15 et 20 μm .

Le gnathosome est constitué par l'ensemble des pièces buccales. Il comprend les pédipalpes (dont les premiers articles s'assemblent ventralement pour former l'hypostome), les chélicères et la cavité buccale s'ouvrant à la base de l'hypostome :

- › les pédipalpes se trouvent latéralement et ont un rôle sensoriel. Chaque pédipalpe est composé de six articles dont le dernier, l'apotèle, est réduit à une griffe fourchue ;
- › les chélicères sont formées de trois articles, le dernier étant une pointe acérée qui comporte deux petites dents. Extrêmement mobiles, les chélicères coulissent indépendamment et sont adaptées pour percer le tégument de l'hôte ;
- › la bouche se prolonge vers l'intérieur par un pharynx, dont le système musculaire très puissant en fait une véritable pompe aspirante.

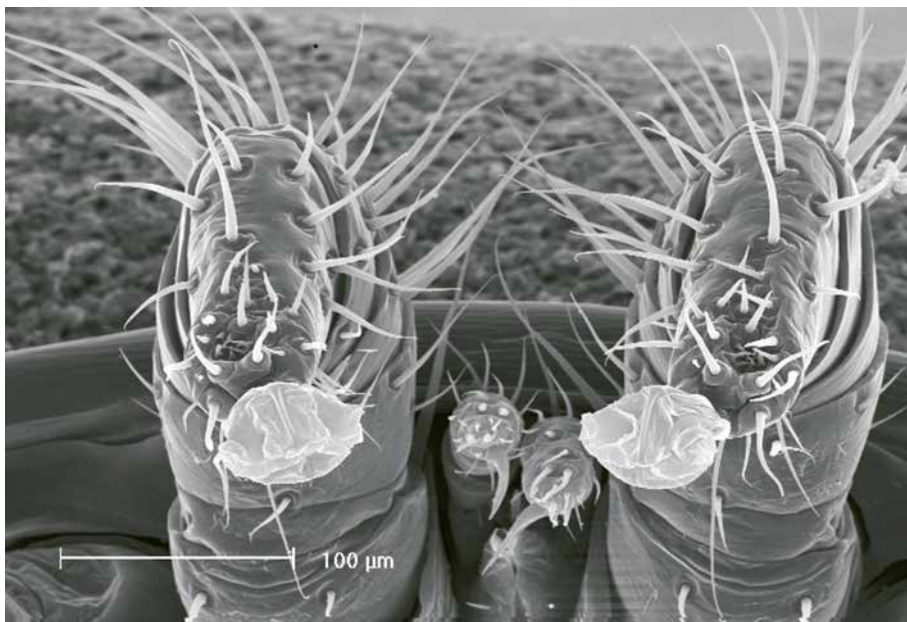
La femelle varroa possède plusieurs caractéristiques morphologiques qui en font un parasite externe (ou ectoparasite) très bien adapté à son hôte. Un corps plus large que long, fortement aplati, et des pattes positionnées latéralement : le corps du varroa est parfait pour se glisser entre les segments de l'abdomen des abeilles adultes, ce qui lui permet :

- › d'échapper aux mouvements d'épouillage de l'hôte et d'atteindre les minces membranes intersegmentaires pour se nourrir ;
- › de se déplacer sous la larve, puis autour de l'abeille en développement dans les alvéoles.

**Le corps du varroa est parfait
pour se glisser entre les segments
de l'abdomen des abeilles adultes...**

La ventouse qui termine l'apotele de chaque patte permet au varroa de se maintenir sur la partie supérieure de la paroi de l'alvéole. Son appareil buccal est de type piqueur-sueur, et les chélicères du varroa – par rapport aux chélicères d'autres acariens – sont morphologiquement adaptées pour la perforation du tégument des abeilles [de Lillo *et al.* 2001].

Comme tous les arachnides, le varroa possède huit pattes, mais pas d'antennes. Six de ces huit pattes lui servent à se déplacer. Le varroa n'a pas d'yeux. En revanche, sur les tarses de la première paire de pattes se situe une cavité sensorielle qui lui permet de percevoir les odeurs [Dillier *et al.* 2001]. Cette paire de pattes antérieures toujours tendue vers l'avant ne sert pas à la locomotion, mais à l'exploration de l'environnement.



Prise de vue au microscope électronique à balayage des pattes avant de *Varroa destructor* avec la cavité sensorielle dont la fonction est l'odorat. Prise de vue frontale et de dessous.

Dans le centre, on aperçoit les pédipalpes et les chélicères en forme de sabre. Les pattes avant portent de longs poils tactiles et à l'extrémité, les ventouses mobiles. Le « nez » de l'acarien se situe sur la partie supérieure des pattes, quelque peu à l'extérieur, pratiquement à l'extrémité, caché dans la cavité sensorielle (prise de vue de Mme M. Vlimant, université de Neuchâtel, avec l'autorisation du Dr Franz-Xaver Dillier, publiée dans la *Revue suisse d'apiculture*, 98, 2001, 462-468 [Dillier *et al.* 2001]).

LE « POU » DE L'ABEILLE, *BRAULA COECA*

Il ne faut pas confondre le varroa avec la braule. *Braula coeca* est un insecte classé parmi les diptères, qui possède donc six pattes. Cet insecte était présent dans les colonies d'abeilles mellifères. Désormais il est devenu rare, ses populations ayant sans doute été décimées par les traitements acaricides de lutte contre le varroa. Une braule adulte mesure 1,5 mm de long et vit sur la tête et le thorax des abeilles adultes, avec une préférence particulière pour la reine. Cette position permet à la braule de se nourrir de miel et de pollen directement de la bouche de son hôte pendant la trophallaxie. Sa présence nuit peu à la colonie et elle est considérée tantôt comme un parasite, tantôt comme un commensal (c'est-à-dire sans avantage, ni véritable inconvénient pour l'abeille).

Braula coeca

© V. Breton, Landes (40), 2016



La braule a une préférence pour la reine.

Ici, cette reine est fortement infestée par des braules visibles sur son thorax et sa tête. Une reine porteuse d'un si grand nombre de braules est ralentie dans ses déplacements et probablement dans sa ponte.

© A. Ménage, Quessant, 2018.

DE QUOI SE NOURRIT LE VARROA ?

Il est commun de dire que le varroa se nourrit de l'hémolymphe de l'abeille. Comme notre sang, l'hémolymphe des insectes sert à véhiculer des éléments tels que les métabolites, les nutriments, les hormones, l'eau et les déchets, vers les organes appropriés.

Dès 1987, deux chercheurs allemands ont associé l'infestation par le varroa à une réduction d'un organe important de l'abeille appelé le **corps gras** [Drescher and Schneider 1987]. Ce tissu, ou organe diffus¹, car non délimité par une membrane, remplit des fonctions multiples, équivalentes à celles du foie des mammifères. Le corps gras est impliqué dans la mise en réserve des nutriments, dans les processus de détoxification, ainsi que dans la synthèse et le stockage de substances telles que la vitellogénine (voir encadré page suivante), etc. Son bon développement est essentiel à la survie des abeilles d'hiver. En 2018, des travaux portant sur un système de maintien en vie au laboratoire de varroas sur des nymphes en développement a permis d'observer le comportement d'alimentation du parasite [Egekwu *et al.* 2018].

Le varroa se nourrit de l'hémolymphe et du corps gras de l'abeille.

Dans une cellule operculée, le varroa semble pouvoir se nourrir sur n'importe quelle partie de la nymphe, mais a une préférence pour l'abdomen où il établit par piqûre son site de nourrissage. Le corps gras est bien développé dans cette partie inférieure de l'abdomen. En croisant les observations, les chercheurs émettent l'hypothèse que le varroa se nourrirait aussi du corps gras. Les travaux de Samuel Ramsey *et coll.* ont étayé cette hypothèse [Ramsey *et al.* 2019]. Donc, le varroa ne se nourrit pas uniquement de l'hémolymphe des abeilles, mais aussi du corps gras. Au vu des fonctions variées et centrales du corps gras pour la santé de l'insecte, l'apiculteur peut aisément concevoir les conséquences néfastes que peut avoir le varroa sur la santé de ses abeilles.

1 – Pour plus d'informations sur cet organe, lire l'article de J. Kievits, dans [LSA 302 p. 165-179, « Les abeilles grasses »](#).

LIEN ENTRE UNE PROTÉINE – LA VITELLOGÉNINE –, LE VARROA ET LA LONGÉVITÉ DES ABEILLES

La vitellogénine est une protéine synthétisée et stockée au niveau du corps gras. Le taux de protéines totales (dont la vitellogénine) mesuré chez les abeilles est significativement plus faible lorsque le stade nymphal a subi le parasitisme du varroa [Amdam *et al.* 2004]. La vitellogénine se trouve en grande quantité chez la reine, les nourrices et les abeilles d'hiver, et en moindre quantité chez les butineuses [Corona *et al.* 2007]. Elle est impliquée dans la production de la bouillie larvaire et de la gelée royale ainsi que dans l'organisation des tâches des ouvrières [Amdam *et al.* 2003]. La vitellogénine sert également dans la protection contre le stress oxydatif² [Havukainen *et al.* 2013 ; Seehuus *et al.* 2006] et joue un rôle important dans l'espérance de vie des abeilles [Corona *et al.* 2007].

De manière générale, la diminution du taux de cette protéine peut donc avoir un effet négatif sur la longévité des abeilles, et des conséquences dramatiques sur la survie de la colonie, notamment lorsque cela concerne les abeilles d'hiver.

La diminution du taux de cette protéine à cause du varroa est une explication possible de l'effet négatif du parasite sur la durée de vie des abeilles infestées.

La réduction de l'espérance de vie des abeilles peut être l'un des facteurs explicatifs de la surmortalité des colonies [Dainat *et al.* 2012]. En effet, si les ouvrières ont une durée de vie écourtée, la population de la colonie diminue. Au-dessous d'un nombre critique d'abeilles, la colonie ne peut plus réguler sa température et meurt, malgré les réserves accumulées.

CYCLE DE VIE

Le varroa a un cycle de vie en deux phases :

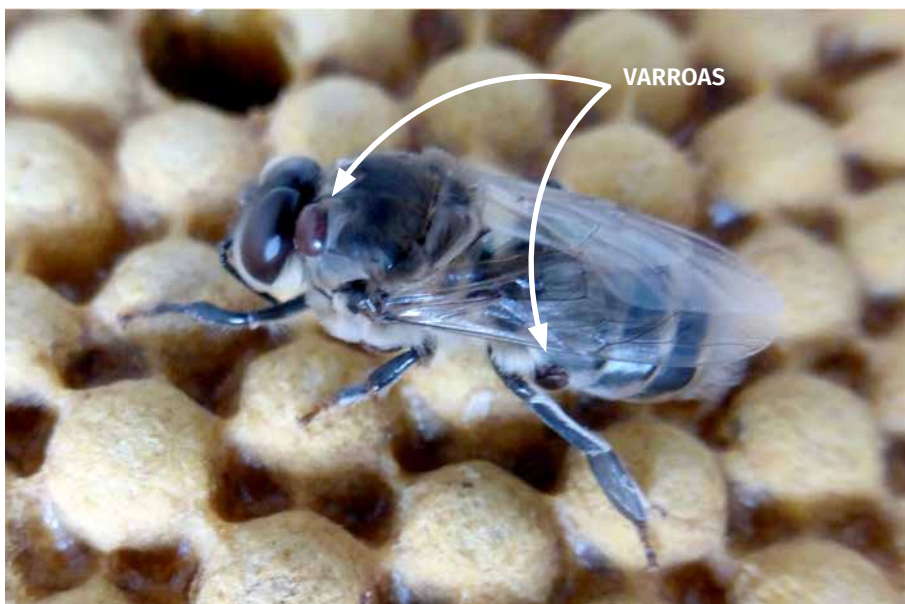
- › la phase de phorésie, aussi appelée phase de dispersion, sur les abeilles adultes ;
- › la phase de reproduction, dans le couvain.

2 – Stress oxydatif : le stress oxydant (ou oxydatif) est une agression des cellules par des radicaux libres produits par l'organisme lors de la respiration cellulaire. Les radicaux libres sont des atomes ou molécules résultant du métabolisme cellulaire de l'oxygène et possédant un électron non apparié. Cet électron les rend instables et très réactifs vis-à-vis des autres molécules de la cellule, de sorte que les radicaux libres vont essayer de gagner ou de donner un électron à ces molécules, les rendant instables à leur tour, ce qui entraîne une réaction en chaîne à l'origine du stress oxydant. Le stress oxydant est connu pour générer un vieillissement prématuré des cellules et donc par conséquent des organismes.

Les varroas sur les abeilles adultes

À leur émergence, les jeunes abeilles portent sur elles les varroas femelles matures. Ces varroas sont dits en phase de phorésie. On peut parfois en apercevoir se déplaçant rapidement sur les cires, mais ce ne sont que de courts déplacements transitoires. Les varroas restent le plus souvent sur des abeilles, généralement cachés entre deux segments de leur abdomen. Cette position rend très difficile l'observation des varroas phorétiques, dont la population peut être importante dans la colonie sans que l'apiculteur s'en rende compte.

L'abdomen de l'abeille comprend sept segments, chacun étant formé d'une partie supérieure (le tergite) et d'une partie inférieure (le sternite). Les emplacements privilégiés par un varroa phorétique sont sous le sternite ou sous le tergite du troisième segment abdominal de son hôte. Cette position met le varroa à l'abri de la plupart des tentatives des ouvrières pour faire tomber ce passager gênant. Lors de la phase de phorésie, la femelle adulte varroa se nourrit régulièrement par des ponctions sur l'hôte.



Ce mâle est infesté par deux varroas, l'un étant facilement visible sur son thorax, et le second caché sur le côté de son abdomen.

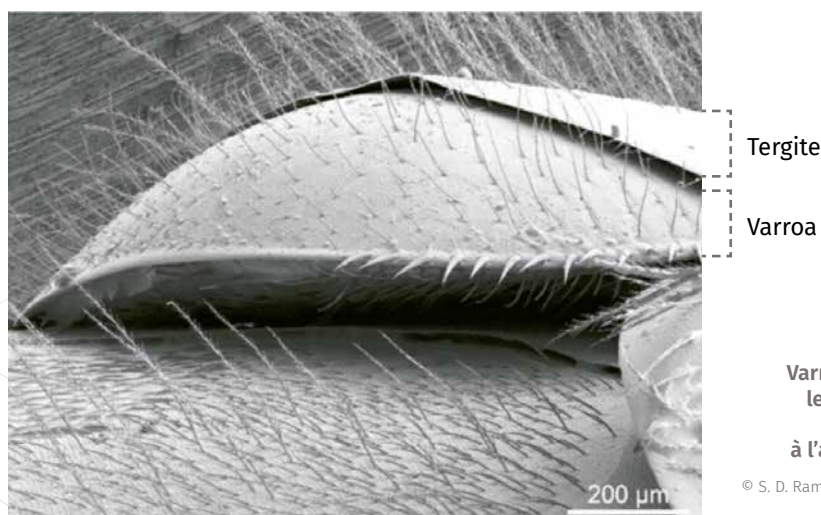
© C. Riva

Les varroas phorétiques ont une préférence nette pour les abeilles nourrices, par rapport aux jeunes émergentes et aux butineuses.

Les varroas phorétiques ont une préférence nette pour les abeilles nourrices, par rapport aux jeunes émergentes et aux butineuses [Xie *et al.* 2016]. Cette préférence n'est pas anodine. Les varroas qui ont passé leur phase de phorésie sur des abeilles nourrices ont un taux de fertilité plus important que ceux qui l'ont passée sur d'autres stades d'ouvrières. La physiologie des ouvrières varie selon leur âge, et les nourrices ont, entre autres, des taux plus élevés de protéines dans leur hémolymph et des corps gras plus développés dans leur abdomen. Ces caractéristiques physiologiques pourraient expliquer que les varroas menant leur phase de phorésie sur les nourrices aient une meilleure fertilité. Les nourrices sont en contact direct avec le couvain, ce qui pourrait être en lien avec la préférence des varroas phorétiques pour ces abeilles.

En présence de couvain, la phase phorétique dure entre 4,5 et 11 jours [Fries *et al.* 1994] et peut permettre :

- › la maturation des spermatozoïdes à l'intérieur des voies génitales des jeunes varroas femelles [Häußermann *et al.* 2016] (le temps de maturation est de cinq jours environ après l'accouplement) ;
- › la dissémination du parasite.



Varroa accroché sous le troisième tergite de l'abdomen, à l'abri du toilettage.

© S. D. Ramsey [Ramsey *et al.* 2019]

LE SAVIEZ-VOUS ?

La définition du mot « phorésie » est la suivante : mode de déplacement à grande distance de certains arthropodes, qui se fixent sur un animal (insecte, oiseau, chauve-souris). Le mot est dérivé du grec *phorêsis* : action de porter. Mais le varroa ne se sert pas de l'abeille adulte uniquement comme d'un moyen de transport : il s'en nourrit également. Le mot phorésie, quoique largement utilisé, est donc un abus de langage concernant le varroa, et l'expression « phase de dispersion » serait plus appropriée.

Les varroas dans le couvain

Le cycle de reproduction du varroa a lieu dans le couvain.

La femelle varroa adulte, appelée « fondatrice », sort de sa phase phorétique et pénètre dans une cellule de couvain peu de temps avant son operculation – environ 20 heures pour une cellule d'ouvrière, 40 heures pour une cellule de mâle [Boot *et al.* 1992 ; Ifantidis 1988]. La fondatrice se déplace sur la larve et se loge dessous, au fond de la cellule dans la bouillie larvaire, où elle reste cachée, à l'abri des nourrices, jusqu'à l'operculation de la cellule.



Deutonymphes de varroa mâle, à gauche, et femelle, à droite.

© C. Riva

Le couvain de mâles est infesté environ huit fois plus que celui des ouvrières.

Le couvain de mâles est infesté environ huit fois plus que celui des ouvrières [Fuchs 1990]. Cette tendance s'explique notamment par un temps de soin plus long prodigué au couvain de mâles par les nourrices. Il est très rare d'observer des varroas dans les cellules royales (couvain de reines), sauf si certaines conditions sont réunies : colonie fortement infestée et élevage de reines en quasi-absence de couvain ouvert. L'apiculteur qui réalise des élevages artificiels de reines tardifs doit prendre en compte cette possibilité de parasitisme. (Voir annexe 1, « Élevage de reines et *Varroa destructor* », page 182).

Chez le varroa, les embryons mâles sont haploïdes (c'est-à-dire possédant un jeu de sept chromosomes) et les femelles diploïdes (deux jeux de chromosomes), on parle de reproduction par parthénogenèse arrhénotoque haplodiploïdique. Que ce soit dans le couvain d'ouvrières ou de mâles, le premier œuf est pondu par la fondatrice environ 70 heures après l'operculation de l'alvéole [Donzé and Guerin 1994 ; Martin 1995]. Cet œuf, et uniquement lui, donnera un varroa mâle. Tous les autres descendants seront des femelles [Martin 1994], le rythme de ponte étant d'un œuf toutes les 30 heures environ [Donzé and Guerin 1994]. La fondatrice peut ainsi pondre un total de cinq œufs par cycle.

Les jeunes varroas passent par deux stades immatures :

1. la protonymphé : d'abord mobile, elle devient immobile quelques heures avant une première mue ;
2. la deutonymphé : d'abord mobile, elle devient immobile avant la mue imaginale qui l'amène au stade adulte sexuellement mature.

Le site de nourrissage est localisé dans la plupart des cas sur le deuxième segment ventral de l'abdomen de la nymphe, du côté gauche.

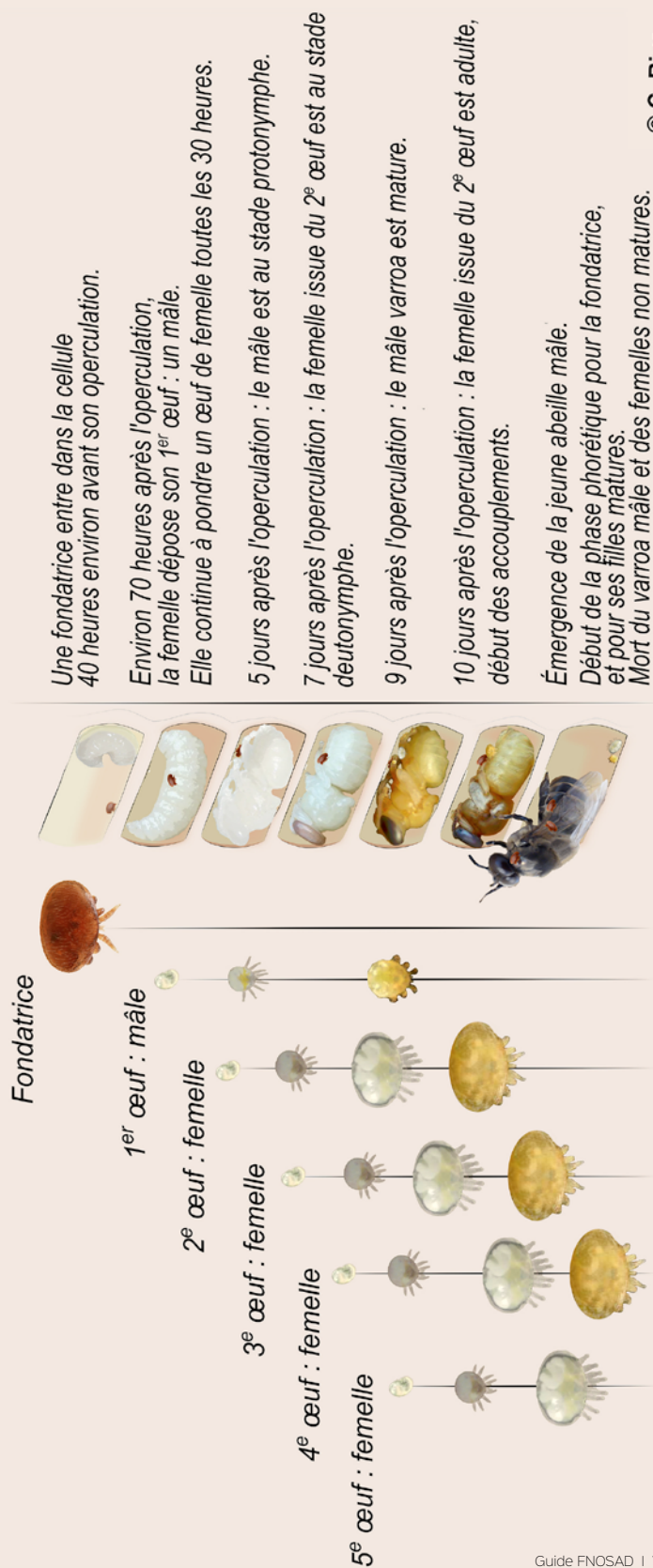
Il est reconnaissable grâce à l'accumulation de mélanine, une réaction immunitaire de l'abeille, là où la cuticule a été percée.

Percé par la fondatrice, il permet au mâle et aux jeunes femelles de se nourrir.

© C. Bieli



CYCLE DE REPRODUCTION DU VARROA DANS UNE CELLULE DE COUVAIN MÂLE



© C. Riva

Le cycle de reproduction du varroa se déroule dans le couvain operculé.

Les formes immatures mobiles se nourrissent sur la nymphe d'abeille. Pour cela, la fondatrice perce la cuticule de la pronymphe lors de sa mue vers le stade nymphal, créant ainsi un «site de nourrissage». Ce site est essentiel pour la nutrition du mâle et des jeunes femelles varroas qui ne sont pas capables de percer par eux-mêmes la cuticule. Près du site de nourrissage, la fondatrice établit un lieu d'accumulation fécale sur le plafond de l'alvéole. Ce lieu de dépôt de toutes les fèces est visible à l'œil nu après l'ouverture de l'alvéole.



Les fèces ressemblent à du chewing-gum blanc nacré collé à la paroi.

Les petits points en périphérie correspondent à des déjections individuelles, et leur accumulation constitue le chewing-gum... Les filaments sont les restes de la mue de la larve/nymphe.

© V. Dietemann

Depuis la ponte, le stade adulte est atteint après 6,6 jours environ pour le mâle, et 5,8 jours pour une femelle [Rosenkranz *et al.* 2010]. Compte tenu de l'intervalle de ponte entre les deux premiers œufs, le mâle atteint l'âge adulte une vingtaine d'heures avant la première femelle. Le mâle attend donc que la première femelle achève sa mue imaginale pour s'accoupler avec elle ; le premier accouplement se déroule environ 230 heures après l'operculation, dans le couvain d'ouvrières comme dans celui de mâles [Donze *et al.* 1996]. Il s'accouple ensuite avec ses autres sœurs au fur et à mesure qu'elles arrivent à maturité. Il peut aussi s'accoupler avec les jeunes femelles varroas engendrées par une autre fondatrice dans le cas de pluri-infestation de la cellule.

La phase de reproduction est interrompue par l'émergence de l'abeille. Seules les femelles varroas adultes (mère et filles) survivent dans la ruche, où elles parasitent les abeilles adultes. Les femelles encore immatures au moment de l'émergence, ainsi que les mâles, sont voués à mourir rapidement [Donzé 1995].

En conditions naturelles, une femelle entreprend entre 1,5 et 3 cycles de reproduction au cours de sa vie [Fries and Rosenkranz 1996] [Martin and Kemp 1997]. Le nombre de cycles semble dépendant de facteurs tels que la disponibilité en couvain et le taux de succès de fécondation des femelles.

CONSANGUINITÉ CHEZ LE VARROA

Les mâles varroas réalisent entièrement leur cycle de vie à l'intérieur de l'alvéole operculée, c'est donc là que se déroulent les accouplements. La reproduction du varroa est donc consanguine – entre le frère et ses sœurs. Mais est-ce bien toujours le cas ?

Lorsqu'il y a peu de varroas et beaucoup de couvain, les alvéoles ne sont parasitées que par une fondatrice. Mais quand le nombre de varroas augmente dans la colonie, ou que la quantité de couvain diminue, plusieurs fondatrices peuvent infester une même cellule de couvain. Cette situation de co-infestation tend à augmenter en fin de saison [Beaurepaire *et al.* 2017]. Si les fondatrices ne sont pas de la même lignée, la co-infestation peut être source de diversification génétique chez le varroa. La présence de fondatrices de lignées différentes peut être favorisée par les phénomènes de dérive ou de pillage et facilitée dans les ruchers comportant de nombreuses colonies [Dynes *et al.* 2017].

Entre 0,7 et 1,5 nouvelle femelle varroa est produite à chaque cycle de reproduction se déroulant dans une cellule d'abeille ouvrière ; alors qu'une fondatrice effectuant son cycle dans du couvain de mâles produit en moyenne 2,9 jeunes femelles varroas [Martin 1998]. Jusqu'à 10 % de ces femelles ne seront pas fécondées. Ce scénario se présente notamment lorsque le mâle est mort avant l'accouplement. Si les femelles vierges sont matures, elles peuvent tout de même entrer en phase de phorésie, puis infester une alvéole de couvain. La reproduction par parthénogenèse arrhénotoque haplodiploïdique du varroa permet aux femelles non fécondées de pondre un œuf qui produira un mâle, ce dernier, une fois mature, pourra féconder sa mère [Häußermann *et al.* 2019].

En période d'élevage du couvain, on estime qu'environ 80 % des varroas sont dans le couvain operculé, contre 20 % sur les abeilles adultes. La valeur reste cependant indicative, car dépendante de facteurs tels que la quantité de couvain. Cette donnée est importante à prendre en compte par l'apiculteur, sachant que seuls les varroas phorétiques sont atteints par les acaricides généralement appliqués.

Dans ce couvain de mâles a eu lieu une importante reproduction des fondatrices : de nombreuses formes immatures du varroa sont observables.

Il s'agit d'une portion de couvain de mâles découpé d'un rayon (en application d'une méthode de lutte dite biotechnique, voir chapitre 3) et dont les alvéoles ont été ouvertes et vidées de leurs nymphes à l'aide d'une herse à désoperculer (par « embrochage » transversal).

© A. Bigot



HISTOIRES D'ODEURS

Les phéromones jouent un rôle important dans la reconnaissance entre les individus, dans la cohésion et l'organisation d'un groupe tel qu'une colonie d'abeilles.

Dès le début des études portant sur la biologie du varroa, le rôle des substances odorantes a été démontré.

Le varroa utilise les odeurs pour se camoufler

Chez les insectes, et de fait chez l'abeille domestique, la signature chimique de la colonie est fondée sur des variations dans les hydrocarbures cuticulaires³. Cela permet de différencier les individus appartenant à la colonie des autres, ce qui est essentiel pour lutter contre le pillage par exemple. Le varroa est particulièrement bien adapté à ces environnements chimiques variables. L'analyse de son profil d'hydrocarbures cuticulaires a montré qu'il est capable de mimer celui des abeilles de la colonie qu'il parasite. Les proportions de ces composés peuvent varier selon le stade des abeilles, et le varroa est capable de s'adapter à ces variations [Martin *et al.* 2001].

Afin de ne pas être reconnu comme un étranger, le varroa est capable de mimer la signature cuticulaire de la colonie qu'il parasite.

Le varroa utilise les odeurs pour son cycle de développement

En 1986, des expériences en laboratoire ont permis de montrer que le varroa peut distinguer les abeilles d'intérieur des butineuses grâce à un effet répulsif de la phéromone de Nasonov, dont la production dépend de l'âge de l'abeille.

3 – Les hydrocarbures cuticulaires sont des lipides trouvés sur la cuticule des arthropodes. Ces composés chimiques ont de nombreuses fonctions, parmi lesquelles celle de barrière contre la déshydratation de l'organisme, et des rôles majeurs dans la communication chimique entre les insectes.

Le processus d'infestation du couvain semble se faire sous l'influence de substances chimiques issues de la cuticule des larves et attractives pour le varroa. L'hypothèse a été initiée par les travaux de Le Conte et coll. [Le Conte *et al.* 1989] qui mettaient en évidence l'attraction des parasites pour certains esters d'acides gras retrouvés dans la cuticule des larves du cinquième stade. Ces résultats ont été confirmés par la suite [Rickli *et al.* 1992], mais la nature exacte des composés cuticulaires attirant le varroa reste sujette à discussion [Calderone and Lin 2001].

DÉFINITIONS

Composés sémiochimiques : composés chimiques, synthétisés par des organismes, qui affectent la physiologie ou le comportement d'autres organismes au sein d'une espèce ou entre espèces différentes. Les substances sémiochimiques intraspécifiques comprennent les phéromones. La vie dans la colonie est régie par un équilibre complexe de phéromones. Les substances sémiochimiques, qui agissent sur d'autres individus d'espèces différentes (interspécifiques) pour modifier leur comportement sont appelées allélochimiques.

Une kairomone est une substance allélochimique utile à l'animal ou au végétal qui la reçoit. Une kairomone peut par exemple intervenir dans la rencontre hôte-parasite. Ainsi, la larve d'abeille, pour être operculée, sécrète des phéromones attirant les ouvrières qui vont mettre en place l'opercule. Le varroa détecte ces molécules et s'en sert comme signal d'infestation de la cellule ; pour le varroa, ces mêmes molécules sont donc des kairomones.

La place de l'odorat dans le développement du varroa a amené une piste pour la recherche sur la lutte contre celui-ci. Perturber l'environnement olfactif du parasite est en effet une voie alternative pour gérer l'infestation. (Voir « Autres pistes de lutte », page 163).

II. DYNAMIQUE DE POPULATION

AUGMENTATION DE LA POPULATION DE VARROAS DANS LA COLONIE

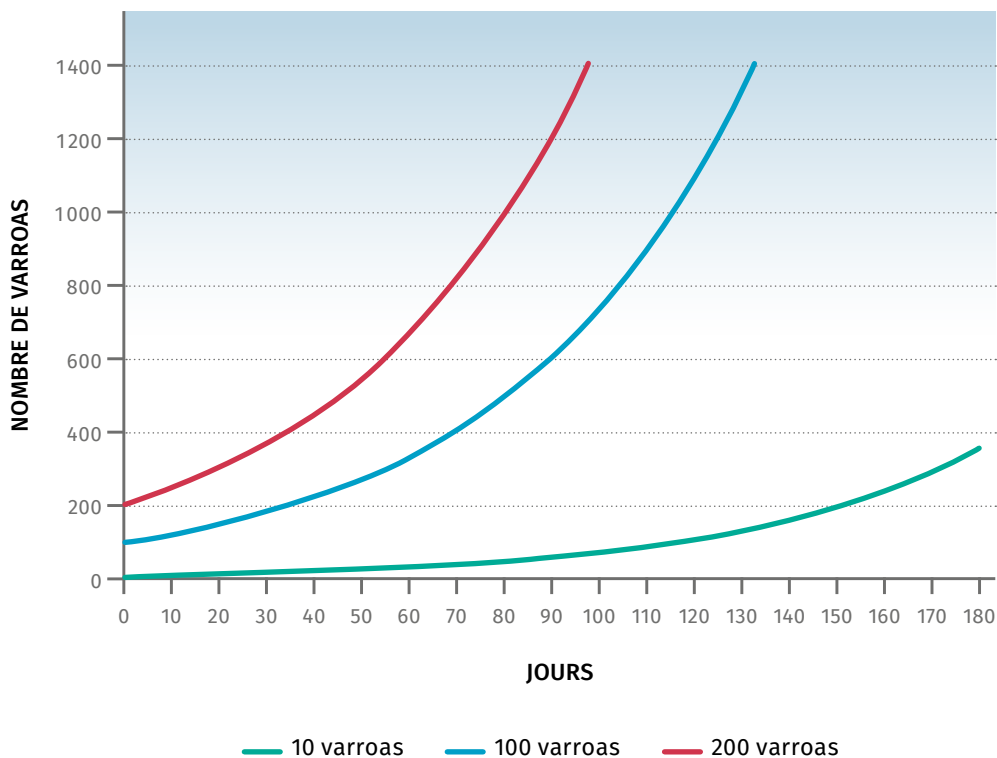
Le développement de la population de varroas est dépendant de celui de la colonie. Pendant la période estivale, l'infestation s'accroît en parallèle du couvain élevé par les abeilles. Le nombre de parasites présents dans la colonie en début de phase estivale reste un paramètre déterminant pour l'évolution du taux d'infestation au cours de la saison. Une étude portant sur 35 colonies suggère une augmentation d'un facteur 100 de la population de varroas en l'espace d'un été [Fries *et al.* 1991].

Durant la saison hivernale en revanche, la réduction du couvain d'ouvrières et l'absence totale de couvain de mâles, voire l'arrêt total de la ponte, impactent largement la reproduction du varroa. Des observations au Royaume-Uni des familles de varroas dans du couvain montrent une mortalité significativement plus importante des varroas mâles en hiver par rapport à la période estivale (42 % contre 18 % respectivement) [Martin 2001a ; Martin 1994]. Il s'ensuit que, dans du couvain d'ouvrières, seulement 34 % des fondatrices engendrent de jeunes femelles fécondées (contre 68 % en été), impliquant une baisse de moitié du nombre de varroas filles fécondées.

Sans traitement, la population de varroas augmente dans la colonie au fil des ans [Fries *et al.* 1994]. Les facteurs qui semblent influencer le plus la croissance de la population du parasite sont la durée de la période de butinage et d'élevage du couvain [Wilkinson and Smith 2002].

La puissance parasitaire du varroa s'explique entre autres par la parfaite synchronisation de son cycle de développement avec celui de l'abeille domestique.

La modélisation temporelle de la population de varroas [Calis *et al.* 1999] prédit notamment qu'un étalement de la période d'élevage du couvain (lié à un climat très doux) implique une augmentation drastique de l'infestation. La puissance parasitaire du varroa s'explique entre autres par la parfaite synchronisation de son cycle de développement avec celui de l'abeille domestique.



Augmentation du taux d'infestation par varroa sur 180 jours, en fonction du nombre initial de parasites dans la colonie. Seul un nombre faible de 10 varroas environ permet de rester sous le seuil critique de 1000 varroas sur la période considérée.

Référence : Managing varroa – The Food and Environment Research Agency (2010) [Fera, The Food and Environment Research Agency 2010].

NOTION DE SEUIL : COMBIEN DE VARROAS POUR TUER UNE COLONIE ?

Le varroa ne peut pas être éradiqué, sa gestion consiste à garder sa population au-dessous d'un seuil dommageable. On peut distinguer :

- › le seuil économique de l'infestation de varroa, notamment la charge parasitaire affectant la récolte de miel ;
- › le seuil sanitaire, c'est-à-dire la charge parasitaire déclenchant les signes cliniques de la varroose.

Une valeur seuil est dépendante de facteurs tels que la région, le nombre d'abeilles dans la colonie, la possibilité de recontaminations et la présence des virus pathogènes de l'abeille. Il reste difficile d'attribuer un seuil d'apparition des signes cliniques de la varroose. Répondre à la question « combien de varroas vont tuer une colonie » n'est donc pas simple. Des modèles mathématiques estiment qu'environ 2 000 à 3 600 varroas peuvent causer l'effondrement d'une colonie de 30 000 à 40 000 ouvrières [Martin 2001b]. Mais nous n'avons que rarement accès au nombre réel de varroas et devons nous fier à des estimations. Les seuils sont donc le plus souvent donnés en « nombre de varroas pour 100 abeilles » ou bien en « chute naturelle de varroas par jour ».

L'apiculteur n'a pas accès au nombre total de varroas dans les colonies et doit se référer à des méthodes d'estimations. Pour en savoir plus sur le comptage des varroas et les valeurs seuils associées, voir le chapitre 3.

DISPERSION DU VARROA

Le varroa n'est pas équipé pour se déplacer sur de longues distances. Il ne peut pas quitter par ses propres moyens la colonie où il se trouve pour aller infester d'autres colonies. Pourtant, le varroa est mondialement réparti dans les colonies d'abeilles domestiques. L'apiculteur qui suit l'infestation de ses colonies après traitement peut être un témoin direct du potentiel de dispersion du varroa. Le transfert d'une colonie à une autre se fait donc par l'intermédiaire des abeilles. L'importance des « recontaminations » ne doit pas être négligée par les apiculteurs et met en valeur l'intérêt des **luttes collectives** contre le parasite.

Nous avons évoqué dans le paragraphe sur le cycle de vie du varroa que le parasite a une préférence pour les nourrices. Mais cette préférence tend à s'estomper lorsque l'infestation augmente, ce qui facilite davantage la dispersion du varroa.

La transmission du parasite entre les colonies peut se faire de diverses façons. Selon un mode vertical, lorsque la colonie se reproduit par essaimage (naturel ou artificiel) permettant ainsi à une partie des varroas de la colonie mère, présents sur les abeilles, de se retrouver dans la ou les colonies filles. Selon un mode horizontal et par contact, à l'occasion du pillage surtout, de la dérive de façon variable, et de manière assez marginale lors du butinage.

Lors du pillage, le contact entre les abeilles voleuses et celles de la colonie pillée permet le transfert de varroas entre elles. Lorsque cette dernière est fortement infestée, les voleuses ramènent certes du miel dans leur ruche, mais probablement beaucoup de varroas aussi.

La dérive des mâles et des ouvrières permet une introduction simultanée d'une abeille étrangère et de son ou ses parasites dans une nouvelle ruche. Elle peut être favorisée par certains facteurs, en particulier la forte densité des colonies, la disposition des ruches au sein d'un rucher de même que l'absence de signes distinctifs entre elles ou de repères pour les abeilles.

Le butinage d'une même fleur peut conduire à un contact entre abeilles de différentes colonies, et s'accompagner d'un transfert de parasite, mais ce mode de propagation joue sans doute un rôle mineur dans la dispersion de l'acarien.

Ces possibilités de dispersion du parasite *Varroa destructor* le rendent redoutable, car non seulement ce dernier est capable de provoquer l'effondrement de colonies, mais aussi de réinfester de nouvelles colonies, au lieu de disparaître avec son hôte initial.



**Femelle varroa adulte
sur une nymphe.**

© P. Falatico



À l'échelon local, les abeilles
disséminent les varroas
de ruche en ruche.





2

LA VARROOSE

I. PATHOGÉNIE DE LA VARROOSE 41

Action spoliatrice	41
Effets sur le poids de l'abeille	42
Induction d'anomalies morphologiques	42
Réduction de l'espérance de vie	43
Action sur les glandes hypopharyngiennes	45
Altération des capacités cognitives	47
Effets sur les mâles	48
Action immunopathogène de <i>Varroa destructor</i>	48
Transmission d'agents infectieux pour l'abeille	50
Interaction du varroa avec d'autres facteurs	54
Pathogénie à l'échelle de la colonie	56

II. SIGNES CLINIQUES DE LA VARROOSE 57

III. CONCLUSION 64

Le mot varroose désigne l'affection complexe liée au parasitisme de *Varroa destructor*. En effet, comme dans l'étiologie de nombreuses maladies, on observe ici l'action d'un agent causal (le varroa) associée à celle de facteurs favorisant l'apparition des signes cliniques. Dans le cas de la varroose, ces facteurs ont un rôle particulièrement aggravant et on peut estimer que toute cause qui porte atteinte à l'état sanitaire de la colonie d'abeilles favorise l'apparition de la varroose. D'ailleurs, en l'absence de tels facteurs, les colonies peuvent supporter des niveaux d'infestation parasitaire importants avant que la varroose se manifeste. Il est à noter que parmi les divers signes cliniques observés sur les abeilles et leurs colonies, tous ne sont pas attribuables à l'action directe du varroa.

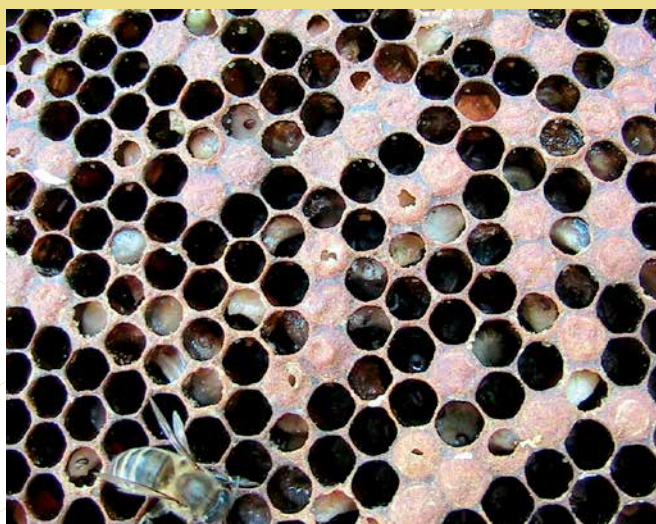
Ce chapitre a pour objet la description des mécanismes entraînant le déclenchement de la varroose, puis les signes cliniques pouvant être observés par l'apiculteur ou un intervenant sanitaire lors de la visite des colonies. Dans chacune de ces parties, l'atteinte et l'expression clinique sont décrites à l'échelle de l'abeille en tant qu'individu et à l'échelle de la colonie.

DÉFINITIONS

Étiologie : étude des causes et de l'origine des maladies.

Pathogénie : processus responsable(s) du déclenchement et du développement d'une maladie – étude des mécanismes entraînant le déclenchement ou description du déroulement (évolution) d'une maladie.

Signes cliniques : manifestations visibles et objectives d'une maladie, que l'on détecte lors d'un examen.



Couvain en mosaïque atteint de varroose avec des alvéoles en partie désoperculées et mortalité d'immatures.

© L. Vilagines

I. PATHOGÉNIE DE LA VARROOSE

Le varroa a de multiples effets néfastes sur les individus qu'il parasite à différents stades de leur vie, et selon le nombre d'individus atteints, des répercussions graves se produisent sur l'ensemble de la colonie. Mieux comprendre les conséquences de l'infestation par le varroa permet de mieux appréhender l'importance du contrôle de ce parasite.

ACTION SPOLIATRICE

Un parasite qui vit aux dépens de son hôte est par définition spoliateur. Nous avons vu en première partie que le varroa se nourrit de l'hémolymphe et du corps gras, sur les abeilles adultes et les immatures. La littérature scientifique décrit davantage l'action spoliatrice du varroa chez les nymphes, et les conséquences que cela engendre pour l'abeille émergente.

Dans une cellule de couvain operculée, la spoliation d'une femelle varroa et de sa descendance peut représenter 20 % de l'hémolymphe d'une nymphe, sachant que la fondatrice en prélève environ 0,67 μL^4 par 24 heures et que la quantité moyenne chez une nymphe non parasitée est d'environ 116 μL . La teneur en eau des abeilles est réduite. La perte en eau induite par ces ponctions est aggravée par un autre mécanisme : en se nourrissant, le varroa semble également perturber les quantités des hydrocarbures cuticulaires de l'abeille, altérant ainsi la capacité de la cuticule à réguler les échanges d'eau avec le milieu extérieur [Annoscia *et al.*, 2012].

En se nourrissant, le parasite réduit le taux de protéines des abeilles émergentes alors que le taux de lipides ne semble pas atteint [Bowen-Walker et Gunn, 2001].

Qu'il se nourrisse d'hémolymphe et/ou du corps gras, le varroa prélève chez l'abeille qu'il parasite des éléments essentiels à son développement et à sa survie. L'action spoliatrice de *Varroa destructor* est particulièrement délétère lorsqu'elle concerne les abeilles d'hiver.

4 – Un microlitre (noté μL) vaut 10^{-6} litre (soit un millionième de litre).

EFFETS SUR LE POIDS DE L'ABEILLE

À l'éclosion, les abeilles parasitées pèsent moins lourd que les abeilles non parasitées. La perte de poids augmente avec le nombre de parasites dans la cellule. Il a été calculé que pour chaque femelle varroa présente (femelle mature et deutonymphe), le poids à l'éclosion de l'ouvrière peut être réduit de 3 % [Bowen-Walker et Gunn, 2001]. La perte de poids, liée en grande partie à la perte d'eau, n'est pas compensée à l'âge adulte et va avoir une incidence sur les capacités des ouvrières à accomplir leurs tâches.

INDUCTION D'ANOMALIES MORPHOLOGIQUES

À leur éclosion, les abeilles parasitées peuvent montrer des malformations, notamment des ailes atrophiées, un abdomen raccourci et une décoloration. Bien que les déformations apparaissent plus souvent chez les abeilles fortement parasitées, elles ne sont pas systématiques [Bowen-Walker et Gunn, 2001] : la présence du varroa n'explique donc pas à elle seule ces malformations.



Jeune abeille présentant des malformations typiques d'ouvrière parasitée pendant son développement (et un varroa sur son thorax).

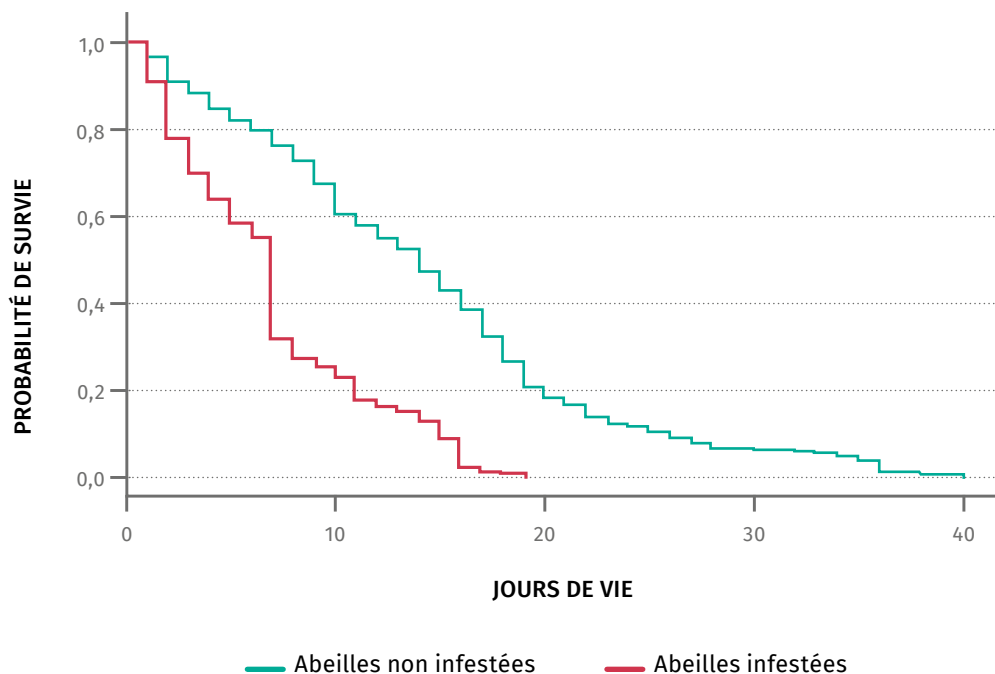
© J.-L. Delon

RÉDUCTION DE L'ESPÉRANCE DE VIE

Les conséquences du parasitage par le varroa sur l'espérance de vie des ouvrières ont été décrites très tôt après l'expansion géographique de l'acarien [De Jong et De Jong, 1983 ; Kovac et Crailsheim, 1988]. De manière générale, l'infestation par le varroa pendant le développement d'une abeille est associée à la réduction de son espérance de vie. Or la survie de la colonie dépend de la bonne santé et de la longévité des individus qui la composent.

L'infestation par le varroa pendant le développement d'une abeille est associée à la réduction de son espérance de vie.

En saison, une durée de vie plus courte signifie une baisse de la quantité de nourriture amassée pour la colonie et donc une perte de la productivité. Mais la réduction de l'espérance de vie des ouvrières est particulièrement dangereuse pour la colonie lorsque cela concerne les abeilles d'hiver. Chez l'abeille domestique, il existe une différence importante de durée de vie entre les ouvrières d'hiver et les autres. Ce phénomène s'explique par des changements physiologiques, régulés en grande partie par la vitellogénine [Nelson *et al.*, 2007], une protéine synthétisée au niveau du corps gras (voir encadré « Lien entre une protéine – la vitellogénine –, le varroa et la longévité des abeilles », page 22), et liée à la durée de vie des abeilles [Corona *et al.*, 2007]. Le taux de protéines totales et en particulier de la vitellogénine est significativement plus faible quand le stade nymphal a subi le parasitisme du varroa [Amdam *et al.*, 2004]. La diminution du taux de cette protéine peut avoir un effet négatif sur la longévité des abeilles, et des conséquences dramatiques sur la survie de la colonie, notamment lorsque cela concerne les abeilles présentes dans une colonie en cours d'hivernage.



Graphique illustrant la probabilité de survie d'abeilles adultes émergées de cellules infestées ou non par le varroa.

L'expérience avait été menée au Mexique avec des abeilles africanisées, maintenues en cagette en laboratoire après leur émergence [Reyes-Quintana *et al.*, 2019].

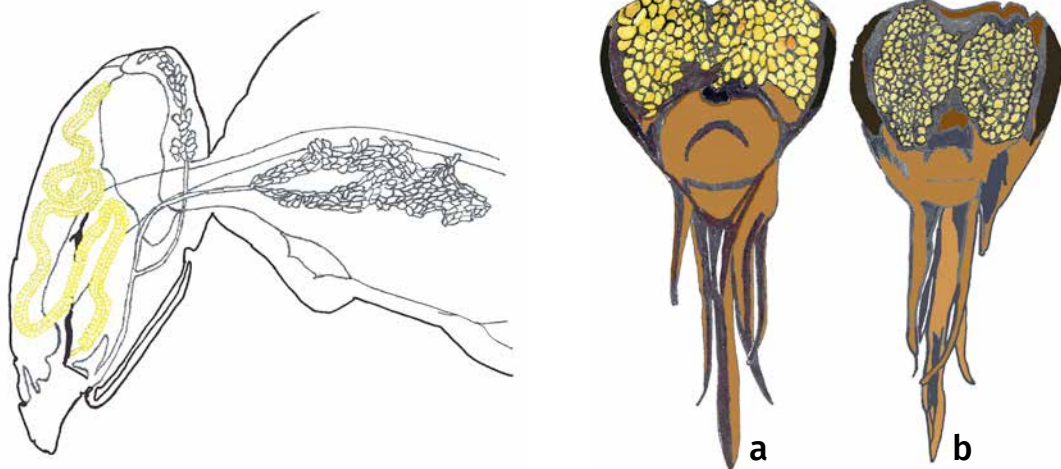
Les auteurs ont observé une réduction de 40 % de l'espérance de vie des abeilles qui avaient été infestées pendant leur développement.

La réduction de l'espérance de vie des abeilles peut être l'un des facteurs explicatifs de la mortalité des colonies [Dainat *et al.*, 2012]. En effet, les ouvrières ayant une durée de vie écourtée, la population de la colonie diminue. Il s'ensuit une mauvaise régulation de la température : une grappe anormalement réduite aura des pertes thermiques plus importantes. Au-dessous d'un nombre critique d'abeilles, la colonie ne peut plus réguler sa température, et meurt malgré les réserves accumulées. Ce seuil a été mesuré entre 5 000 et 8 000 abeilles selon les conditions climatiques [Droz *et al.*, 2015]. De plus, des abeilles qui sont affaiblies par le parasitisme n'ont pas de bonnes capacités de thermogenèse⁵. Ce facteur est particulièrement critique lorsqu'il concerne les abeilles d'hiver, surtout dans les zones tempérées où le franchissement du cap de l'hiver est toujours un défi pour les abeilles.

5 – La thermogenèse correspond à la production de chaleur. Chez l'abeille elle se fait par les contractions des muscles alaires.

ACTION SUR LES GLANDES HYPOPHARYNGIENNES

Les abeilles possèdent deux glandes hypopharyngiennes qui participent à la sécrétion des gelées nourricières destinées à l'alimentation des larves et des adultes. Chez les abeilles plus âgées, ces glandes produisent aussi des enzymes (telle que l'invertase) impliquées dans la transformation du nectar en miel. Ces glandes sont situées dans la tête des abeilles, devant le cerveau, entre les yeux composés. Chacune des glandes est constituée de nombreux petits corps ovales (les acini, qui correspondent à des regroupements de cellules sécrétrices) attachés au canal excréteur par lequel les sécrétions sont déversées.



Le schéma de gauche, dessiné d'après A. Tofilski, permet de visualiser la position de ces glandes (colorées en jaune pour plus de clarté) dans la tête de l'ouvrière.

Le schéma de droite est dessiné d'après S. Soudek. La dissection et la suppression d'un volet de cuticule permettent d'apprécier la différence de développement de ces deux glandes selon que l'abeille est :

- (a) nourrice ou abeille d'hiver saine** (les acini sont très développés et les glandes occupent un grand volume).
- (b) butineuse ou abeille élevée dans une colonie fortement infestée par les varroas** (acini de petits diamètres et faibles volumes occupés par les glandes). Cette abeille a sans doute subi directement le parasitisme par le varroa.

© P. Mirlit

La taille des acini qui composent les glandes hypopharyngiennes est réduite chez des ouvrières émergentes ayant été infestées par un ou plusieurs varroas pendant leur développement. La production de ces glandes étant dépendante de la synthèse de la vitellogénine, la réduction de la taille des glandes hypopharyngiennes peut s'expliquer par l'atteinte du taux de cette protéine chez les abeilles parasitées.

Des glandes hypopharyngiennes atrophiées chez les nourrices conduisent à une moindre disponibilité de nourriture pour les larves. Ce facteur participe probablement à un cercle vicieux où la mauvaise alimentation des larves se traduit par une génération suivante de nourrices encore plus affaiblies.



Une larve quelques heures avant operculation. Son aspect luisant et le fait qu'elle semble « baigner » dans sa bouillie larvaire sont des indicateurs fiables de son bon état de santé présent et à venir, à moins qu'une fondatrice varroa ne soit cachée dans la cellule.

© P. Falatico

ALTÉRATION DES CAPACITÉS COGNITIVES

Les capacités cognitives regroupent les facultés de traitement de l'information, d'apprentissage et de mémoire. Les abeilles sont soumises à des tâches de butinage et des relations interindividuelles extrêmement élaborées. Elles possèdent donc des aptitudes cognitives complexes.

Chez des butineuses, l'infestation par le varroa affecte leur capacité d'apprentissage [Kralj *et al.*, 2007].

Des expériences ont permis d'évaluer l'influence du varroa sur la durée de vol et la capacité de retour au nid des butineuses [Kralj et Fuchs, 2006]. Il semblerait que des abeilles parasitées au cours de leur développement aient une plus grande probabilité de se perdre et de ne pas retourner à la ruche une fois devenues butineuses. Ce phénomène peut conduire à un état d'affaiblissement des colonies, aggravant la varroose. De plus, lors d'un test d'orientation visuelle, les abeilles parasitées ont été moins bien notées pour leur précision à trouver l'entrée de la ruche.



Butineuse récoltant du pollen sur une porcelle enracinée (*Hypochaeris radicata*).

© P. Falatico

EFFETS SUR LES MÂLES

L'infestation par le varroa pendant le développement des mâles peut nuire à leur capacité de reproduction.

L'infestation d'une cellule de mâle par une seule femelle varroa peut entraîner une perte de poids des mâles adultes d'environ 10 %, et elle augmente proportionnellement à l'infestation [Duay *et al.*, 2003]. Or il a été observé que les mâles de petite taille produisent significativement moins de spermatozoïdes que ceux de taille normale [Schlüns *et al.*, 2003]. De manière générale, les mâles issus des colonies fortement infestées ont un succès de reproduction diminué [Bubalo *et al.*, 2005]. Les mâles infestés pendant leur développement peuvent avoir des performances de vol moins bonnes [Duay *et al.*, 2002] et l'on peut suspecter que la perte de poids en soit l'une des causes. Les mâles ont alors moins de possibilités de participer aux vols d'accouplement.

Étant donné que le couvain de mâles tend à être plus parasité que le couvain d'ouvrières, les effets du varroa sont probablement dévastateurs sur les mâles et ont des conséquences sur la qualité de la fécondation de la reine et la reproduction des colonies.

**Les mâles issus des colonies
fortement infestées ont un succès
de reproduction diminué...**

ACTION IMMUNOPATHOGÈNE DE *VARROA DESTRUCTOR*

Les insectes sont dotés d'une immunité innée bien développée, qui fait appel à divers mécanismes, pour se défendre contre les organismes pathogènes.

Ces mécanismes reposent sur :

- › des réactions cellulaires qui impliquent les hémocytes,
- › des réactions humorales qui consistent, d'une part, en l'activation de cascades protéolytiques (coagulation et mélanisation) et, d'autre part, en la synthèse de peptides antimicrobiens.

DÉFINITIONS

Hémocytes : cellules particulières présentes dans l'hémolymphe des invertébrés, les hémocytes interviennent dans les mécanismes de défense chez ces animaux. Ce sont les éléments de l'immunité cellulaire. Parmi les hémocytes, les plasmocytes (aussi connus sous le nom de macrophages) participent à l'élimination des organismes pathogènes par le processus de phagocytose.

Peptides antimicrobiens : la synthèse de peptides antimicrobiens se fait au niveau du corps gras et de certains hémocytes. Un peptide est une petite protéine constituée de moins de 100 acides aminés, la plupart des peptides antimicrobiens ont moins de 50 acides aminés. Ils interviennent dans l'immunité humorale. Une fois synthétisés, ces composés sont sécrétés dans l'hémolymphe de l'insecte où ils peuvent agir sur une large gamme de micro-organismes (les bactéries, les champignons filamenteux, les levures, etc.).

Le varroa a un effet délétère sur l'immunité de l'abeille.

Le système immunitaire varie selon le stade des ouvrières (stades larvaire, nymphal, nourrice et butineuse), avec globalement un système qui se renforce avec l'âge des abeilles [Wilson-Rich *et al.*, 2008]. L'infestation par le varroa est associée à une baisse de l'immunité qui se manifeste à différents niveaux. Le nombre total d'hémocytes chez les abeilles émergentes et les nourrices diminue [Reyes-Quintana *et al.*, 2019] [Belaid et Doumandji, 2010], ainsi que pour tous les stades de vie des mâles [Salem *et al.*, 2006]. L'infestation implique une moindre expression de gènes codant pour des peptides antimicrobiens [Yang et Cox-Foster, 2005]. La réduction du corps gras qui est également observée [Drescher et Schneider, 1987] suggère une baisse globale de l'immunocompétence des abeilles infestées.

L'infestation par le varroa est associée à une baisse de l'immunité.

On peut prévoir une plus grande sensibilité des abeilles aux agressions extérieures lorsque la colonie est infestée par le varroa. La baisse de l'immunité peut aussi favoriser la prolifération des virus, notamment celle du DWV et de l'ABPV auxquels il est fortement associé.

TRANSMISSION D'AGENTS INFECTIEUX POUR L'ABEILLE

Les interactions entre le varroa et certains virus, et les effets délétères en résultant, amplifient largement l'expression et la gravité de la varroose.

Les virus peuvent se transmettre entre abeilles par différentes voies :

- › la transmission horizontale est la transmission entre individus d'une même génération (notamment entre les adultes de la colonie). La transmission peut se faire par voie orale, par exemple lors de l'ingestion d'une nourriture contaminée (pollen, nourriture larvaire et gelée) [Miaoqing Shen *et al.*, 2005] et par trophallaxie, ou par contact avec les fèces lors du nettoyage des cellules [Hung, 2000]. La transmission horizontale concerne également la transmission par un autre organisme (vecteur) tel que le varroa et la transmission vénérienne, depuis le mâle vers la reine, lors du vol d'accouplement ou lors de l'insémination instrumentale,
- › la transmission verticale correspond à la transmission d'une génération à une autre. En effet, la transmission depuis la reine vers les œufs semble possible [Chen *et al.*, 2006].

La baisse de l'immunité peut aussi favoriser la prolifération des virus.

Le suivi de la diversité des virus chez l'abeille, à la suite de l'arrivée du varroa en 2000 en Nouvelle-Zélande, a permis de montrer que l'introduction du parasite dans une nouvelle région s'accompagne d'un accroissement de la prévalence (nombre de colonies infectées par les virus à un instant donné) et de la charge virale de plusieurs virus transmis par le varroa [Mondet *et al.*, 2014].

Le varroa agit comme un vecteur pour sept des virus apiaires connus.

S'il se nourrit sur une abeille contaminée par un virus, il peut devenir un vecteur mécanique du virus : il effectue le transfert du virus vers une nouvelle abeille sans être infecté lui-même. Ainsi en changeant d'hôte et en se nourrissant, le varroa agit comme un vecteur pour sept des virus apiaires connus. Ce mode de transmission permet un contact direct des virus avec l'hémolymphe et s'avère extrêmement plus contaminant, et donc beaucoup plus dangereux pour l'hôte, que lorsqu'ils sont échangés par des voies non vectorielles (par trophallaxie par exemple).

Par son action immunosuppressive, il pourrait également faciliter la réplication des virus au sein des abeilles [M. Shen *et al.*, 2005]. Plusieurs maladies virales sont ainsi associées à l'infestation par le varroa, celles dues aux virus ABPV et DWV s'avérant très délétères pour l'abeille.



Abeilles aux ailes déformées.

C'est le signe clinique le plus flagrant de l'expression du DWV. Les deux abeilles à gauche présentent des malformations très marquées avec un abdomen nettement rétréci.

© P. Falatico

Les deux principaux virus transmis par *Varroa destructor* ainsi que les signes associés sont les suivants :

VIRUS	SIGNES CLINIQUES
Virus des ailes déformées ou DWV (pour <i>Deformed Wing Virus</i>)	Malformations de l'abdomen et des ailes (allant jusqu'à l'atrophie), décoloration, mortalité nymphale, durée de vie réduite des abeilles adultes
Virus de la paralysie aiguë ou ABPV (pour <i>Acute Bee Paralysis Virus</i>)	Atteinte des abeilles adultes (signes nerveux de type paralysie et mort rapide) et du couvain (mortalité aux stades larvaire et nymphal)

D'autres virus peuvent être transmis par le varroa [Beaurepaire *et al.*, 2020] :

- › virus israélien de la paralysie aiguë ou IAPV (pour *Israeli Acute Paralysis Virus*),
- › virus du Cachemire de l'abeille ou KBV (pour *Kashmir Bee Virus*),
- › virus de la paralysie lente ou SBPV (pour *Slow Bee Paralysis Virus*),
- › *Bee Macula-like Virus* ou BeeMLV,
- › *Varroa Tymo-like Virus* ou VTLV.

Le varroa peut aussi être un vecteur biologique de virus, c'est-à-dire que le virus peut se répliquer au sein même du parasite. C'est le cas pour l'IAPV et au moins un variant du DWV.



Une abeille ouvrière adulte présentant les signes caractéristiques de l'expression du virus des ailes déformées (à droite).

En comparaison, une abeille à la taille et aux ailes normales (à gauche).

LE VIRUS DES AILES DÉFORMÉES OU DWV

Dans les populations d'abeilles sans varroa, le DWV est présent mais généralement en faible quantité et sans expression clinique.

Ce virus peut causer des anomalies physiques telles qu'une déformation des ailes des ouvrières, une réduction de la taille de l'abdomen. Même quand l'infection ne se traduit pas par ces signes visibles, le DWV, s'il est présent en grande quantité, est à l'origine d'une réduction de l'espérance de vie ainsi que d'une altération des capacités cognitives de l'abeille [Di Prisco *et al.*, 2016].

Il existe trois variants du DWV (DWV-A, B et C [Mordecai *et al.*, 2016]), et des variants recombinants ont été observés chez l'abeille et le varroa [Moore *et al.*, 2011 ; Zioni *et al.*, 2011]. Le DWV se transmet de manière horizontale et verticale. Le varroa joue un rôle de vecteur mécanique de ce virus, mais il semble aussi en être un vecteur biologique : il a été démontré en 2020 que certains variants du DWV peuvent se répliquer⁶ dans l'acarien [Gusachenko *et al.*, 2020], ce qui pourrait expliquer des modifications de sa virulence.

L'arrivée et la propagation du varroa sur la plupart des îles hawaïennes à partir de 2007 ont permis de suivre les changements de l'environnement viral des abeilles [Martin *et al.*, 2012]. Dans les zones encore indemnes de varroa, le DWV était détecté dans environ 10 % des colonies, alors qu'il était détecté dans 75 à 100 % des colonies situées dans les zones infestées. Les auteurs ont également constaté une charge virale par abeille un million de fois supérieure quand le parasite est présent, ainsi qu'une décroissance de la diversité en variants au cours du temps. Cette sélection de variants liée au parasitisme pourrait jouer un rôle important dans la physiopathologie de l'infection. En effet, le DWV est un ensemble de quasi-espèces dont la virulence des différents types n'est pas équivalente [McMahon *et al.*, 2016], mais la présence du varroa augmente les effets délétères du virus pour l'abeille. Lorsque la contamination a lieu au stade nymphal, le DWV a pour principale conséquence une diminution de l'espérance de vie de l'abeille. À lui seul, cet effet peut causer la mortalité hivernale des colonies dans les zones tempérées. Quant aux abeilles qui émergent avec les ailes déformées, elles meurent en quelques jours sans pouvoir effectuer de tâches au profit de la colonie. Les abeilles survivantes deviennent en parallèle de véritables réservoirs à virus qui participent à la contamination des autres ouvrières et des colonies voisines.

L'infection par le DWV ne se limite pas au genre *Apis*. Il a été détecté chez 48 espèces d'hyménoptères, dont des bourdons et des abeilles solitaires.

Pour plus d'informations, voir l'article « Relations entre le virus des ailes déformées, l'acarien *Varroa destructor*, l'abeille mellifère et leurs conséquences sur la santé des colonies », [LSA 297, p.181-194](#).

6 – Réplication virale : processus permettant la multiplication d'un virus à l'intérieur de la cellule infectée.

Des auteurs tendent à montrer que le varroa est également un réservoir possible de bactéries pathogènes et non pathogènes pour les abeilles [Hubert *et al.*, 2015] ; en revanche, leur transmission par l'acararien n'a jamais été démontrée jusqu'à présent. Des colonies bactériennes peuvent se développer au niveau de la plaie que constitue le site de nourrissage [Kanbar et Engels, 2003], mais la blessure n'est pas fatale pour la nymphe et se ferme avant l'émergence des abeilles.

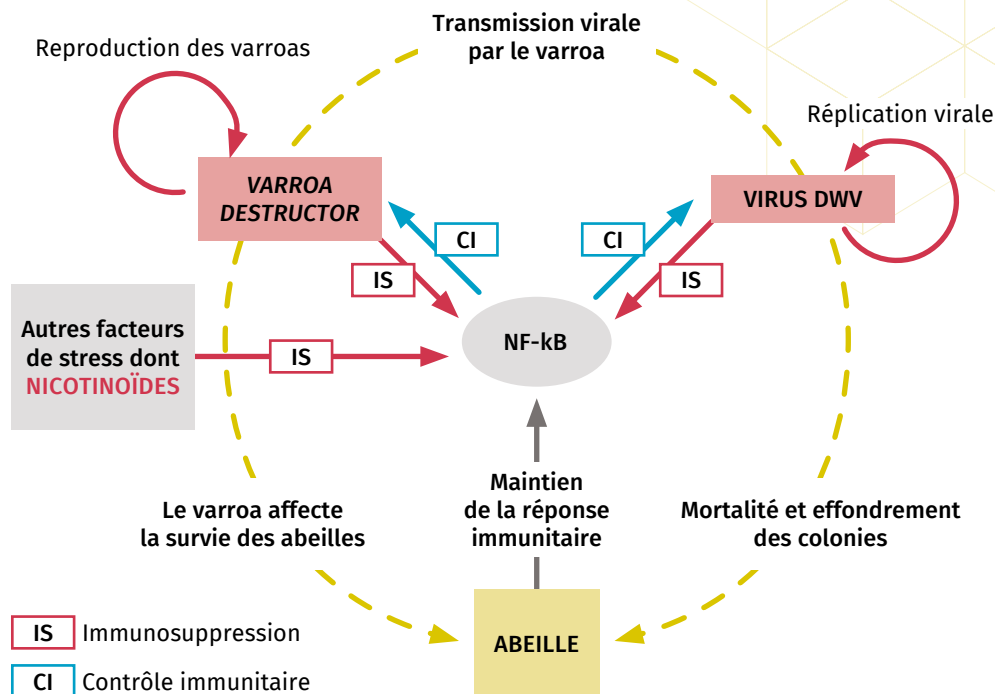
INTERACTIONS DU VARROA AVEC D'AUTRES FACTEURS

Le varroa est considéré comme une cause majeure expliquant la mortalité des abeilles, mais de nombreux autres facteurs peuvent interagir avec lui, comme les pesticides, d'autres agents pathogènes, le manque de ressources. Nous avons déjà évoqué les interactions directes qui peuvent exister entre le varroa et certains virus. Mais des situations plus complexes sont décrites, avec plusieurs facteurs de stress qui conjuguent leurs effets, portant encore davantage préjudice à la santé de la colonie.

À titre d'exemple, voici un trio de facteurs, le varroa, un pesticide et un virus, qui interagissent en défaveur de l'abeille :

- › nous avons mentionné précédemment l'effet délétère du varroa sur l'immunité de l'abeille. Le mécanisme passe entre autres par l'altération de la voie de signalisation NF-kB (voir encadré ci-contre),
- › en laboratoire, le néonicotinoïde clothianidine a aussi un impact négatif sur l'immunité des abeilles en inactivant la voie du facteur NF-kB, *via* la protéine LRR,
- › en agissant sur le facteur NF-kB, le varroa et la clothianidine peuvent affaiblir les barrières immunitaires de l'abeille et promouvoir la réplication du virus DWV,
- › le DWV lui-même peut interférer avec le facteur NF-kB.

Le varroa et d'autres facteurs de stress peuvent conjuguer leurs effets pour porter davantage préjudice à la colonie.



Représentation schématique des interactions entre facteurs de stress et contrôle immunitaire chez l'abeille.

D'après [Nazzi et al., 2012]

LA VOIE DE SIGNALISATION NF-KB

Le facteur de transcription NF-kB est une protéine du cytoplasme qui joue un rôle important en contrôlant l'expression de nombreux gènes impliqués dans la régulation du système immunitaire. La protéine LRR (Leucine-Rich-Repeat protein) est inhibitrice du NF-kB.

Pour en savoir davantage et avoir accès à la bibliographie, voir l'article « Comment les néonicotinoïdes provoquent une altération de l'immunité chez l'abeille et favorisent ainsi la prolifération d'un agent viral (ici le virus des ailes déformées ou DWV) » dans [LSA 259, p.39-47](#).

PATHOGÉNIE À L'ÉCHELLE DE LA COLONIE

Nous avons balayé la pathogénie de la varroose à l'échelle individuelle.

L'ampleur de la littérature témoigne de la complexité et la multiplicité des effets du varroa sur l'abeille. Si les résultats laissent parfois encore la place au doute sur les mécanismes de cette maladie, les communautés apicole et scientifique s'accordent sur le rôle majeur de la gestion de la varroose pour la bonne santé des colonies. En effet, les conséquences individuelles du parasitisme se traduisent aussi par des répercussions indiscutables sur les performances et la survie des colonies.

**ZOOM
SUR...**

LE PROGRAMME « APIMODEL » (UMT PRADE) [KRETZSCHMAR ET AL., 2016]

Entre 2009 et 2016, des mesures de varroas phorétiques par la méthode de lavage à l'aide d'un détergent ont été faites dans l'observatoire de la miellée sur lavandes. Les participants ont compté les varroas phorétiques au moment de l'arrivée des colonies sur la miellée de lavande (JO). L'indicateur de la performance des colonies était donné par leur gain de poids. Au-delà du seuil de 3 varroas phorétiques pour 100 abeilles au moment de l'arrivée sur le site de la miellée, la décroissance de performance s'est révélée être corrélée à la charge en varroas. L'étude a permis d'observer une perte de près de 6,5 kg de miel en moyenne au-delà de 5 varroas pour 100 abeilles.

Altération des capacités
de reproduction

Baisse de
la production

Atteinte du couvain

Contamination
des colonies voisines
(varroa + virus)

Atteinte de la santé
des ouvrières à tous
les stades de vie

La varroose atteint toutes les abeilles, mâles et femelles, à tous leurs stades de vie.

Elle se dissémine rapidement. Sans intervention précoce de l'apiculteur, la colonie dans son ensemble se trouve rapidement affectée et peut s'effondrer dans un délai plus ou moins court.

II. SIGNES CLINIQUES DE LA VARROOSE

L'expression des signes de la varroose est dépendante de la charge en parasites dans la colonie et de l'influence des éventuels facteurs associés.

En début d'infestation, les signes sont rares et peu tangibles : seul un dépistage par comptage met en évidence la présence de l'acarien dans la colonie. En revanche, lorsque le niveau d'infestation s'accroît, un seuil dommageable peut rapidement être atteint et les manifestations de la maladie apparaissent alors. La varroose (résultant de l'effet conjugué du varroa et du ou des virus dont il est le vecteur, éventuellement en interaction avec d'autres facteurs) se détecte donc souvent à un stade déjà avancé. Les premiers signes visibles doivent alerter l'apiculteur et l'inciter à une action rapide s'il souhaite avoir une chance de sauver le rucher.

En milieu ou fin d'été, la pression sur la colonie se fait d'autant plus ressentir que la ponte de la reine tend à diminuer et que le couvain de mâles est en quantité réduite, alors que la charge en parasites est à son maximum, avec de graves conséquences sur les abeilles d'hiver. La surface du couvain et le nombre d'abeilles des colonies diminuant, l'infestation relative des abeilles adultes augmente [Ritter *et al.*, 1984].

**Les premiers signes visibles
doivent alerter l'apiculteur
et l'inciter à une action rapide...**

De nombreuses larves et nymphes meurent en raison du parasitisme – qu'elles subissent directement (cellules fortement infestées) et indirectement (nourrices elles-mêmes affaiblies par le varroa) – ou par suite du comportement de nettoyage des ouvrières vis-à-vis de certaines nymphes parasitées, ce qui se manifeste par du couvain en mosaïque. (Voir tableau des signes cliniques page 60).

FAIRE LE CHOIX D'UNE MIELLÉE TARDIVE, C'EST PRENDRE LE RISQUE D'ÉLEVER DES ABEILLES D'HIVER EN MAUVAISE SANTÉ.

Dans nos régions tempérées, les ouvrières ont une courte durée de vie (25 à 35 jours) pendant la belle saison ou une espérance de vie plus longue (6 à 8 mois) pour affronter les mois où la colonie vit au ralenti. Il est vital pour la colonie que les abeilles d'hiver émergent en bonne santé, qu'elles aient une durée de vie assez longue et soient suffisamment fortes (corps gras bien développés et glandes hypopharyngiennes remplies de leur sécrétion) pour assurer la reprise de la saison apicole jusqu'à ce qu'une nouvelle génération d'abeilles prenne la relève. La période de développement de ces abeilles d'hiver est un moment très critique qui se déroule lorsque le couvain de mâles n'est pas, ou que peu présent. Le traitement de fin de saison doit être suffisamment précoce pour que la population en varroas soit la plus basse possible au moment de la conception de ces abeilles.

À lire également...

Article de Meghan Milbrath, traduit dans [LSA 288, p.491-498](#) : « Pourquoi les abeilles meurent-elles ? Apprendre à identifier une cause courante de mortalité hivernale ».

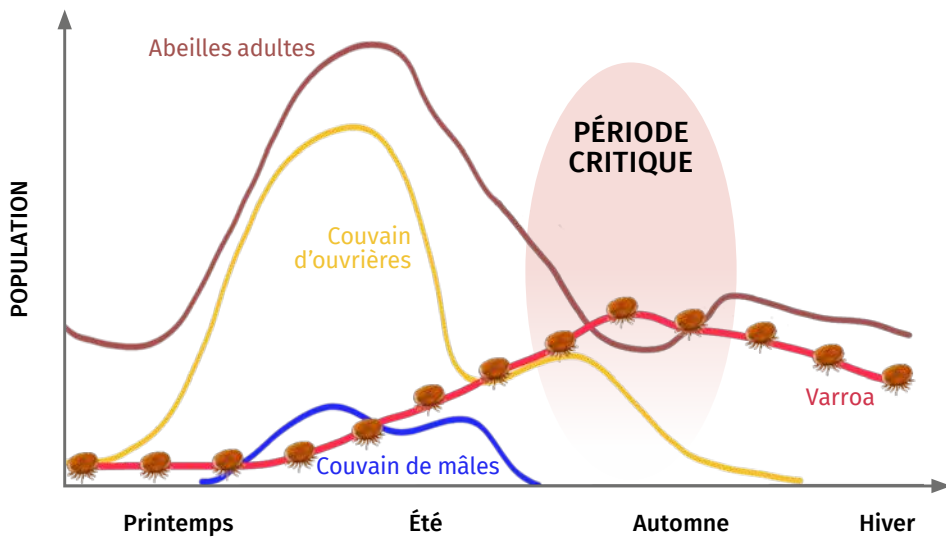
« La mauvaise nouvelle c'est que ces pertes continuent à se produire à des taux élevés. La bonne nouvelle c'est que les apiculteurs ont la faculté de prendre des mesures pour réduire les risques et maintenir leurs abeilles en bonne santé. »

Beaucoup d'apiculteurs expriment leur étonnement de voir que leurs colonies n'ont pas survécu à l'hiver. Souvent, une meilleure gestion du parasite pourrait éviter ce constat amer. Un traitement anti-varroa trop tardif après une dernière miellée, l'absence de vérification de l'efficacité du traitement utilisé sont malheureusement souvent l'explication de ces mortalités hivernales.

Quand est-ce trop tard pour traiter ?

Il n'est pas possible actuellement de fournir un tel calendrier. Les spécificités régionales, les différences de sensibilité des colonies, les variations annuelles de l'infestation ou la présence d'autres facteurs de stress sont autant de paramètres qui influencent cette date limite. Nous ne pouvons qu'inciter l'apiculteur à la prudence quant à l'objectif de récolter tardivement du miel : la survie hivernale des colonies est en jeu.

La mortalité de colonies associée au varroa a lieu le plus fréquemment pendant l'hiver. Cependant la présence du parasite peut avoir des conséquences dramatiques sur la colonie à d'autres moments de l'année, en fonction notamment du nombre de varroas par rapport au nombre de cellules de couvain. Une colonie fortement infestée peut souffrir de la varroose et en mourir à tout moment de l'année. Il est donc important pour l'apiculteur de suivre les niveaux d'infestation des colonies plusieurs fois dans l'année et de réagir en conséquence pour rester sous les seuils dommageables. (Voir chapitre 3, partie 1, « Méthodes d'évaluation du niveau d'infestation »).



Exemple de courbes annuelles des populations d'ouvrières, de couvain et de varroas sur une année.

Sans traitement, la population de varroas à la fin de l'hiver est plus importante qu'au début du printemps précédent.

Petite grappe d'abeilles encadrant la reine sur le haut d'un cadre, dans une colonie morte de varroose en fin d'hiver.

© L. Cheneval



Principaux signes cliniques observables dans une colonie atteinte de varroose :

COUVAIN	Couvain en mosaïque
	Présence de varroas (femelles fondatrices et descendance)
	Opércules percés d'un petit trou
	Alvéoles complètement désoperculées laissant voir l'immatrice (nymphe) mort ou encore vivant
	Cadavres de larves de couleur marron clair à brun
	Cadavres desséchés de larves et/ou de nymphes
	Abeilles et/ou nymphes mortes avec les ailes déformées sous l'opercule dans les alvéoles
	Cannibalisme
	Abeilles mortes lors de la sortie de l'alvéole (seule la tête émerge, la langue étirée)
ABEILLES	Abeilles aux ailes déformées
	Abeilles à l'abdomen rétréci, plus ou moins décolorées
	Présence de varroas phorétiques



Varroas en grand nombre sur des larves.

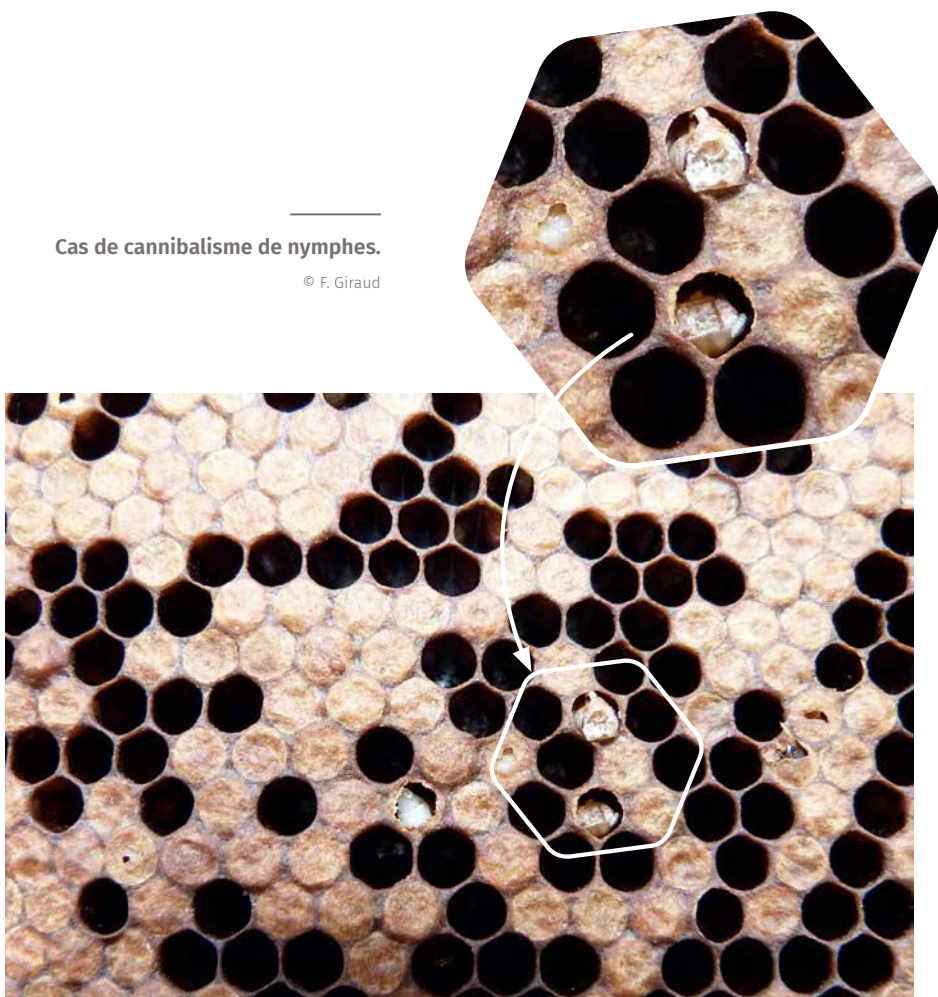
© Y. Layec

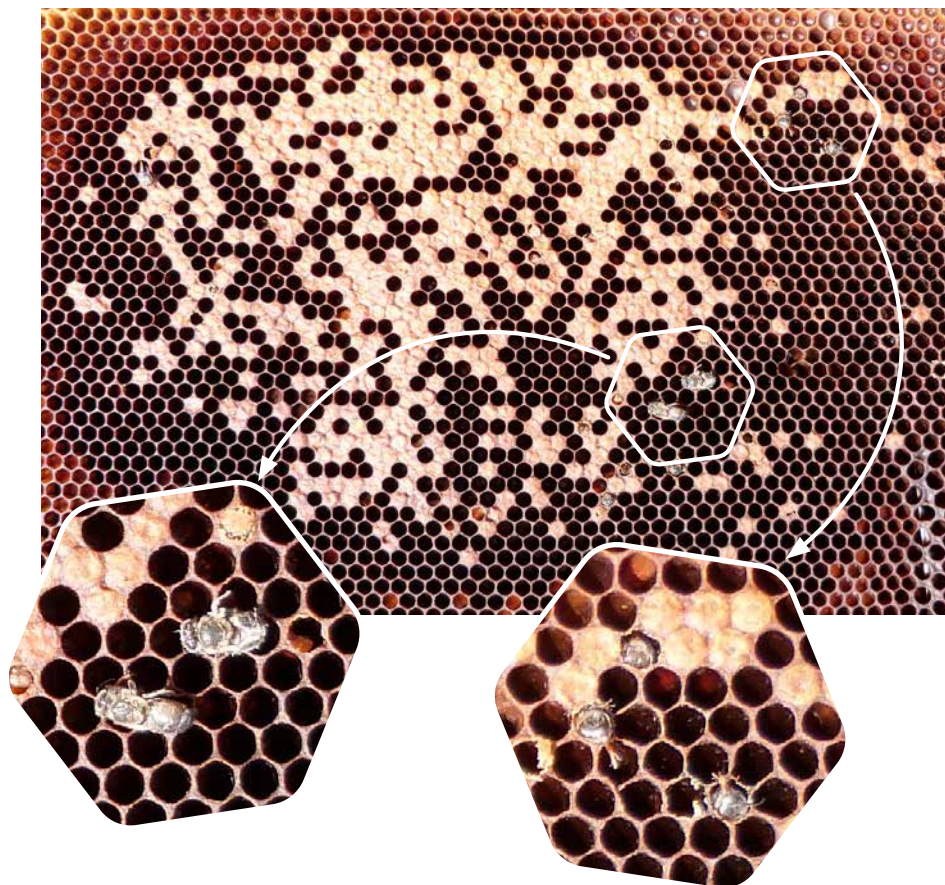
Ces signes ne sont pas tous attribuables au seul varroa.

La présence d'adultes aux ailes déformées, des mortalités dans le couvain qui se présente le plus souvent en mosaïque, des abeilles émergentes mortes dans leurs cellules, avec une diminution soudaine de la population d'abeilles sont parfois mentionnées sous le nom de « Parasitic Mite Syndrome » (PMS). L'observation du PMS est le plus souvent associée à l'effondrement rapide de la colonie. (Voir annexe 2, « Que faire en cas de varroose déclarée ? », page 185).

Cas de cannibalisme de nymphes.

© F. Giraud





Abeilles mortes lors de la sortie de l'alvéole (seule la tête émerge, la langue étirée) et abeilles malformées.

© F. Giraud

Signes cliniques observables dans une colonie morte de varroose :

COLONIE

Ruches retrouvées totalement vides, ou avec très peu d'abeilles mortes devant et dans les ruches, dans certains cas avec de petites grappes d'abeilles mortes, encadrant parfois la reine sur le haut des cadres

Provisions de miel et de pain d'abeilles correctes

Après la mort des colonies, on retrouve le tableau clinique caractéristique témoignant d'un lent dépeuplement de la colonie [Faucon et Chauzat, 2008] : les ruches sont vides de leurs abeilles malgré la présence de réserves. Il est possible de voir dans les cellules de couvain des traces blanches qui révèlent la présence passée du parasite : ce sont les fèces des varroas formées par des cristaux de guanine. De plus, assez souvent, des cadavres de varroas sont visibles sur le plancher de la ruche – si celui-ci n'est pas grillagé.

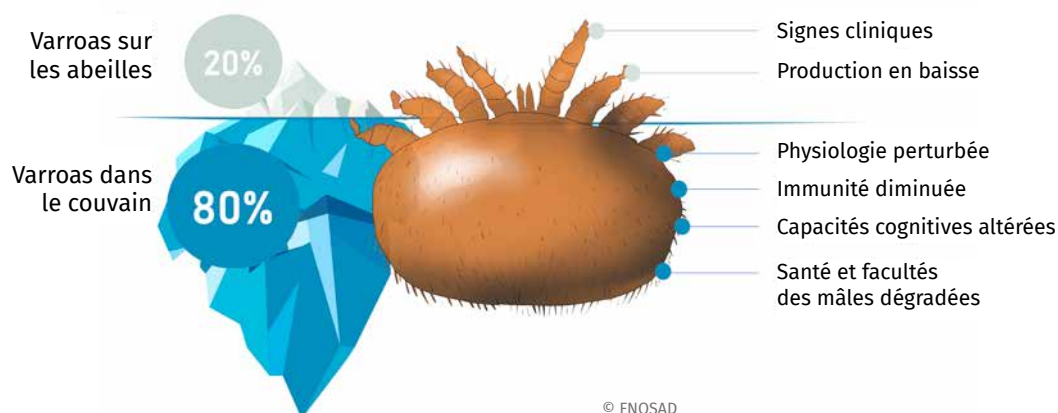


Les fèces sont composées majoritairement de guanine, et forment de petits granules blancs visibles à l'œil nu dans les alvéoles.

© S. Wendling

III. CONCLUSION

Le varroa, en se nourrissant sur l'abeille, affaiblit l'organisme et le système immunitaire de cette dernière, la rendant ainsi beaucoup plus sensible aux attaques des autres agents pathogènes. Les infections virales associées peuvent générer des anomalies physiques (les ailes déformées par exemple) et affecter fortement la santé de l'abeille comme celle de toute la colonie. Une fois déclarée, la varroose est une maladie qui entraîne rapidement la mort de la colonie. L'infestation parasitaire due au varroa doit être surveillée et gérée avant qu'un seuil dommageable ne soit atteint ou dépassé ; dans ce dernier cas, une intervention ne permettrait pas de sauver la colonie. Par ailleurs, même lorsque les signes de la maladie ne sont pas visibles, le varroa peut avoir des conséquences sur les performances de la colonie et donc sur la production de miel et très probablement sur la qualité de la pollinisation.



L'infestation par le varroa en présence de couvain, aspects visibles et cachés.







3

VIVRE AVEC *VARROA DESTRUCTOR*

POURQUOI ET COMMENT LUTTER ?

Varroa destructor est présent dans tous les ruchers. Il parasite les abeilles adultes et le couvain. Il affecte non seulement les capacités de production et de pollinisation des colonies mais aussi leur santé en provoquant la varroose dès lors que sa population dépasse un seuil tolérable. Sans intervention de l'apiculteur, cette maladie conduit plus ou moins rapidement à leur effondrement. Il est donc indispensable que tout apiculteur adopte une **stratégie de lutte**, pour maintenir tout au long de l'année, la population de varroas à un seuil non dommageable pour la colonie, et en particulier aux moments critiques de la production des abeilles d'hiver et de l'hivernage.

Pour limiter l'accroissement de la population de varroas ou en éliminer une partie, l'apiculteur pourra difficilement se passer des traitements médicamenteux, auxquels il peut adjoindre des mesures dites « biotechniques » et zootechniques.

Le recours à l'association des différentes options (chimiques et non chimiques) est toujours préférable à l'emploi exclusif de médicaments, de manière à contenir à tout moment (y compris pendant les miellées) la pression parasitaire, à augmenter leur efficacité et à limiter leur usage.

Ce troisième chapitre est divisé en deux parties :

- › la 1^{re} partie détaille les méthodes d'évaluation du niveau d'infestation des colonies par le varroa,
- › la 2^{de} partie explicite les méthodes de lutte contre le parasite.



3

Partie I :

MÉTHODES D'ÉVALUATION DU NIVEAU D'INFESTATION

I. INTRODUCTION À L'ÉVALUATION DE L'INFESTATION 70

Pourquoi effectuer une évaluation de l'infestation ?	71
Quand effectuer une évaluation de l'infestation ?	71
Sur quel effectif ?	72
Quelle méthode choisir ?	72

II. LES MÉTHODES 74

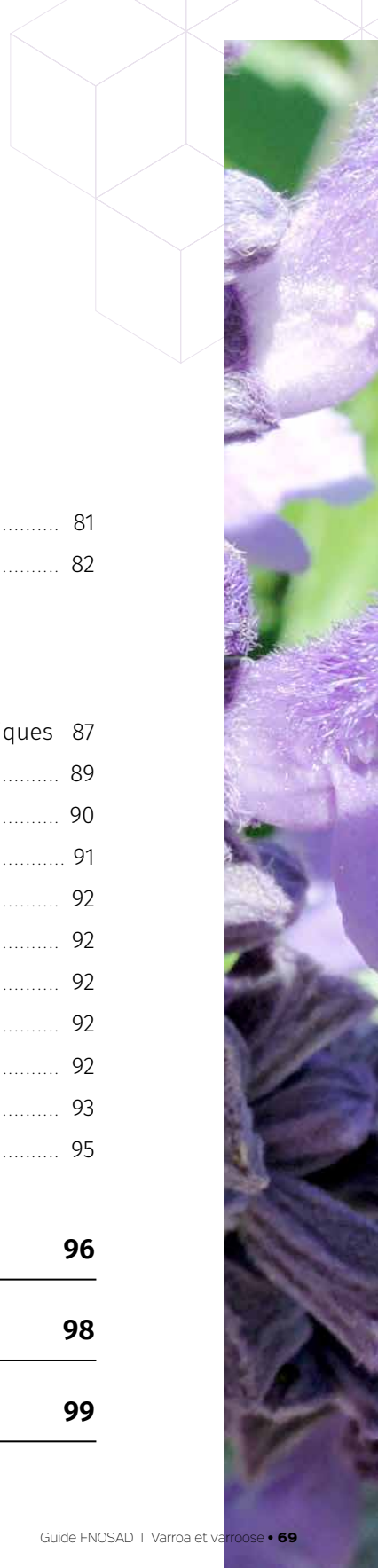
Relevé des chutes naturelles	74
› Principe	74
› Matériel	74
› Comptages	75
› Seuils	77
› Sensibilité, évaluation de la méthode du relevé des chutes naturelles	77
Comptage des varroas phorétiques	78
› Principe général	78
› Comment prélever les échantillons ?	78

› Comment estimer le nombre d'abeilles ?	81
› Comment décrocher les varroas ?	82
a. Méthode du roulement au sucre glace	
b. Lavage au détergent ou à l'alcool	
c. Méthode au CO ₂	
› Les seuils pour les comptages de varroas phorétiques	87
› Évaluation de ces méthodes	89
› Combien d'échantillons ?	90
› Résumé des choix à disposition de l'apiculteur	91
Estimation dans le couvain	92
› Principe	92
› Matériel	92
› Méthode	92
› Seuils	92
› Que penser de cette méthode ?	93
Dépistage par utilisation d'un médicament	95

III. BONNES CORRÉLATIONS ET NUANCES **96**

IV. VERS D'AUTRES MÉTHODES D'ESTIMATION **98**

V. CONCLUSION **99**



I. INTRODUCTION À L'ÉVALUATION DE L'INFESTATION

Les varroas présents dans une colonie se répartissent sur les abeilles adultes (varroas phorétiques) et dans le couvain operculé, où ils se reproduisent. Plus la colonie contient de couvain (printemps, été), plus la proportion d'acariens y est importante. En hiver, en absence presque totale de couvain, la majorité, voire la totalité des varroas se trouvent en phase phorétique.

Des modèles mathématiques estiment qu'environ 2 000 à 3 600 varroas peuvent causer l'effondrement d'une colonie de 30 à 40 000 ouvrières [Martin, 2001b]. On parle de seuil dommageable. Ce seuil est abaissé à 1 000 varroas pour être protecteur vis-à-vis des colonies et des récoltes de miel et prendre en compte l'existence d'autres facteurs de stress que le parasite.

Il existe au sein de la communauté scientifique un certain consensus pour estimer que **les colonies ne doivent pas contenir plus de 50 varroas en sortie d'hivernage**. En général, et sauf incident de réinfestation majeure, ceci devrait permettre aux colonies d'atteindre la période du traitement d'été sans que la population parasitaire parvienne au seuil dommageable et donc sans que l'apiculteur ait recours à un traitement d'urgence avant cette date.

Sur le terrain, l'apiculteur doit se contenter de méthodes approximatives pour avoir connaissance du niveau d'infestation de ses colonies.

Concernant la gestion du varroa, **l'apiculteur n'a pas la possibilité :**

- › de connaître le nombre exact de varroas dans les ruches,
- › d'éradiquer le varroa dans ses ruchers.

En revanche, **il peut et il doit :**

- › estimer régulièrement la population des varroas dans ses colonies,
- › mettre en œuvre des moyens pour réduire la pression parasitaire si les niveaux d'infestation dépassent les seuils d'alerte.

POURQUOI EFFECTUER UNE ÉVALUATION DE L'INFESTATION ?

La démarche permet :

- › d'apprécier le niveau d'infestation (quantité de varroas) et d'estimer s'il peut être préjudiciable pour la colonie,
- › de savoir si un traitement médicamenteux ou alternatif doit être mis en place et dans quel délai,
- › de savoir si une méthode de lutte a été efficace, et notamment si les colonies ont été suffisamment débarrassées des varroas pour hiverner dans de bonnes conditions. (Voir encadré « Pourquoi effectuer une évaluation de l'infestation en automne ? », page 94).

QUAND EFFECTUER UNE ÉVALUATION DE L'INFESTATION ?

L'idéal serait de mettre en œuvre des suivis d'infestation une fois par mois. C'est une contrainte difficile à respecter. Il est donc conseillé d'exercer cette surveillance a minima à quelques moments clefs :

- › à la sortie d'hivernage (surtout si aucun traitement hors couvain à base d'acide oxalique n'a été effectué) : pour évaluer si un traitement alternatif ou médicamenteux doit être réalisé avant la première miellée,
- › au milieu du printemps (mai) : pour apprécier le niveau d'infestation et pouvoir mettre en place des mesures correctrices si besoin (méthodes biotechniques de préférence, par exemple),
- › en juillet : c'est un moment où la population de varroas peut devenir très importante ; un traitement peut s'avérer urgent, quitte à renoncer à exploiter une miellée à venir, ceci pour sauver les colonies,
- › à l'automne : après le traitement de fin d'été, afin de vérifier son efficacité.

SUR QUEL EFFECTIF ?

Il est conseillé de tester l'ensemble d'un rucher de petit effectif. Lorsque le cheptel de l'apiculteur grandit, l'estimation de la population en varroas n'est pas faisable sur toutes les colonies. Il est alors possible de faire les mesures sur un échantillon.

Il est recommandé de faire un échantillonnage aléatoire, c'est-à-dire par tirage au sort. Pour savoir combien de colonies échantillonner, il est possible de suivre les préconisations du tableau suivant :

TAILLE DU RUCHER	JUSQU'À 5	DE 6 À 10	DE 11 À 20	DE 21 À 50	PLUS DE 50
Nombre de colonies à échantillonner	Toutes	5	6	8	13

Ce tableau est présenté à titre indicatif et suit les ordres de grandeur de tableaux précédemment publiés. L'apiculteur peut l'adapter en fonction de ses observations.

Si le cheptel est réparti dans plusieurs ruchers, il faut faire les mesures pour chacun des ruchers.

QUELLE MÉTHODE CHOISIR ?

Chaque méthode présente des avantages et des inconvénients. Aucune ne fournit de données exactes, car de nombreux facteurs peuvent interférer, mais elles permettent d'avoir une appréciation de la situation. L'apiculteur choisira en fonction de la saison, de sa disponibilité, de sa technicité, etc., celle qui convient le mieux.

Quelle que soit la méthode de dénombrement des varroas, seules les femelles varroas adultes seront comptées car ce sont les seuls individus capables de produire de nouvelles générations. Elles sont reconnaissables à leur forme ovale et leur couleur brun acajou.

Aucune méthode ne fournit de données exactes.

La recherche des varroas phorétiques en parcourant du regard les abeilles présentes sur les cadres ou l'ouverture de quelques cellules de couvain lors de la visite d'une colonie ne sont pas des méthodes valables.

Il est possible de distinguer trois types de méthodes d'évaluation : relevé des chutes naturelles, comptage des varroas phorétiques dans un échantillon d'abeilles et estimation dans le couvain après désoperculation.



Varroa femelle mature sur cire.

© J.-F. Cart

II. LES MÉTHODES

RELEVÉ DES CHUTES NATURELLES

Principe

Comptabiliser le nombre de varroas qui tombent naturellement (par mortalité naturelle ou lors de l'épouillage et de l'émergence des abeilles surtout) et se retrouvent donc sur le fond de la ruche où ils vont être recueillis grâce à un dispositif adapté.

Matériel

- › Des « langes » : plaques rigides ou semi-rigides de dimensions identiques à celles du fond de la ruche. Il peut être intéressant de choisir des plaques de couleur claire et d'y tracer des lignes ou un quadrillage pour faciliter le comptage.
- › Graisse apte au contact alimentaire (graisse à traire ou saindoux par exemple) : enduire les langes d'une fine couche de matière grasse qui permettra de coller les varroas. Cette graisse doit rester relativement fluide voire pâteuse afin de bien retenir les varroas qui chutent.
- › Plateaux totalement grillagés : il faut que les varroas tombent sur les langes au travers des mailles du grillage afin que les abeilles ne puissent les éliminer et aussi pour que ceux qui sont encore vivants ne remontent pas sur elles.



Plateau grillagé et son tiroir.

Il est conseillé de recouvrir le tiroir d'un film blanc ou de le peindre avec une couleur claire, pour faciliter le comptage des varroas qui y tombent.

© Y. Layec

Si on ne possède pas de plateau grillagé, on placera les langes directement sur le plateau mais il faut les protéger en appliquant sur leur surface un fin grillage (maille de 4 mm environ) ne laissant passer que les varroas et empêchant leur enlèvement par les abeilles.

› Une loupe peut être utile pour bien visualiser les acariens et les distinguer des débris.

NB : En venant manger des varroas tombés sur le lange, les fourmis peuvent fausser l'estimation et il convient de prendre des précautions pour éviter ce problème [Dainat et al., 2011]. Il peut donc, dans certains cas, être utile de remplacer la couche grasse par des papiers essuie-tout imbibés d'huile.

Comptages

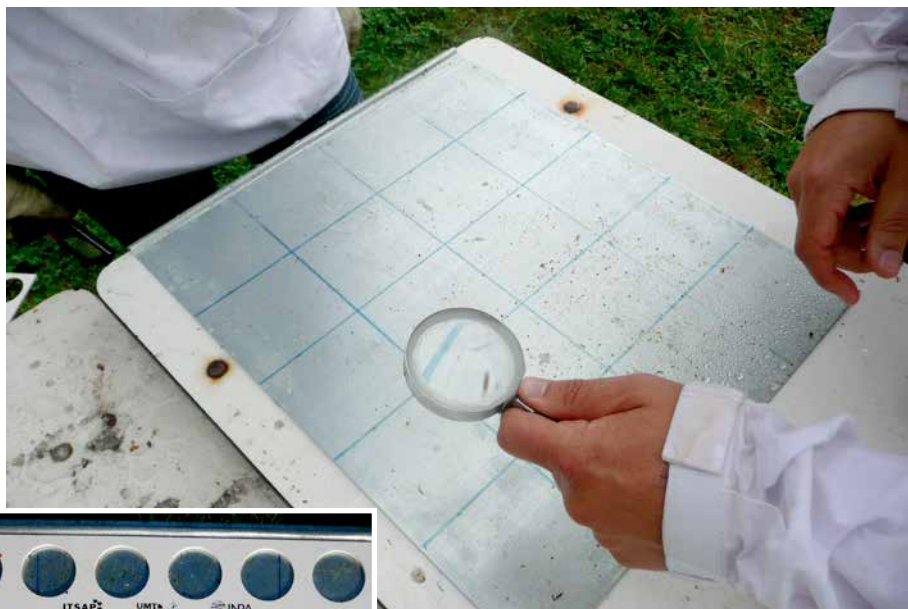
Compter régulièrement les varroas tombés pendant une période de 7 à 10 jours au moins. Il est nécessaire de faire les relevés tous les 2 ou 3 jours au maximum, pour éviter d'être gêné par les débris tombant du nid à couvain et limiter les effets de la consommation des varroas par les fourmis.

Faire ensuite une moyenne de chutes par jour (nombre total de varroas divisé par nombre de jours).

Il n'est pas recommandé de faire un comptage partiel de zones prises au hasard sur le lange : les abeilles vivent par groupes, sur des rayons parallèles ; les acariens tombent donc sur les plateaux en bandes parallèles de largeur variable et leur répartition n'est pas uniforme sur le lange.



Langes en cours d'insertion sous les plateaux grillagés.



Examen à la loupe d'un lange sur lequel des varroas morts sont présents.

En délimitant des zones carrées sur le lange, le dénombrement des varroas est facilité.

© G. Durand



Grille VarEvaL pouvant être utilisée pour simplifier le comptage dans les colonies fortement infestées.

© G. Durand

Le caractère fastidieux et chronophage du comptage est une phase limitante de cette méthode. Des essais ont été faits pour tenter de simplifier cette étape. Des applications mobiles émergent : Varroa Counter (en développement) et Varroa Detektor sont téléchargeables gratuitement, mais il n'y a pas encore d'étude sur leur fiabilité. Pour alléger cette tâche, l'ITSAP-Institut de l'abeille et l'INRA d'Avignon, dans le cadre de l'UMT PrADE, proposent aussi une méthode de comptage à l'aide de la grille VarEvaL. Cette dernière méthode ne semble valable que pour des infestations assez fortes.



Seuils

Les seuils doivent être interprétés avec prudence, en tenant compte de tous les autres facteurs agissant sur la colonie, et doivent être adaptés en fonction de la zone géographique.

Il existe plusieurs propositions de seuils, et le seul qui soit largement admis est celui de fin d'automne/hiver (après la fin d'un traitement, après la dernière récolte).

Si le nombre de varroas dépasse les seuils proposés ci-après, il faut mettre en place des mesures de lutte (biotechnique ou médicamenteuse) adaptées et plus ou moins urgentes suivant la saison :

SAISON (MOIS)	NOMBRE DE VARROAS/JOUR
Fin d'automne, hiver	0,5
Sortie d'hivernage	1
Printemps (mai-juin)	3
Été (juillet-début août)	10



**Les seuils doivent être interprétés
avec prudence, en tenant compte de tous
les autres facteurs agissant sur la colonie...**

Sensibilité, évaluation de la méthode du relevé des chutes naturelles

Des études ([Branco *et al.*, 2006], par exemple) montrent que la corrélation entre le nombre de varroas ainsi décomptés et la population dans la colonie est bonne, si et seulement si elle est effectuée sur une semaine au moins (si possible deux semaines), s'il y a du couvain et si la colonie n'est pas en phase d'effondrement dû à la varroose.

La plupart des auteurs s'accordent pour dire que c'est la méthode la plus fiable, même en l'absence de couvain, et qu'elle est d'autant plus sensible qu'elle est employée sur une période couvrant un cycle de couvain (24 jours).

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
• Facile à mettre en œuvre • Non invasive, la ruche n'est pas ouverte • Non destructrice, aucune abeille tuée • Permet d'apprécier s'il y a un risque • Permet de suivre les chutes en cours de traitement • Détecte les faibles infestations	• Une part d'imprécision, fortes variations avec et sans couvain • Ne tient pas compte de la force de la colonie • Résultat dépendant du comportement d'épouillage des colonies • Non fiable en cas d'effondrement de la colonie • Risque de pertes de varroas en présence de fourmis et forficules (perce-oreilles) • Nécessite des planchers grillagés adaptés

NB : Cette méthode permet aussi de suivre les chutes de varroas au cours d'un traitement (elles ne sont pas naturelles alors). Elle est utilisée dans les suivis d'efficacité coordonnés par la FNOSAD.

COMPTAGE DES VARROAS PHORÉTIQUES

Principe général

Compter le nombre de varroas sur un échantillon d'environ 300 ouvrières adultes, de manière à calculer un pourcentage d'infestation. Ce résultat est exprimé en « nombre de varroas phorétiques pour cent abeilles » et souvent abrégé dans les textes en VP/100. Ces méthodes impliquent l'ouverture de la colonie et le prélèvement d'ouvrières, elles sont donc invasives.

Comment prélever les échantillons ?

Après l'ouverture de la ruche :

- › sortir un cadre de couvain fermé et ouvert, comportant des larves juste avant operculation, ceci afin de prélever de préférence des abeilles d'intérieur,

- › vérifier l'absence de la reine pour ne pas la prélever ou la blesser,
- › faire le prélèvement.

Deux options sont alors possibles :

1. secouer le cadre dans un toit de ruche ou de ruchette retourné, puis en tapotant le toit, regrouper les abeilles dans un coin. Les abeilles peuvent être versées dans un shaker⁷ étalonné, directement ou à l'aide d'une cuillère doseuse,
2. faire glisser les abeilles en frôlant délicatement le shaker de haut en bas sur le cadre pour que les abeilles y tombent (ne pas procéder de bas en haut, car les abeilles s'envolent et très peu se retrouvent dans le shaker).

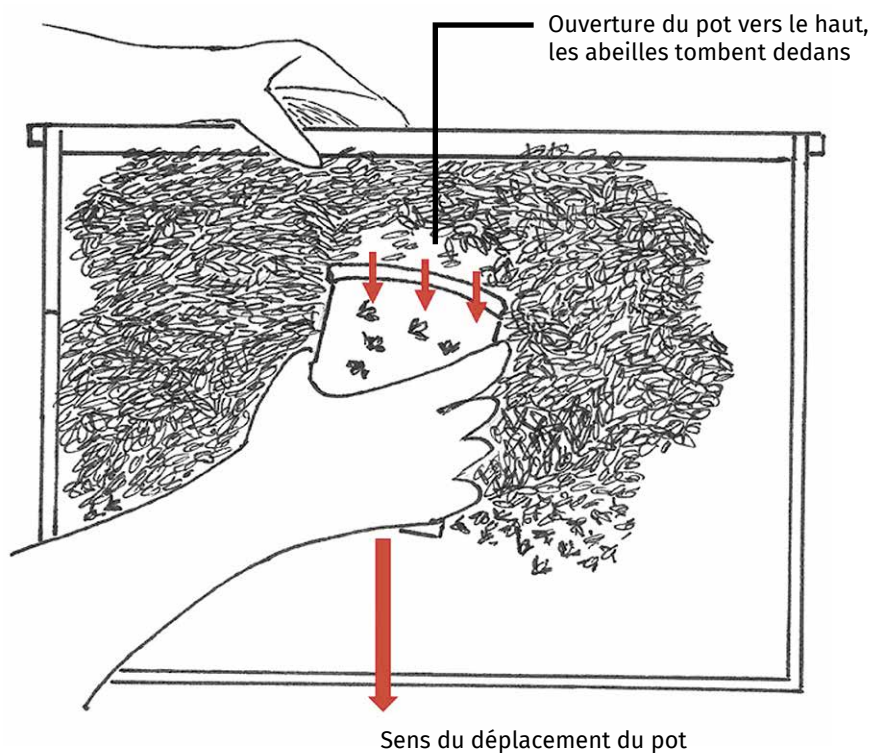


**Prélèvement d'abeilles
avec l'aide d'un toit de ruche.**

© G. Durand



7 – Pot servant pour le prélèvement et pour l'opération suivante visant à détacher les varroas. Voir zoom sur les shakers page suivante.



Prélèvement d'abeilles sur un cadre de couvain ouvert pour dénombrement de varroas phorétiques.

On déplace le pot destiné à recueillir les abeilles de haut en bas en les effleurant délicatement avec le haut du pot.

© V. Breton

Il faut veiller à ne pas prélever la reine avec les abeilles de l'échantillon.

LES SHAKERS

Les abeilles échantillonnées sont versées dans un shaker.

Certains dispositifs sont à deux compartiments séparés par une grille de mailles permettant le passage des varroas mais pas celui des abeilles. Les dispositifs à un seul compartiment sont tout à fait utilisables, avec pour précaution de ne pas les renverser pendant les étapes de secouage.

Il existe des dispositifs vendus pour le comptage de varroas phorétiques. En voici deux exemples :

- Varroa Tester® (Swienty) vendu avec des cartouches de CO₂, éventuellement adaptable à un comptage avec du sucre glace.
- Comptage varroa Easycheck® (Véto-pharma) conçu pour la séparation des varroas avec du liquide lave-glace, ou de l'alcool.

Il est également possible de fabriquer des dispositifs à partir de pots transparents (environ 300 ml) et dont le couvercle est évidé et remplacé par une grille en fer avec des mailles de 2 à 3 mm. Dans ce cas, prévoir un contenant suffisamment grand pour ne pas gêner la séparation des varroas.

Comment estimer le nombre d'abeilles ?

La quantité d'abeilles de l'échantillon peut se déterminer :

- › par comptage systématique des ouvrières : peu adapté en routine,
- › par prélèvement d'un volume fixe d'abeilles : tracer une marque sur le shaker pour indiquer un volume de 100-120 ml, ce qui correspond à l'espace occupé par environ 300 abeilles.

Cette marque permet d'étalonner le pot afin de ne pas faire les pesées à chaque mesure. Utiliser toujours le même contenant est idéal pour comparer les résultats entre les colonies,

- › par pesée : après avoir fait la tare de son récipient, et en appliquant un poids moyen de 0,1 g par abeille. Exemple : pour un poids total de 130 g, avec un récipient de 100 g, cela correspond à $(130-100) / 0,1 = 300$ abeilles.

$$\text{Varroas phorétiques} / 100 \text{ abeilles} = \frac{\text{nb de varroas dans échantillon}}{\text{poids échantillon}} \times 0,1 \times 100$$

Que ce soit avec un volume fixe ou par pesée, le nombre d'abeilles reste approximatif. Le poids d'une abeille est variable, oscillant au moins sur une gamme de 81 à 140 mg [Mitchell, 1970], en fonction de facteurs tels que l'âge, la souche, l'état physiologique et de santé, le contenu du jabot⁸ ou la saison.

Comment décrocher les varroas ?

Pour dénombrer les varroas phorétiques, on utilise des produits qui vont les détacher des abeilles. Plusieurs techniques peuvent être utilisées, les trois principales étant :

- › le roulement dans du sucre glace,
- › le lavage au détergent ou à l'alcool,
- › l'anesthésie des abeilles et des varroas avec du CO₂.

a. Méthode du roulement au sucre glace

Matériel spécifique :

Sucre glace (environ 30 g par échantillon d'abeilles)

Méthode :

- › après avoir pesé le shaker contenant les abeilles (si l'option de la pesée a été choisie⁹), ajouter une à deux cuillères à soupe de sucre glace à travers le grillage du shaker,
- › secouer légèrement le pot et le rouler horizontalement deux ou trois fois, pour couvrir les abeilles de sucre glace,
- › attendre 1 minute,
- › secouer le pot énergiquement pendant environ 1 minute, couvercle vers le bas, au-dessus d'un plateau blanc ou d'un tamis fin pour récupérer les varroas et les séparer grossièrement du sucre. On peut aussi secouer au-dessus d'un récipient contenant de l'eau : le sucre se dissout et les varroas surnagent,
- › les abeilles sont rendues à la ruche, en les déposant sur les têtes de cadre.

Remarque :

La méthode au sucre glace est simple à mettre en œuvre, peu destructrice et bien documentée. Cependant, son efficacité pour décrocher les varroas peut être variable et plusieurs facteurs sont à prendre en compte :

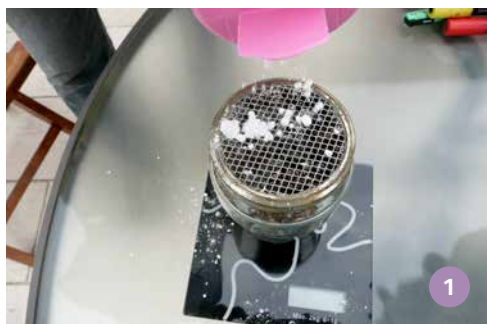
- › les conditions environnementales peuvent influencer la méthode. Ainsi, dans

8 – Le jabot a une contenance de 50 à 70 microlitres et le nectar a une densité de 1,1.

9 – Voir page précédente « Comment estimer le nombre d'abeilles ».

des conditions de température et d'humidité élevées (*i.e.*, 32 °C et 76 % HR¹⁰), cette méthode ne décroche qu'environ 70 % des varroas, contre 94 % en situation plus sèche et moins chaude (*i.e.*, 26 °C et 71 % HR) [Gregorc *et al.*, 2017],

- › une mesure en période de miellée peut également être problématique à cause du nectar dans les rayons et de celui régurgité par les abeilles pendant le secouage du shaker qui risque d'engluer les varroas, agglomérer le sucre et empêcher leur comptage,
- › la qualité du sucre glace utilisé est importante. Il est notamment conseillé de conserver le sucre glace à l'abri de l'humidité et de ne s'en servir que pour une mesure.



Étapes de la méthode du roulement au sucre glace :

1. ajout du sucre glace après avoir pesé le shaker contenant les abeilles,
2. roulement avec le sucre,
3. secouage,
4. libération des abeilles.

© G. Durand

10 – HR : humidité relative ou degré hygrométrique.



Les varroas sont décrochés par l'action du sucre glace.

© C. Riva

POURQUOI LE SUCRE GLACE PERMET DE DÉTACHER LES VARROAS ?

Il y a plusieurs explications possibles pour comprendre l'efficacité du sucre glace pour déloger les varroas phorétiques. Elles sont liées à la forme pulvérulente du sucre glace. Les varroas utilisent des ventouses pour se maintenir sur les abeilles et un matériau pulvérulent peut perturber leur accroche. Le sucre encourage aussi le comportement d'épouillage des ouvrières. Pour finir, les varroas recouverts de sucre pourraient se laisser tomber afin d'essayer de se nettoyer par eux-mêmes.

b. Lavage au détergent ou à l'alcool

Matériel :

- › mélange eau + 1% de détergent (type liquide vaisselle ou Teepol®) ou éthanol à 70 % (l'euthanasie des abeilles est plus rapide avec l'alcool qu'avec les détergents),
- › tamis double à miel ou shaker conçu spécialement pour le comptage par lavage au détergent (type Easycheck®, par Vêto-pharma),
- › pot à prélèvement et/ou sac plastique à zip et un feutre pour les annoter,
- › une glacière et des blocs réfrigérants préalablement congelés pour transporter les échantillons.

Méthode avec du détergent :

Au rucher :

- › introduire les lots d'abeilles prélevées dans des sacs en plastique (type congélation) à fermer soigneusement,
- › identifier les sacs par le numéro de la ruche et la date du prélèvement,
- › placer les prélèvements dans une glacière avec bloc réfrigérant congelé. Après le transport, ils doivent être stockés au congélateur pour **euthanasier les abeilles déjà engourdies par le froid**.

Au local où est effectué le lavage :

- › sortir les abeilles du congélateur,
- › les recouvrir du mélange eau + détergent,
- › secouer énergiquement pendant 1 minute,
- › verser les abeilles sur le double tamis,
- › passer le double tamis sous de l'eau courante pour favoriser le détachement des varroas : le premier tamis (maille 5 mm) retient les abeilles, le second plus fin (maille < 1 mm) retient les varroas.

NB : La méthode peut aussi se pratiquer entièrement au rucher (notamment avec le shaker Easycheck®), sans nécessité d'utiliser de glacière ni de congeler avant le lavage, à condition de pouvoir disposer sur place de tout le matériel adéquat.



Dernières étapes de la méthode du lavage :

1. bocal contenant l'échantillon d'abeilles recouvertes du mélange eau + détergent et bien secouées,
2. utilisation du tamis à miel pour filtrer,
3. retrait du tamis supérieur après lavage à l'eau courante,
4. comptage des varroas retenus par le second tamis.

© J.M. Barbançon

c. Méthode au CO₂

Le CO₂ anesthésie les abeilles et les varroas qui se décrochent de leurs hôtes.

Matériel :

- › source de CO₂,
- › shaker adapté à l'utilisation avec un gaz.

Dans le commerce, le shaker Varroa Tester® (Swienty) est vendu pour cette méthode, avec une ouverture simple permettant l'introduction du gaz.

Méthode :

- › prélever les abeilles dans un shaker,
- › injecter le CO₂ dans le pot testeur à l'aide d'une bouteille ou du pistolet, pendant 4 à 6 secondes en continu. Les abeilles tombent dans le fond du shaker,
- › attendre 10 à 20 secondes,
- › secouer énergiquement le shaker,
- › dénombrer les varroas qui tombent, en pensant à vérifier l'intérieur du pot, surtout en conditions de miellée.



Dispositif de shaker au CO₂.

© M. Rives

Les seuils pour les comptages de varroas phorétiques

Nous l'avons déjà évoqué, la question du seuil est complexe. L'apiculteur curieux aura sans doute déjà remarqué que, dans le cas des comptages de varroas phorétiques, les valeurs seuils varient selon les sources consultées.

Les valeurs seuils varient selon les sources consultées.

Les difficultés (notamment en termes de protocole expérimental) sont multiples pour établir, à différents moments de l'année, des seuils qui seraient valables pour des méthodes de fiabilité inégale et souffrant toutes d'un manque de précision. À cet obstacle s'ajoute le fait que les valeurs vont dépendre de nombreux facteurs. (Voir encadré « Notion de seuil » ci-contre).

À retenir :

- › À tout moment de la saison apicole, si le nombre de varroas phorétiques/100 abeilles est supérieur à 5, la colonie est en danger.
- › Selon le rapport final du programme « APIMODEL » publié en 2016, le gain de poids des colonies est affecté au-delà du seuil de 3 varroas phorétiques pour 100 abeilles au moment de l'arrivée de la miellée de lavande et une perte de près de 6,5 kg de miel en moyenne par ruche est constaté au-delà de 5 varroas pour 100 abeilles. (Voir zoom sur le programme « APIMODEL », page 56).

Pour aller plus loin, dans le tableau suivant sont proposés des seuils indicatifs pour plusieurs moments clefs de la saison.

Si le nombre de varroas phorétiques dépasse ces valeurs, il est prudent de mettre en place des mesures de lutte adaptées :

MOMENT DE L'ANNÉE	SEUILS INDICATIFS (NOMBRE DE VARROAS/100 ABEILLES)
Automne, après traitement	0,3
Printemps (mai/juin)	3
Été (juillet/début août)	4

L'observation attentive des colonies et l'expérience de chaque apiculteur restent encore essentielles pour adapter les valeurs seuils à chaque cheptel.

NOTION DE SEUIL

Une valeur seuil est dépendante de facteurs tels que :

- la région,
- le nombre d'abeilles dans la colonie,
- la tolérance de la colonie au parasite,
- les possibilités de réinfestation,
- la présence des virus pathogènes de l'abeille,
- la présence d'autres facteurs de stress.

Pour cette raison, les valeurs seuils fournies pour la décision après l'évaluation du niveau d'infestation sont généralement seulement indicatives.

Évaluation de ces méthodes

Si le protocole du lavage au détergent est correctement suivi, la méthode permet de compter 90 % des varroas phorétiques présents dans l'échantillon [Fakhimzadeh, 2000]. Il est également intéressant de noter que la méthode est efficace à 100 % si les échantillons infestés comportent plus de 3 varroas/100 abeilles.

Un travail mené en collaboration par le Centre de recherche apicole Agroscope de Berne et le Service sanitaire apicole suisse a comparé la méthode de lavage au sucre glace avec celle au CO₂ en utilisant le dispositif commercial Varroa Tester® (Swienty) [Droz *et al.*, 2017]. Dans le cadre de leur étude, la technique utilisant le CO₂ a présenté une faible efficacité avec seulement 49,5 % de varroas délogés en moyenne, et une très faible constance. Elle pourrait donc ne pas être assez fiable pour quantifier les varroas sur les abeilles adultes. Elle est considérée comme peu destructrice avec 15 % maximum de mortalité des abeilles échantillonnées. Les auteurs observent que la méthode utilisant le sucre glace est bonne et constante avec une moyenne de 92 % de varroas délogés de l'échantillon d'abeilles.

MÉTHODE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Sucre glace	› Peu destructrice › Résultat immédiat › Peu coûteuse	› Invasive › Sensible aux conditions environnementales : vent, humidité › Moins fiable en période de miellée

MÉTHODE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Détergent ou éthanol	› La plus efficace pour décrocher les varroas › Comptage différé possible › Comptage en période de miellée possible	› Invasive › Destructrice
CO₂	› Peu destructrice › Résultat immédiat	› Invasive › Faible efficacité pour déloger les varroas › Moins fiable en période de miellée

Combien d'échantillons ?

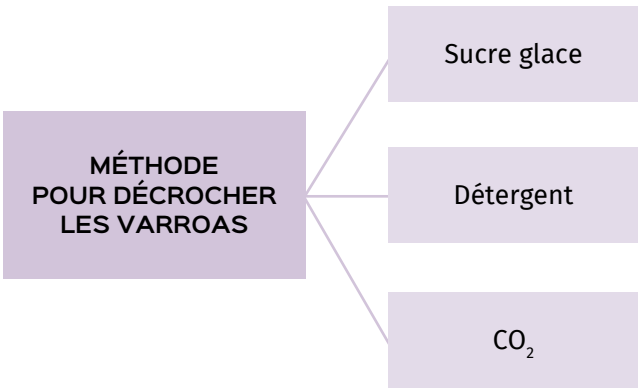
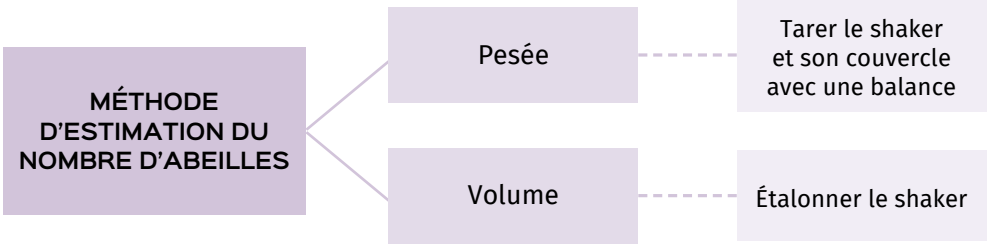
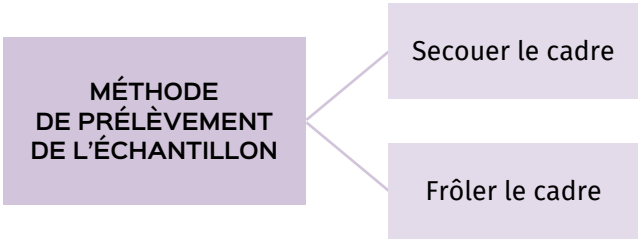
Selon certains auteurs, un résultat donné par une mesure unique peut induire une erreur d'estimation : « Nous pouvons donc dire qu'une seule mesure isolée ne permet d'obtenir qu'une vision grossière de l'infestation d'une colonie et on ne peut pas entièrement exclure des erreurs importantes d'appréciation » [Droz *et al.*, 2017]. Dans ces expériences, des variations entre les échantillons d'une même colonie pouvaient en effet varier du simple au double, voire au triple. Certains échantillons sont sans varroas alors que la colonie était infestée. En revanche, il est possible d'augmenter la fiabilité si la mesure de comptage des varroas phorétiques est répétée sur deux voire trois échantillons.

À retenir :

- › L'absence de varroa lors d'un comptage de varroas phorétiques ne signifie pas l'absence de contamination de la colonie.

Il est possible d'augmenter la fiabilité si la mesure de comptage des varroas phorétiques est répétée sur deux voire trois échantillons.

Résumé des choix à disposition de l'apiculteur



ESTIMATION DANS LE COUVAIN

Principe

En désoperculant des cellules de couvain, il est possible de compter celles dans lesquelles se trouvent au moins une fondatrice (en phase de reproduction), et d'obtenir un pourcentage d'infestation.

Le varroa infeste préférentiellement le couvain de mâles. Désoperculer du couvain de mâles augmente donc les chances d'un dépistage précoce, par rapport à la désoperculation du couvain d'ouvrières.

Matériel

- › Une herse à désoperculer.
- › Une loupe.

Méthode

- › Faire la mesure sur du couvain de mâles. Préférez les stades de nymphes aux yeux colorés, moins fragiles (qui se déliteront moins au cours du processus), et au corps blanc (les varroas de couleur marron seront bien visibles).
- › À l'aide d'une griffe à désoperculer, « embrocher » les nymphes de mâles jusqu'à atteindre un total de près de 200 cellules.
- › Compter le nombre de cellules infestées (et non le nombre de varroas) et le nombre de cellules désoperculées. On obtient le pourcentage d'infestation de la manière suivante :

$$\% \text{ d'infestation} = \frac{\text{nombre de cellules infestées}}{\text{nombre de cellules désoperculées}} \times 100$$

Seuils

Au-delà de 15 % de cellules infestées, il faut mettre en place des mesures de lutte adaptées. Ce seuil, fondé sur des estimations de modèles mathématiques, a été proposé lors d'une étude menée en 2001 par les chercheurs Wilkinson et Smith [Wilkinson *et al.*, 2002]. Le seuil de 15 % est volontairement protecteur par rapport à des études précédentes, afin de préserver au mieux la santé des colonies.



Les femelles varroas adultes sont bien visibles sur les corps blancs des nymphes.

© P. Falatico

**Nymphes de mâles « embrochées »
par les dents d'une herse à désoperculer.**

© J. Blaize



Que penser de cette méthode ?

La méthode semble peu fiable pour estimer la population des varroas. Ainsi Charrière et collaborateurs ont écrit : « Nos résultats ont montré qu'il n'est pas possible d'estimer l'importance de la population de varroas parasitant une colonie en se basant sur le taux d'infestation du couvain de mâles. Celui-ci est probablement influencé, d'une part, par des cycles de production de couvain de mâles propres à chaque colonie et, d'autre part, par une infestation des cellules par les varroas s'effectuant par vagues. Le taux de parasitisme des cellules de mâles peut ainsi varier du simple au sextuple en l'espace d'une semaine, sans rapport avec l'évolution réelle de la population de Varroa. » [J.-D. Charrière *et al.*, 1998]. La méthode, quoique simple à mettre en œuvre, peut s'avérer fastidieuse sur le terrain avec la recherche des varroas restés au fond des alvéoles.

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
• Facile à mettre en œuvre • La méthode peut être couplée	• Comptage précis fastidieux • Invasive • Peu fiable, donne seulement un aperçu de l'infestation

POURQUOI EFFECTUER UNE ÉVALUATION DE L'INFESTATION EN AUTOMNE ?

Pour vérifier si le traitement effectué après la dernière récolte a permis d'éliminer suffisamment de parasites. L'objectif est que la colonie puisse commencer la nouvelle saison avec moins de 50 varroas.

Si le résultat n'est pas satisfaisant, il reste du temps et la possibilité d'effectuer un traitement dit « hivernal » en période hors couvain.

Quelle méthode choisir ?

La méthode la plus adaptée à cette période est celle du comptage des chutes naturelles de varroas, car elle ne nécessite pas d'ouvrir les ruches, à un moment où les conditions météorologiques sont plutôt défavorables. Les chutes naturelles des varroas donnent une indication assez fiable du niveau d'infestation de la colonie (sauf en cas d'effondrement).

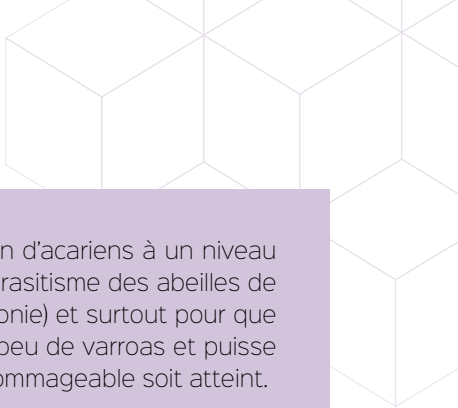
NB : Là où les températures sont très douces en automne, il serait possible d'utiliser des méthodes de comptage des varroas phorétiques (méthode au sucre glace, par exemple), mais si, lors des manipulations, la reine est blessée ou tuée, le remérage sera difficile ou impossible à cette période.

Quand effectuer l'évaluation ?

Il est conseillé d'attendre au moins deux semaines après la fin du traitement médicamenteux avant de réaliser les comptages, et ce, afin de ne compter que les mortalités naturelles et non celles dues à l'action du médicament (laquelle se prolonge parfois un peu après la fin du traitement).

Quel est le seuil limite à cette période ?

Si le seuil de 0,5/jour est dépassé, il est vivement conseillé d'appliquer un autre traitement en fin d'automne ou début d'hiver (traitement dit « hivernal ») lorsque la quantité de couvain est nulle ou très faible.



L'objectif de ce traitement est de réduire la population d'acariens à un niveau le plus bas possible (moins de 50) pour diminuer le parasitisme des abeilles de la grappe (meilleure poursuite de l'hivernage de la colonie) et surtout pour que la saison suivante, la colonie se développe avec très peu de varroas et puisse attendre le traitement de fin d'été sans que le seuil dommageable soit atteint.

Notez que si le traitement d'été a été trop tardif ou insuffisamment efficace, avec comme conséquence une production d'abeilles d'hiver déficientes, le traitement hivernal ne permettra pas de sauver la colonie.

Ces contrôles d'infestation et le traitement hivernal sont également utiles si l'on craint que des colonies se soient réinfestées en allant piller des colonies fortement infestées dans un rucher voisin non ou mal traité.

En cas de constat de manque d'efficacité du traitement sur un nombre non négligeable de colonies, il est conseillé de contacter son organisation sanitaire apicole ou son vétérinaire.

DÉPISTAGE PAR UTILISATION D'UN MÉDICAMENT

Par le passé, des médicaments ont été utilisés dans un but de dépistage du varroa, c'est-à-dire pour la mise en évidence la plus précoce possible de l'arrivée du varroa sur un nouveau territoire. La fiche RCP (Résumé des Caractéristiques du Produit) de certains traitements anti-varroa indique encore comme utilisation le diagnostic de la varroose. Dans les pratiques actuelles de gestion de la varroose, cette option ne semble pas adaptée en routine là où le varroa est installé.

III. BONNES CORRÉLATIONS ET NUANCES

Dans quelle mesure l'apiculteur peut-il se fier aux valeurs d'estimation de l'infestation mesurées sur ses colonies ?

L'ITSAP-Institut de l'abeille a mené une expérimentation¹¹ sur plus de 80 ruches de sa station expérimentale en 2015. L'institut a entre autres étudié la corrélation entre les varroas totaux des colonies¹², la mesure des chutes naturelles sur lange et les mesures des varroas phorétiques par lavage au détergent. Il ressort que :

- › les deux méthodes sont deux mauvais prédicteurs de l'infestation sur le moyen terme. Cela signifie qu'une mesure dans le courant de l'été ne peut pas être utilisée pour prédire l'infestation de la colonie à la fin de l'été,
- › à la fin de l'été, les deux méthodes n'offrent qu'une corrélation moyenne avec l'infestation totale réelle.

Des travaux du docteur Antonio Nanetti soulignent également que les méthodes usuelles sont probablement de mauvais estimateurs de la population réelle en varroas dans les colonies (travaux présentés lors du congrès 2019 de la FNOSAD à Mâcon).

Ces méthodes ne permettent pas à elles seules de faire de projection sur le nombre total d'acariens infestant la colonie. Pour arriver à cette fin, elles devraient être complétées par l'estimation du nombre d'abeilles de la colonie ainsi que la quantité de couvain et son niveau d'infestation, ce qui ne peut être fait aisément ni couramment. La méthode d'estimation de la proportion d'abeilles ouvrières parasitées par des varroas phorétiques permet toutefois d'obtenir directement un indicateur du niveau de pression parasitaire (ratio parasite/hôte, ratio généralement exprimé en VP/100 abeilles ; VP pour varroa phorétique) plus facilement interprétable.

11 – Pour en savoir plus sur l'étude 2015 de l'ITSAP, écrire dans un moteur de recherche : « ITSAP suivi d'infestation varroas phorétiques chutes naturelles » ou aller à : https://itsap.asso.fr/pages_thematiques/ravageurs-maladies/suivi-dinfestation-varroa-phoretiques-chutes-naturelles/

12 – Dans cette expérience, les varroas « totaux » correspondent à l'ensemble des varroas tombés après traitement entre septembre et décembre (4 mois).

Faire un suivi régulier du taux d'infestation des colonies permet d'en connaître plus précisément l'évolution et de limiter les erreurs d'estimation liées aux incertitudes de chaque méthode. Il est également important de savoir adapter la méthode d'estimation à la situation (estimation en période de miellée ou d'hivernage, détection d'une faible infestation).



**ZOOM
SUR...**

UN ARTICLE SCIENTIFIQUE

L'article "A comparative evaluation of sampling methods for *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) population estimation" («Évaluation comparative de méthodes d'échantillonnage pour l'estimation de la population de *Varroa destructor*») a été publié en 2006 par des scientifiques de l'Université du pays de Galles, dans la revue *Apidologie* [Branco *et al.*, 2006].

Comparaison des résultats de trois méthodes d'échantillonnage

Trois méthodes d'échantillonnage pour estimer la taille des populations de l'acarien ont été comparées sur deux ans dans 22 colonies :

1. estimation de la population d'acariens par échantillonnage de couvain (200 cellules de couvain d'ouvrières operculées et toutes les cellules de mâles operculées) et de 200 adultes (par lavage au détergent). L'estimation du nombre total d'abeilles immatures et adultes a servi pour calculer le nombre total d'acariens dans la colonie,
2. utilisation du tau-fluvalinate. Après avoir vérifié l'absence de résistance à la molécule, les chercheurs ont considéré que le nombre total d'acariens morts récoltés durant six semaines consécutives correspondait à la population totale d'acariens de la colonie avant le traitement,
3. échantillonnage de la mortalité naturelle en dénombrant chaque semaine les acariens trouvés morts sur un plateau (méthode du linge).

La première méthode est très lourde à mettre en œuvre et fortement destructrice, elle semble donc peu appropriée à un contexte de terrain. La méthode de comptage de chutes naturelles montre dans cette étude une bonne corrélation avec la méthode de référence avec le fluvalinate.

Conditions nécessaires à l'obtention d'une bonne relation linéaire entre la population réelle de varroas et la mortalité naturelle

Les travaux ont permis de définir les conditions nécessaires à la validité de la méthode des langes : i) la colonie doit avoir un couvain sain, ii) la colonie ne doit pas être en situation d'effondrement ou d'infestation très élevée.

La méthode ne semble également donner qu'une estimation de la population de varroas au moment de la mesure : elle ne peut pas être utilisée pour prédire l'infestation future. Les chercheurs rappellent qu'il existe une variabilité des chutes naturelles au cours du temps, en fonction notamment d'un taux non homogène d'infestation du couvain émergeant.

La méthode est donc plus fiable si les données sont accumulées sur une à deux semaines. Une mesure unique par la méthode des langes ne semble pas fiable pour estimer la charge en varroas d'une colonie. Dans leur protocole, les auteurs de ces travaux avaient également protégé leur plancher contre les fourmis.

IV. VERS D'AUTRES MÉTHODES D'ESTIMATION

Des chercheurs polonais se sont intéressés à l'utilisation de systèmes de capteurs à semi-conducteurs pour détecter l'infestation par le varroa [Szcurek *et al.*, 2019]. Selon leurs travaux, le dispositif semble pouvoir détecter une infestation supérieure à 4,2 % et ouvre la voie à de nouvelles pistes de suivi de l'infestation.

Le développement des outils informatiques ouvre des possibilités nouvelles. Une collaboration d'équipes danoises développe ainsi un dispositif de comptage de varroas phorétiques assisté par un ordinateur portable [Bjerger *et al.*, 2019]. La vision assistée par informatique pourrait à terme offrir des méthodes d'estimation du taux d'infestation non destructrices pour les abeilles.

V. CONCLUSION

Lorsqu'il est arrivé en France, on disait que le varroa pouvait tuer une colonie en 3 à 5 ans, si aucun traitement n'était appliqué. Cette notion n'est plus d'actualité. L'installation du varroa s'est accompagnée d'un changement dans le paysage viral de la colonie. La plupart des cheptels doivent être suivis de près par l'apiculteur et estimer l'infestation par le varroa semble maintenant incontournable pour une gestion raisonnée du parasite.

Plusieurs méthodes d'estimation sont disponibles, au choix selon la préférence de l'apiculteur et la saison. L'objectif de ces estimations est d'évaluer si la colonie est faiblement ou fortement infestée. Pour cela le résultat du comptage est comparé à une valeur seuil indicative, que l'apiculteur s'approprie et adapte au fil de ses expériences. Le niveau de seuil dommageable varie en fonction de la taille de la colonie, de sa génétique, de son emplacement, de sa gestion et d'autres facteurs de stress, dont certains (météorologie, manque de ressources ou présence de frelons) sont perceptibles par l'apiculteur, mais d'autres (présence de pesticides à des doses sublétales ou de charges virales importantes) sont quasi indétectables.

Estimer l'infestation par le varroa semble maintenant incontournable pour une gestion raisonnée du parasite.



3

Partie II :

MÉTHODES DE LUTTE CONTRE LE VARROA

I. LUTTE PAR CHIMIOTHÉRAPIE **102**

Rôle des OSAD et des PSE	102
Généralités sur les médicaments	104
› Réglementation	105
› Substances actives	108
› Forme galénique et application	108
› Durée d'action	108
› Efficacité des médicaments	109
› Effets secondaires des médicaments	111
Conseils pour bien réaliser les traitements médicamenteux .	111
Rapidité et durée d'action des médicaments	117
› Médicaments à effet rapide et court, appelé effet « flash »	117
› Médicaments à effet rapide et d'une durée moyenne (inférieure à 4 semaines)	117
› Médicaments à effet prolongé	118
Calendrier de traitement	119
› Traitement d'été après la dernière récolte	119
› Traitement de fin d'automne ou d'hiver	129
› Traitement de printemps	132
› Traitement en saison apicole (entre deux miellées) ...	134
Élimination des déchets de médicaments	136

Travaux de la FNOSAD en lien avec la lutte chimique	138
› Suivis d'efficacité	138
› Essais cliniques	142
› Études de sensibilité/résistance	142
Pharmacovigilance	143
Conclusion	144

II. MÉTHODES DE LUTTE BIOTECHNIQUES 145

Introduction à la lutte biotechnique	145
Le retrait du couvain de mâles	146
Le retrait total du couvain	149
L'encagement de reine	151
Formation de nucléi	159
Le traitement thermique du couvain	160
Conclusion sur les méthodes biotechniques	162

III. AUTRES PISTES DE LUTTE 163

La lutte par biocontrôle	163
La lutte sémiochimique	165

IV. MESURES ZOOTECHNIQUES 166

V. SÉLECTION DES ABEILLES 167

Introduction	167
Un peu de génétique rudimentaire	168
› Héritéité	168
› Héritabilité	168
Résistance / tolérance	170
Caractères et comportements étudiés	171
Conclusion	174

VI. IPM 175



I. LUTTE PAR CHIMIOTHÉRAPIE

La lutte chimique repose sur l'utilisation de médicaments ayant des propriétés acaricides (capables de tuer l'acarien varroa) qui sont, à l'exception d'un seul cas, appliqués à l'intérieur de la ruche au plus près des individus qui composent la colonie. L'objectif est évident (éliminer les varroas de la colonie) mais le moyen d'y parvenir n'est pas aisé. En effet, certains acaricides ayant aussi une action insecticide, c'est un vrai défi que de vouloir détruire des acariens dans une colonie d'insectes. L'apiculteur ne doit pas oublier cette particularité et cela doit le conduire à respecter toutes les recommandations indiquées pour chaque médicament : dose, durée d'application, etc.

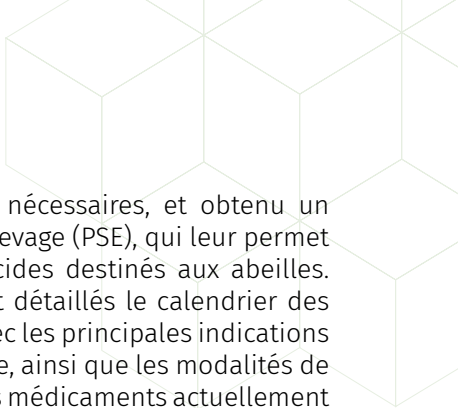
Par ailleurs, la colonie d'abeilles est un organisme complexe pour lequel il n'est pas facile de trouver une forme pharmaceutique adaptée ; ainsi certaines substances ont montré une efficacité intéressante contre le varroa en conditions de laboratoire mais n'ont jamais pu être utilisées dans la ruche faute de mode d'application pertinent.

Les médicaments qui sont commercialisés doivent répondre à de nombreux critères et en particulier :

- › Avoir un bon effet acaricide
 - › Ne pas être toxiques pour les abeilles
 - › Ne pas être toxiques pour le consommateur (= ne pas laisser de résidus ou seulement en quantités tolérables selon les normes en vigueur)
 - › Ne pas être dangereux pour l'applicateur (sous conditions éventuelles de protections adéquates)
-

RÔLE DES OSAD ET DES PSE

Les organisations sanitaires apicoles départementales (OSAD) jouent un rôle majeur pour le maintien ou l'amélioration de la santé des abeilles. Elles apportent à leurs adhérents apiculteurs des informations de qualité sur les bonnes pratiques d'élevage, sur la réglementation et ses évolutions, sur la prophylaxie des différentes maladies et en particulier sur la lutte contre le varroa.



La plupart d'entre elles ont effectué les démarches nécessaires, et obtenu un agrément pharmacie, avec un programme sanitaire d'élevage (PSE), qui leur permet de délivrer à leurs adhérents les médicaments acaricides destinés aux abeilles. Chaque OSAD définit son propre PSE dans lequel sont détaillés le calendrier des interventions, la liste des médicaments disponibles (avec les principales indications pour leur utilisation) et les conditions de leur délivrance, ainsi que les modalités de suivi pour la bonne exécution de ce programme. Tous les médicaments actuellement disponibles et autorisés en France peuvent être inscrits dans un PSE, et ils le sont dans un but prophylactique, c'est-à-dire pour prévenir l'apparition de la varroose.

La mise en œuvre d'un PSE permet aux apiculteurs qui y adhèrent, d'accéder aisément à ces médicaments avec AMM, mais surtout de **bénéficier des indispensables conseils pour leur bonne utilisation, de la part des TSA (Techniciens Sanitaires Apicoles) et des vétérinaires conseils attachés à ces OSAD**. Ces conseils sont dispensés lors des visites¹³ de suivi de PSE et grâce aux divers moyens de communication employés par les OSAD (bulletins, réunions, formations, séances en rucher école).

En conséquence, on peut espérer que dans le territoire couvert par une OSAD et son PSE, la majorité des apiculteurs adoptent de bonnes pratiques de lutte, et respectent le calendrier établi dans le PSE. Ces points sont essentiels pour que la lutte soit collective dans le temps et dans l'espace, et qu'ainsi les sources de réinfestation des colonies traitées soient les plus réduites possibles. C'est un facteur déterminant dans l'efficacité de la lutte contre le varroa, car il est largement prouvé qu'un seul rucher fortement infesté dans un secteur ou une seule colonie fortement infestée dans un rucher peuvent être à l'origine d'une (re)contamination de nombreuses colonies à proximité, par le fait du pillage essentiellement. Ainsi, sans mesures de lutte collective, malgré un traitement rigoureux, une colonie forte, bien déparasitée peut se réinfester et se retrouver en danger.



Un seul rucher fortement infesté dans un secteur ou une seule colonie fortement infestée dans un rucher peuvent être à l'origine d'une (re)contamination de nombreuses colonies à proximité.

13 – Visite de suivi de PSE : les OSAD qui obtiennent un agrément pharmacie ont plusieurs obligations réglementaires. L'une d'elle consiste à organiser des visites, effectuées par le vétérinaire conseil ou les TSA, chez tous les adhérents auxquels elles ont délivré des médicaments afin d'en vérifier la bonne utilisation et le respect des préconisations du PSE. Tous ces apiculteurs doivent être visités au moins une fois pendant la durée de l'agrément qui est de 5 ans. Ces visites permettent de fournir des conseils pour la lutte contre le varroa et la bonne conduite sanitaire du rucher, de donner des informations sur la réglementation apicole, et éventuellement d'effectuer une visite des colonies.

QU'EST-CE QUE LA RÉINFESTATION ?

On parle de **réinfestation** quand la population de varroas augmente de nouveau alors qu'elle a été réduite par un traitement et devrait rester basse et assez stable à la période considérée.

Elle résulte d'une contamination d'origine externe, par introduction de varroas à la suite de pillage ou de dérive.

GÉNÉRALITÉS SUR LES MÉDICAMENTS

DÉFINITIONS EXTRAITES DU CODE DE LA SANTÉ PUBLIQUE

Extrait de l'article L5111-1

On entend par **médicament** toute substance ou composition présentée comme possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines ou animales, ainsi que tout produit pouvant être administré à l'homme ou à l'animal, en vue d'établir un diagnostic médical ou de restaurer, corriger ou modifier leurs fonctions organiques.

Article L5111-2

On entend par **spécialité pharmaceutique**, tout médicament préparé à l'avance, présenté sous un conditionnement particulier et caractérisé par une dénomination spéciale.

Article L5141-1

On entend par médicament vétérinaire, tout médicament destiné à l'animal tel que défini à l'article L. 5111-1.

On entend par spécialité pharmaceutique vétérinaire, toute spécialité pharmaceutique telle que définie à l'article L. 5111-2 et destinée à l'animal.

Réglementation

En France, actuellement, seuls les médicaments de lutte contre le varroa sont autorisés en apiculture.

En date du mois de juin 2021, treize spécialités (médicaments) ont une AMM pour les abeilles : ApiBioxal®, Apiguard®, Apilife Var®, Apistan®, Apitraz®, Apivar®, Bayvarol®, Formic Pro®, MAQS®, Oxybee®, Polyvar Yellow®, Thymovar®, VarroMed® (par ordre alphabétique).

Tableau des médicaments :

NB : Les cinq premiers médicaments ne sont pas utilisables en apiculture bio.

PRODUIT (Date AMM) Forme, Substances actives	MODALITÉS D'ADMINISTRATION	POSOLOGIE DURÉE DU TRAITEMENT
APISTAN® (1989) Lanières Tau-fluvalinate	Insertion entre les cadres	2 lanières par ruche pendant 6 à 8 semaines (1 lanière pour les ruchettes)
APIVAR® (1995) Lanières Amitraze	Insertion entre les cadres. Repositionnement possible (nettoyage des lanières par grattage à mi-traitement possible)	2 lanières par ruche pendant 6 (si peu de couvain) à 10 semaines (en présence de couvain) (1 lanière pour les ruchettes)
APITRAZ® (2015) Lanières Amitraze	Insertion entre les cadres	2 lanières par ruche pendant 6 semaines
BAYVAROL® (2017) Lanières Fluméthrine	Insertion entre les cadres	4 lanières par ruche (2 lanières pour les ruchettes et les colonies plus faibles) pendant 4-6 semaines
POLYVAR YELLOW® (2017) Lanières Fluméthrine	Insertion à l'entrée de la ruche (à l'intérieur ou à l'extérieur)	2 lanières par ruche standard pendant au moins 9 sem. jusqu'à la fin de l'activité de vol, mais pas plus de 4 mois
APIGUARD® (2001) Gel Thymol	Insertion dans la ruche, barquette ouverte posée sur le dessus des cadres au centre, gel vers le haut, couvercle non détaché	2 applications d'1 barquette à 2 semaines d'intervalle, 2 traitements par an max.

PRODUIT (Date AMM) Forme, Substances actives	MODALITÉS D'ADMINISTRATION	POSOLOGIE DURÉE DU TRAITEMENT
THYMOVAR® (2007) Plaquettes Thymol	Insertion dans la ruche, au-dessus des cadres pas directement au-dessus du couvain	1 à 2 plaquettes par ruche, 2 fois pendant 3-4 semaines Ne pas traiter plus de 2 fois par an
APILIFE VAR® (2010) Plaquettes Thymol, HE d'eucalyptus, camphre et lévomenthol	Insertion dans la ruche, disposer à 1 coin ou aux 4 coins de la ruche au-dessus des cadres, loin du couvain	1 plaquette tous les 7 jours, 4 fois consécutives, 1 fois par an
MAQS® (2014) Bandes Acide formique	Insertion dans la ruche, bandes à plat au-dessus des cadres	2 bandes par ruche, pendant 7 jours
FORMIC PRO® (2021) Rubans Acide formique	Insertion dans la ruche, rubans à plat au-dessus des cadres	2 rubans par ruche, pendant 7 jours
API-BIOXAL® (2015) Poudre Acide oxalique	Dégouttement sur les abeilles, dans la ruche (préparation à réaliser) ou Sublimation (= fumigation)	Dégouttement : en 1 application, à 30-35 °C, 5 ml par inter cadre occupé par les abeilles (50 ml max.), 2 fois par an max. Sublimation : 2,3 g dans l'appareil par ruche, 1 traitement par an
OXYBEE® (2018) Poudre et solution pour dispersion Acide oxalique	Dégouttement sur les abeilles, dans la ruche (préparation à réaliser)	En une application, à 30-35 °C, 5-6 ml par intercadre occupé par les abeilles (54 ml max.)
VARROMED® (2017) Dispersion Acide formique + acide oxalique	Dégouttement sur les abeilles, dans la ruche (dispersion prête à l'emploi)	Température de la dispersion : entre 25 et 35 °C, 15 à 45 ml en une fois, de 1 à 5 fois à des intervalles de 6 jours

NB1 : MAQS® et FormicPro® sont deux médicaments similaires, fabriqués par le même laboratoire.

NB2 : Un quatorzième médicament ne figure pas dans ce tableau : Dany's BienenWohl®, poudre et solution pour dispersion pour ruche d'abeilles à 39,4 mg/ml. Son RCP est identique à celui de l'Oxybee (excepté le nom), il a obtenu une AMM en France la même année (2018) que celui-ci, mais n'y a encore jamais été commercialisé.

Toutes les informations utiles (composition, posologie, précautions, etc.) de chaque médicament sont données dans un document appelé RCP (Résumé des Caractéristiques du Produit). Les RCP de tous les médicaments autorisés destinés aux abeilles (en France) sont accessibles sur le site de la FNOSAD :

fnosad.com > Documents utiles > Informations techniques sur les médicaments-RCP
<https://fnosad.com/documents-utiles-a-telecharger>

Tous ces médicaments sont accessibles sans ordonnance vétérinaire¹⁴, auprès des trois catégories d'ayants droit du médicament vétérinaire :

- › Pharmacien (pour tout médicament, pour tout client)
- › Vétérinaire (pour tout médicament, pour les propriétaires des animaux auxquels il apporte régulièrement ses soins)
- › Groupement agréé (pour les médicaments inscrits au PSE, pour ses adhérents suivant le PSE) : GDSA, SA GDS, ASAD, GASA, etc. (Voir paragraphe « Rôle des OSAD et des PSE », page 102).

L'ordonnance n'est pas obligatoire pour la délivrance d'un médicament anti-varroa, néanmoins le vétérinaire prescripteur peut en rédiger une chaque fois qu'il le juge nécessaire.

Il a la possibilité, par ce document, de préciser les modalités d'application du médicament, et ce notamment quand il choisit de ne pas suivre toutes les recommandations données par le fabricant. Par exemple, il peut prescrire une durée de traitement plus longue que celle indiquée dans le RCP, en s'appuyant sur des données scientifiques montrant que l'efficacité en est améliorée.

Bien que ce ne soit pas exigé, beaucoup d'OSAD fournissent à leurs adhérents les ordonnances rédigées par le vétérinaire conseil, afin de leur apporter les informations les plus précises possible pour une utilisation optimale des médicaments.



© F. Giraud

14 – Arrêté du 5 mai 2018 modifiant l'arrêté du 24 avril 2012 portant exonération de la réglementation des substances vénéneuses destinées à la médecine vétérinaire.

Substances actives

Plusieurs substances actives sont utilisées dans la pharmacopée apicole française :

- › certaines, utilisables en apicultures biologique (en bio) et conventionnelle, sont dites « naturelles » (quand bien même elles sont synthétisées) car elles sont analogues à des substances présentes dans la nature : thymol, acides formique et oxalique, huiles essentielles d'eucalyptus, camphre, lévomenthol,
- › d'autres, non utilisables en bio, sont dites « synthétiques » (« inventées » par la chimie) et appartiennent à deux familles : les formamidines (amitraz) et les pyrèthrinoides (tau fluvalinate et fluméthrine).

Parmi toutes ces substances actives, une seule, l'acide formique, est réputée pouvoir atteindre (sous certaines conditions) les varroas dans le couvain operculé ; toutes les autres n'ont d'action que sur les varroas présents sur les abeilles adultes.

Forme galénique¹⁵ et application

Les médicaments ne se présentent pas tous sous la même forme. Il existe également différentes manières de les administrer, parfois pour un même médicament ou une même substance. Le ou les principes actifs peuvent être contenus dans :

- › des lanières plastiques à insérer entre les cadres ou devant l'entrée de la ruche,
- › des plaquettes à placer sur le dessus des cadres,
- › un gel dans une barquette à placer sur le dessus des cadres,
- › des bandes ou des rubans (à base d'amidon) à placer sur le dessus des cadres,
- › une solution prête à l'emploi ou à mélanger avec une poudre (fournie), pour une application par dégouttement sur les abeilles,
- › une poudre à mélanger avec un sirop (non fourni) pour une application par dégouttement sur les abeilles, ou à utiliser dans un appareil pour réaliser une sublimation (passage de l'état solide à l'état de vapeur) dans la ruche.

Durée d'action

La durée d'action du médicament peut aller de quelques jours à plusieurs mois selon les spécialités. Elle est liée au mode d'administration (unique ou répétée) ou au fait que la libération de la substance active est immédiate ou progressive.

15 – La forme galénique (ou forme pharmaceutique) est la forme sous laquelle sont associés les principes actifs et les excipients qui constituent un médicament en relation avec un mode d'administration donné. Exemples : comprimés, gélules, suspension buvable, suspension injectable, lanières, plaquettes, etc.

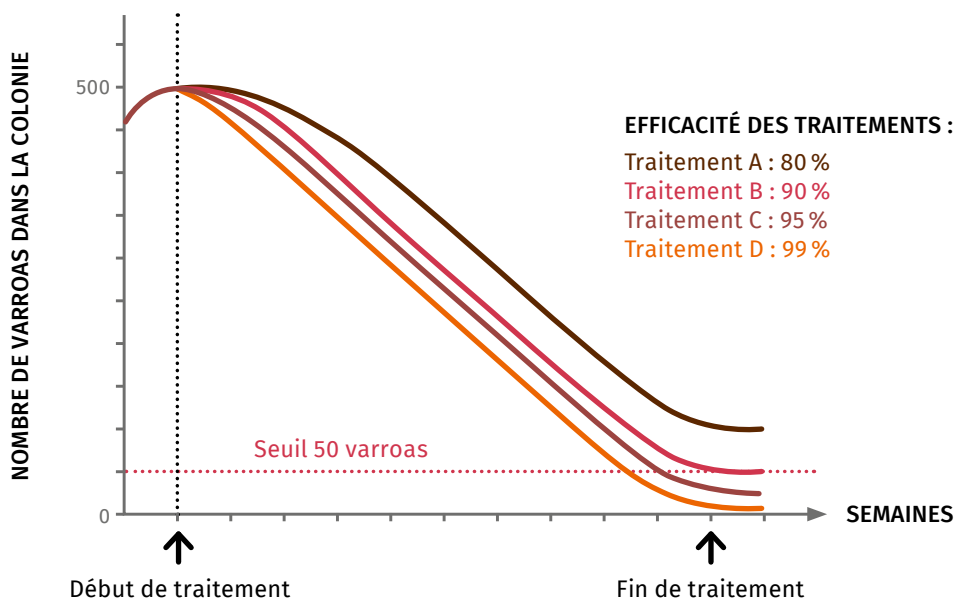
Efficacité des médicaments

Le pourcentage d'efficacité est la capacité d'un médicament à éliminer les varroas d'une colonie ; c'est une caractéristique intrinsèque, déterminée par son fabricant.

Pour l'homologation d'un médicament, elle doit être au minimum :

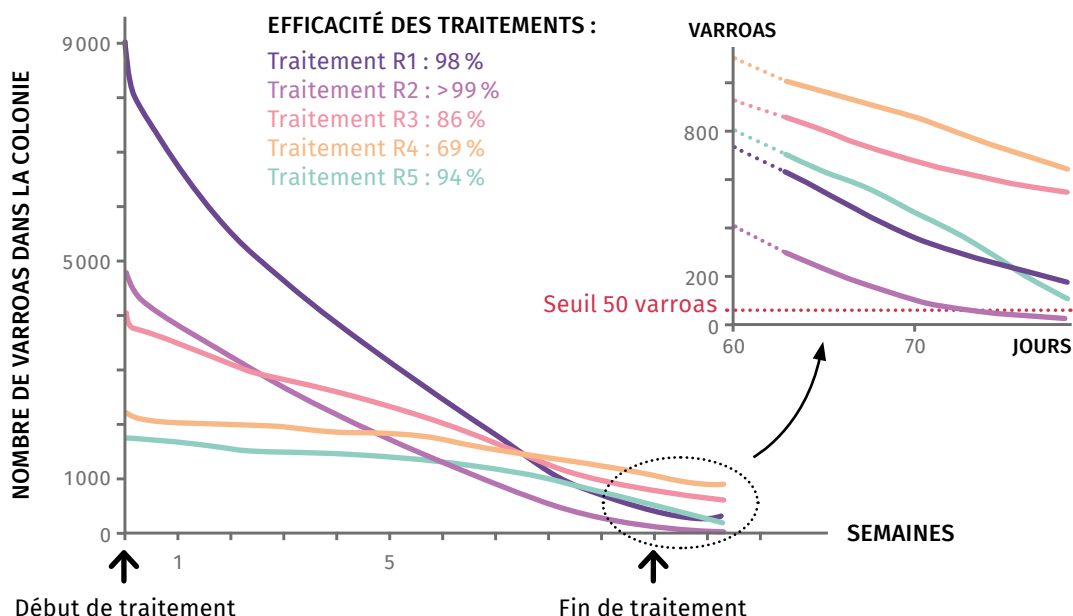
- › de 95 % s'il contient des principes actifs de synthèse,
- › de 90 % s'il contient des substances d'origine naturelle.

Ainsi, selon ce critère, un traitement doit en principe, éliminer au moins 95 % des varroas présents dans la colonie, s'il est réalisé avec un médicament contenant une substance active de synthèse, et au moins 90 % s'il est réalisé avec un médicament contenant une substance d'origine naturelle.



Courbes théoriques représentant la diminution au cours du temps de la population de varroas, selon que le médicament appliqué a une efficacité de 80, 90, 95 ou 99 % (le niveau d'infestation initial étant de 500 varroas).

Avec le traitement A, la quantité de 100 varroas résiduels est trop importante.



Courbes réalisées à partir des résultats obtenus dans un rucher ayant participé aux suivis d'efficacité de la FNOSAD en 2019.

Ces courbes représentent la diminution de la population de varroas au cours du traitement. Le nombre total de varroas (point de départ des courbes) correspond à la totalité des parasites décomptés pendant tout le suivi, c'est-à-dire au cours du traitement en test puis après les deux traitements de contrôle. Les chutes de varroas attribués à l'action du médicament en test sont comptabilisés jusqu'à 9 jours après la fin du traitement (fin des courbes).

On peut noter que dans un même rucher, l'infestation et l'efficacité du traitement peuvent beaucoup varier d'une ruche à l'autre.

- > Pour la ruche R1, malgré une très forte infestation, l'efficacité est satisfaisante.
- > Pour R2 et R3 qui ont toutes deux une infestation comprise entre 4000 et 5000 varroas, l'efficacité est très différente, optimale pour R2 et insuffisante pour R3.
- > Pour R4 et R5 qui ont des niveaux d'infestation assez proches, l'efficacité est très insuffisante pour R4 et juste en dessous du seuil de 95 % pour R5.
- > En dehors du cas de R2 (avec un pourcentage d'efficacité > 99 %), le nombre de varroas résiduels est, dans toutes les ruches, trop important (de 113 à 651), et ce malgré une efficacité parfois satisfaisante du traitement (cas de R1 avec un pourcentage d'efficacité de 98 % mais 168 varroas résiduels).

Effets secondaires des médicaments

Les médicaments peuvent avoir des effets indésirables sur les abeilles, allant de l'agitation passagère des colonies jusqu'à des mortalités de couvain ou d'abeilles, suivant les cas et les circonstances. Ces effets, dont il faut avoir connaissance, sont indiqués dans la notice de chaque spécialité. Lorsque l'utilisateur observe des effets non répertoriés, il est souhaitable qu'il les signale auprès des autorités compétentes (ANMV). (Voir paragraphe « Pharmacovigilance », page 143).

CONSEILS POUR BIEN RÉALISER LES TRAITEMENTS MÉDICAMENTEUX

Utiliser uniquement les médicaments ayant une AMM en France pour les abeilles

Ce sont les seuls autorisés. Ils sont spécifiquement conçus pour un usage en apiculture et apportent ainsi une garantie de qualité pharmaceutique, de sécurité pour les abeilles, pour l'environnement, l'utilisateur et le consommateur. Leur efficacité a été évaluée.

Ne jamais appliquer de médicament alors que les hausses à miel sont en place

Sinon le miel risque de contenir des quantités de résidus supérieures aux seuils autorisés, d'avoir un goût altéré ou une odeur anormale.

Cette précaution est à respecter, même si une indication contraire figure sur la notice de l'un d'eux.

Traiter l'ensemble des colonies d'un rucher en même temps

Si une partie des ruches n'est pas traitée en même temps que l'ensemble, elles peuvent être une source de réinfestation pour les colonies traitées, notamment par suite du pillage.

Pour les mêmes raisons, il est aussi souhaitable de s'entendre avec les apiculteurs de son voisinage, pour effectuer le traitement de fin de saison au même moment.

Ne pas appliquer simultanément différents médicaments dans une colonie

L'association non prévue de plusieurs matières actives au sein de la colonie peut avoir des conséquences totalement inattendues et se traduire par un effet toxique sur les abeilles.

Respecter la posologie indiquée sur la notice ou par le vétérinaire prescripteur

Si la dose n'est pas suffisante, le traitement risque de ne pas être assez efficace, et de favoriser la sélection des populations les moins sensibles chez les varroas.

Un surdosage peut entraîner un effet toxique sur les abeilles, une augmentation des résidus dans le miel et génère une dépense inutile.



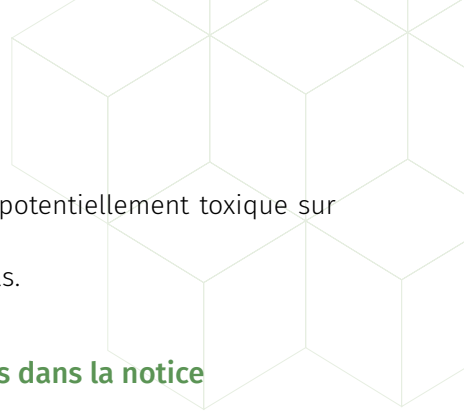
© G. Durand

Respecter la durée du traitement indiquée sur la notice ou par le vétérinaire

Si le traitement est trop court, il risque de ne pas être suffisant et par exemple de ne pas assurer la « couverture » acaricide attendue (cas des médicaments sous forme de lanières).

À l'inverse si les médicaments restent trop longtemps dans la ruche, on peut craindre :

- › d'augmenter des résidus dans le miel de la récolte suivante ; les abeilles déplaçant le miel au cours du développement de la colonie, du miel de corps se retrouve dans les hausses,

- 
- › d'augmenter des résidus dans la cire avec un effet potentiellement toxique sur les abeilles,
 - › de favoriser l'apparition de résistance chez les varroas.

Respecter les précautions d'emploi, mentionnées dans la notice de chaque spécialité

Elles peuvent concerner les conditions de température, la taille ou la force des colonies, etc., ainsi que des mesures de protection pour la personne qui manipule et applique le médicament. (Voir encadré « Protection et précautions lors de la manipulation des médicaments », page 115).

Réaliser le traitement avant que l'infestation par le varroa ne soit trop importante

Quand la population d'acariens dépasse le seuil dommageable pour la colonie, une fois les dégâts commis sur le couvain et les abeilles adultes, il n'est pas toujours possible de sauver la colonie affaiblie, même si, à la fin du traitement, la quantité de varroas est très faible.

Contrôler l'efficacité du traitement d'été

Cela permet d'apprécier s'il reste encore beaucoup de varroas et si un traitement dit « hivernal » (hors couvain) est nécessaire.

La persistance, après traitement, de varroas en trop grand nombre peut avoir plusieurs origines : infestation très forte, quantité importante de couvain au début du traitement, défaut intrinsèque du médicament, présence de populations de varroas résistantes au principe actif, mauvaise application, utilisation de médicaments périmés ou conservés dans de mauvaises conditions, réinfestation, ou encore une cause inconnue.

Après la fin du traitement d'été, si le nombre de varroas qui tombent naturellement dépasse 0,5 en moyenne par jour¹⁶, il faut appliquer un traitement complémentaire. L'objectif est d'éliminer un maximum de varroas résiduels afin que la colonie puisse se développer au printemps dans de bonnes conditions. (Voir encadré « Pourquoi effectuer une évaluation de l'infestation en automne ? », page 94).

16 – Moyenne obtenue en divisant le nombre total de varroas par le nombre de jours pendant lesquels les comptages sont faits.

VARROAS RÉSIDUELS

On appelle «varroas résiduels» les varroas qui n'ont pas été éliminés par le traitement et qui persistent dans la colonie.

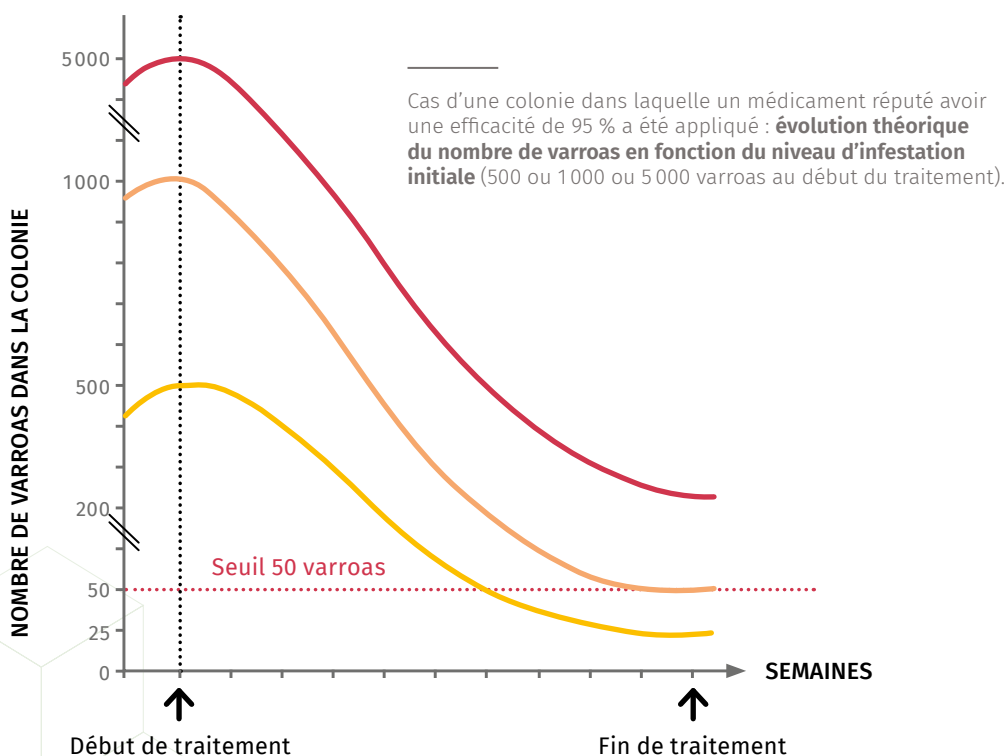
Le nombre de varroas résiduels dépend de plusieurs facteurs dont le niveau d'infestation initial, l'efficacité intrinsèque du médicament et le respect des recommandations pour son application (voir figure ci-dessous).

Exemple :

Pour un niveau d'infestation initial d'environ 4000 varroas, et un traitement réalisé correctement, le nombre de varroas résiduels pourrait atteindre :

- 200 varroas avec un médicament réputé avoir une efficacité de 95 %,
- 400 varroas avec un médicament réputé avoir une efficacité de 90 %.

Dans les deux cas la quantité de varroas résiduels est problématique pour la colonie lors de la saison suivante si aucun autre traitement n'est appliqué.



Veiller, dans la mesure du possible, à pratiquer une alternance des principes actifs

L'alternance permet en général de limiter le risque d'apparition de résistance des parasites vis-à-vis d'une molécule. Le rythme peut varier suivant les pratiques et les familles d'acaricides. Il ne s'agit pas nécessairement d'une alternance annuelle.

Pour les substances de la famille des pyréthrinoïdes (tau-fluvalinate, fluméthrine) les phénomènes de résistance sont connus¹⁷ depuis longtemps et on sait par ailleurs qu'il existe des possibilités de résistance dite « croisée » vis-à-vis de différentes molécules de cette même famille. Par prudence, et tant que l'on ne dispose pas de moyen aisé, par un test de terrain, de savoir si on est en présence de varroas résistants, il convient de ne pas utiliser successivement (au cours d'une même année ou pendant plusieurs années) de médicaments contenant un pyréthrinoïde (Apistan®, Bayvarol® et Polyvar Yellow®), mais de n'en utiliser qu'une fois tous les 3 ou 4 ans.

Utiliser les médicaments compatibles avec son statut (bio/conventionnel)

Parmi la liste des médicaments autorisés en France, tous sont utilisables en apiculture conventionnelle. Ceux contenant de l'amitraz, du tau-fluvalinate ou de la fluméthrine (Apistan®, Apitraz®, Apivar®, Bayvarol®, Polyvar Yellow®) ne sont pas autorisés en apiculture bio.

PROTECTION ET PRÉCAUTIONS LORS DE LA MANIPULATION DES MÉDICAMENTS

Les médicaments destinés au traitement des colonies contiennent des substances pouvant être dangereuses (irritantes et/ou toxiques et/ou corrosives) pour la personne qui les utilise. Il convient donc de prendre des précautions adaptées aux différents risques, pendant la manipulation (préparation, application, retrait, conditionnement pour destruction, etc.).

Le détail de ces précautions est donné dans la notice (ou le RCP) de chaque médicament, dans le paragraphe intitulé : *Précautions particulières d'emploi - Précautions particulières à prendre par la personne qui administre le médicament vétérinaire aux animaux* et il donc est vivement conseillé d'en prendre connaissance avant toute utilisation d'un médicament.

Un résumé de ces recommandations est proposé ci-après.

17 – Milani N. (1995) « The resistance of *Varroa jacobsoni* Oud to pyrethroids: a laboratory assay ». *Apidologie* 26(5):415-429.
<https://doi.org/10.1051/apido:19950407>

Pour la manipulation de tous les médicaments :

- › Ne pas boire, manger, fumer
- › Éviter l'inhalation, ne pas ingérer
- › Éviter tout contact direct avec la peau, les yeux et les muqueuses
- › Porter des **gants de protection vis-à-vis des produits chimiques dangereux**, de type nitrile, norme EN 374-1
- › Porter la protection habituelle au rucher (vêtements couvrant la peau)
- › Se laver les mains avec du savon dès que la manipulation est terminée
- › En cas de contact avec la peau, laver avec de l'eau et du savon
- › En cas de contact avec les yeux, les muqueuses : laver à l'eau, consulter un médecin
- › Garder l'emballage et la notice pour pouvoir les montrer à un médecin, en cas d'accident.

Pour la manipulation des médicaments qui contiennent des acides (ApiBioxal®, Formic Pro®, MAQS®, Oxybee®, VarroMed®), ces substances pouvant causer des lésions très graves, des précautions supplémentaires sont à prendre :

- › Porter les **lunettes de sécurité**
- › Porter un **masque respiratoire filtrant de type FFP2 et, de façon impérative, un masque à gaz et particules (de type A2P3) en cas de sublimation de l'ApiBioxal®**
- › Avoir une source d'eau à disposition (pour rincer abondamment en cas de contact)
- › En cas de contact avec la peau ou les yeux, rincer immédiatement à l'eau et pendant 10 minutes, et faire appel à un médecin
- › En cas d'inhalation accidentelle, respirer de l'air frais, et faire appel à un médecin
- › En cas d'ingestion, ne pas provoquer de vomissement et faire appel à un médecin

RAPIDITÉ ET DURÉE D'ACTION DES MÉDICAMENTS

Parmi les médicaments actuellement disponibles, trois catégories en termes de rapidité et durée d'action peuvent être définies. Selon les besoins et le contexte, l'apiculteur peut être amené à privilégier l'emploi d'un médicament de l'une ou l'autre catégorie, ou à les utiliser de manière successive (mais jamais simultanément).

Médicaments à effet rapide et court, appelé effet « flash »

ApiBioxal®, Oxybee®, VarroMed® (administré en 1 application au printemps et en hiver)

Ces médicaments ont la propriété de faire chuter très rapidement (en quelques jours) une grande quantité de varroas, et donc de baisser très vite la pression parasitaire, mais leur durée d'action est inférieure à une semaine et seuls les varroas phorétiques sont atteints. Ils ne confèrent pas de protection par rapport au risque de réinfestation. En effet, passé un délai de quelques jours après leur application, ils ne préservent pas de la contamination d'origine extérieure (venant surtout de la dérive et du pillage), et ils ne permettent pas non plus de limiter la reproduction des varroas résiduels. En dehors de la période hivernale où ce risque est très faible, cela peut être considéré comme un inconvénient et doit être pris en compte s'il n'y a pas de lutte collective concertée, ou si le voisinage apicole constitue un danger, avec des ruchers traités tardivement, incorrectement ou pas du tout.

Pour ApiBioxal® et Oxybee®, l'acide oxalique étant la seule substance active, il est recommandé de ne les utiliser qu'en absence de couvain, puisque l'efficacité de l'acide oxalique est très diminuée dès lors que du couvain operculé est présent (la plupart des varroas étant dans le couvain et donc préservés de l'action acaricide de l'acide oxalique). Pour VarroMed®, l'utilisation en application unique n'est préconisée qu'en hiver et en absence de couvain ou bien au printemps si les chutes induites sont peu importantes. (Voir RCP – Résumé des Caractéristiques du Produit).

Médicaments à effet rapide et d'une durée moyenne (inférieure à 4 semaines)

Formic Pro®, MAQS®, VarroMed® (administré en 3 applications au printemps ou en été)

Ces médicaments vont permettre de faire chuter rapidement la pression parasitaire, et vont avoir une action un peu prolongée soit en raison d'une libération progressive

du principe actif pendant plusieurs jours (cas du Formic Pro® et du MAQS®), soit parce que le traitement se fait en 3 applications (cas du VarroMed® au printemps ou en été suivant le niveau d'infestation).

NB : l'apiculteur doit se montrer prudent dans l'utilisation du VarroMed® (qui contient, outre de l'acide formique, de l'acide oxalique en concentration assez importante) quand le traitement comporte plusieurs applications. À la suite d'expériences sur divers traitements effectués avec l'acide oxalique, des chercheurs (Charrière et Imdorf, 2000) ont indiqué qu'il fallait éviter les applications répétées par dégouttement, car ils ne sont pas bien tolérés par les abeilles. Des publications (Hatjina, 2005 ; Bethany et al., 2019) font aussi état de effets néfastes sur le couvain ouvert de l'acide oxalique appliqué par dégouttement. Par ailleurs, au printemps, la ruche est peuplée d'abeilles à vie courte, et selon une étude (Martin et al., 2000) l'acide oxalique serait plus toxique pour elles que pour les abeilles à vie longue (d'hiver), probablement en raison de capacités de détoxication moindres.

Médicaments à effet prolongé

Apiguard®, Apilife Var®, Apistan®, Apitraz®, Apivar®, Bayvarol®, Polyvar Yellow®, Thymovar®, VarroMed® (administré en 5 applications en été)

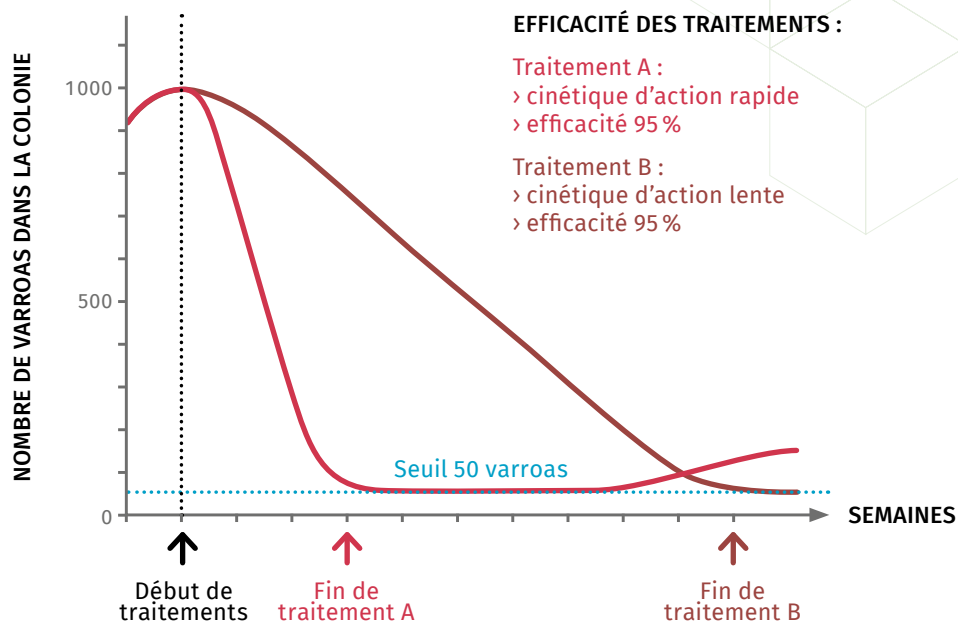
Ces médicaments agissent plus ou moins rapidement, mais ont tous une durée d'action supérieure à 4 semaines. Cette action prolongée résulte :

- › soit d'un traitement en plusieurs applications (VarroMed® en été avec 5 applications),
- › soit de l'effet d'une forme galénique, qui permet le relargage de la substance active de manière progressive suite à une seule application (médicaments sous forme de lanières : Apivar®, Apitraz®, Apistan®, Polyvar Yellow®),
- › soit encore d'un traitement en plusieurs applications avec, chaque fois, une libération progressive de la substance active (médicaments à base de thymol : Apiguard®, Apilife Var®, Thymovar®).

Au sujet du VarroMed® : voir « NB » ci-dessus.

Ils ont une action sur les varroas phorétiques uniquement, et le fait que leur action se prolonge pendant plusieurs semaines devrait permettre d'éliminer les varroas au fur et à mesure qu'ils sortent du couvain lors de l'émergence des abeilles et/ou s'ils sont introduits avec des abeilles dans la colonie. Ils sont donc a priori les plus indiqués pour assurer une protection contre les réinfestation. En raison de cette caractéristique et de la durée du traitement, ces médicaments sont surtout utilisés en traitement d'été, après la dernière récolte.

Lorsqu'il y a beaucoup de couvain dans les colonies et une population de varroas importante, l'action lente de certains de ces médicaments peut se traduire par la persistance d'une pression parasitaire préjudiciable car prolongée, et ne pas permettre une production d'abeilles d'hiver bien constituées car ayant subi les effets du parasitisme.



Importance de la cinétique d'action d'un traitement anti-varroa.

Courbes théoriques de l'évolution du nombre de varroas dans une colonie suivant que le traitement appliqué, possédant une efficacité de 95 %, a un effet rapide et bref (A) ou lent et prolongé (B).

CALENDRIER DE TRAITEMENT

Traitement d'été après la dernière récolte

Remarque : les expressions « traitement de fin de saison » et « traitement d'été » renvoient au traitement réalisé après la dernière récolte de miel qui a lieu dans la majorité des cas avant la fin de l'été.



Dernière récolte.

© G. Durand

Objectifs de ce traitement

C'est le traitement le plus important, qui est appliqué de manière « obligatoire » en fin de saison apicole, le plus tôt possible après la dernière récolte, généralement avant la fin de l'été, la date pouvant varier suivant les régions. Il doit permettre de diminuer rapidement et efficacement la quantité de varroas présents dans la colonie en-dessous du seuil dommageable. C'est indispensable pour que la production d'abeilles d'hiver se fasse dans les meilleures conditions possibles, sans parasitisme excessif.

Ce traitement doit, potentiellement, permettre aussi de protéger les colonies contre

- › la réinfestation à la suite de pillage ou de dérive. Ces comportements peuvent être aggravés en cas de disette et/ou si les conditions climatiques en toute fin d'été et à l'automne sont durablement favorables aux sorties des abeilles.
- › les effets de la descendance des varroas qui n'ont pas été tués dans les premiers jours d'application du médicament

Le traitement de fin de saison est indispensable pour que la production d'abeilles d'hiver se fasse dans les meilleures conditions possibles.

Pour limiter les risques de contamination d'origine externe, et augmenter les performances des traitements, il importe que la totalité des ruches d'un rucher et plus largement d'un secteur, soit traitée simultanément. En apiculture, et en particulier en ce qui concerne le varroa, **la lutte doit impérativement être collective.**

À NOTER : l'association étroite et délétère pour l'abeille, entre le varroa et le virus des ailes déformées¹⁸, se traduit par une atteinte durable des colonies et compromet leur survie hivernale. En effet une fois l'infection virale déclarée (grandement favorisée par le parasite), ses manifestations se prolongent sur plusieurs semaines, et souvent bien après que la pression parasitaire ait été abaissée à un seuil tolérable pour l'hivernage. Ainsi, il n'est pas rare d'observer des signes tels que des abeilles aux ailes atrophiées ou des nymphes mortes juste avant l'émergence, alors que les médicaments anti-varroa ont déjà produit leurs effets. Un traitement précoce est donc aussi le meilleur moyen de limiter les effets du virus des ailes déformées (DWV).

Quels médicaments utiliser à cette période ?

Il existe plusieurs solutions à la disposition de l'apiculteur. En ayant connaissance des caractéristiques de chacune, il pourra choisir en fonction de ses propres critères.

a. Médicaments à base de thymol

(Voir RCP de Apiguard®, ApilifeVar®, Thymovar®)

Les vapeurs des substances actives sont libérées à partir du support pendant la durée du traitement, elles vont atteindre un niveau de concentration dans l'air de la ruche qui provoquera la mort des varroas présents sur les abeilles. Ce niveau de concentration doit être atteint et l'apiculteur doit y veiller par ses pratiques (voir page suivante).

18 – Voir, au chapitre 2, le zoom sur le virus des ailes déformées, page 53.

Dans un cas (Apiguard®), le thymol est aussi diffusé dans la colonie par les abeilles elles-mêmes qui, lorsqu'elles tentent d'éliminer le gel contenu dans les barquettes, en prélèvent des morceaux et le transportent sur leur corps où il peut agir également par contact.



**Application (toujours sur le dessus des cadres)
des médicaments à base de thymol, se présentant
sous forme :**

- 1 - de gel (Apiguard®)
- 2 - de plaquette en résine phénolique (Apilife Var®)
- 3 - de plaquette en éponge cellulosique (Thymovar®)

1. © Vita Europe. 2. © Chemicals. 3. © Vêto-Pharma

Le traitement se fait en plusieurs applications et dure 4 à 8 semaines, suivant la spécialité.

Conditions requises : les ruches doivent disposer d'une chambre d'évaporation (couvre cadres retourné par ex.), être aménagées de telle sorte qu'il n'y ait pas de pertes de vapeurs (fermeture du grillage du plateau, etc.) ni d'obstacle à leur circulation à l'intérieur (éliminer les ponts de cire entre les têtes de cadres), avoir une population suffisante pour assurer la ventilation, avoir de **bonnes provisions**¹⁹

¹⁹ – La ventilation que les abeilles devront effectuer de manière intense est coûteuse en énergie ; elles doivent donc avoir de bonnes réserves de miel pendant toute la durée du traitement. Si les provisions sont insuffisantes, il faut nourrir avant le début du traitement, car la forte odeur de ces médicaments se propage dans les nourrisseurs, incommode les abeilles pour la prise de nourriture et rend le nourrissage difficile au cours du traitement.

avant le début du traitement et la température²⁰ externe doit être celle indiquée dans chaque RCP (en général une température diurne de 20-25°C est la plus adaptée).

À défaut, il y a un risque d'une évaporation insuffisante ou au contraire trop violente, conduisant respectivement à une efficacité moindre ou un effet toxique sur les abeilles.

Ces éléments font que l'utilisation de ces médicaments n'est pas toujours facile, notamment sous certains climats. Et ce d'autant que le traitement, relativement long, peut être initié dans de bonnes conditions, mais que ces dernières évoluent défavorablement du fait des conditions météorologiques. Une interruption du traitement à base de thymol peut même parfois être nécessaire au vu des graves perturbations observées au niveau des colonies dans le cas d'une élévation importante des températures diurnes.

MÉDICAMENTS	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Apiguard® ApilifeVar® Thymovar®	› Substance active d'origine naturelle › Pas de contamination durable de la cire › Diffusion contrôlée du thymol (limite les risques de perturbation) › Diffusion prolongée du thymol (limite les réinfestations)	› Soumis à des conditions de température › Risque de perturbation des colonies, voire de mortalités ou de désertion (surtout si température élevée ou surdosage) › Nécessite plusieurs interventions › Consommation de provisions › Risque d'avoir du « miel au thymol » si remontée dans les hausses (printemps suivant) des réserves non consommées

20 – Température minimale 15°C, température maximale 30 °C (ApilifeVar®, Thymovar®) ou 40 °C (Apiguard®).

b. Médicaments à base d'acides formique et/ou oxalique

(Voir RCP ApiBioxal®, Formic Pro®, MAQS®, Oxybee®, VarroMed®).

ApiBioxal® et Oxybee®

Ces médicaments ont pour unique substance active l'acide oxalique. L'efficacité de ce dernier étant intéressante seulement en absence de couvain, **l'usage de ces médicaments n'est indiqué à cette période** (où, en général, le couvain est présent en quantité plus ou moins importante) **que si des mesures sont prises pour avoir des colonies exemptes de couvain operculé au moment du traitement**²¹, (encagement de la reine, retrait des cadres contenant du couvain operculé, griffage du couvain operculé).

Formic Pro®, MAQS®

Ces médicaments à base d'acide formique uniquement, à effet rapide mais assez court, peuvent être appliqués si la température extérieure est comprise entre 10 et 29,5 °C. Cette formulation permet en principe que la concentration en acide formique soit suffisante pour que les varroas présents sous les opercules soient atteints. Par ailleurs, il faut assurer un suivi rigoureux des colonies après traitement, car certaines peuvent devenir orphelines. S'il est appliqué trop tard en saison le remérage de ces colonies (devenues orphelines) risque d'être difficile.

VarroMed®

Ce médicament contenant de l'acide oxalique et de l'acide formique, peut être utilisé sans conditions de température, et en présence de couvain. Le traitement s'effectue en plusieurs applications, par dégouttement sur les abeilles. Le nombre d'applications varie suivant le niveau d'infestation et la durée totale est comprise entre 18 et 30 jours. L'effet est assez rapide, mais la protection contre les réinfestations n'est pas très longue. Il faut ici souligner que la notice indique que « l'efficacité n'a été étudiée que dans des ruches présentant des taux d'infestation par les acariens faibles à modérés », l'emploi de ce médicament ne serait donc pas indiqué si le niveau d'infestation est déjà important et a fortiori si le seuil dommageable est déjà atteint.

MÉDICAMENTS	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
ApiBioxal® Formic Pro® MAQS® Oxybee® VarroMed®	› Substance(s) active(s) d'origine naturelle › Pas de contamination de la cire › Pas de contamination durable du miel	› Nécessité de protection de l'applicateur*

* Voir encadré sur la protection pages 115-116.

21 – Voir chapitre 3, partie 2 : « II. Méthodes biotechniques », page 145.

ApiBioxal® et Oxybee®	› Substance active très efficace hors couvain	› Doit être associé à une mesure biotechnique provoquant une absence de couvain
Formic Pro® MAQS®	› Diffusion contrôlée de l'acide formique › Action dans couvain operculé	› Soumis à des conditions de température › Risque de mortalité par rejet de la reine › Possible contamination passagère du miel en acide formique
VarroMed®	› Pas de conditions de température	› Applications répétées › Suivi des chutes de varroas

c. Médicaments à base de substances de synthèse

En apiculture conventionnelle seulement

(Voir RCP Apivar®, Apitraz®, Apistan®, Bayvarol®, PolyVar Yellow®)

La substance active, contenue dans une lanière plastique, est libérée progressivement pendant la durée du traitement, par le passage des abeilles à sa surface ou, dans le cas du PolyVar Yellow®, au travers des perforations. Elle n'agit que sur les varroas phorétiques.

Il n'y a aucune précaution particulière à observer par rapport à la température extérieure²² ou la force des colonies avant l'administration du médicament, et aucune chambre d'évaporation n'est nécessaire, dans la mesure où le médicament agit uniquement par contact.

D'une manière générale, ces médicaments n'ont pas une action très rapide, surtout si beaucoup de couvain est présent au début du traitement, et leur efficacité s'exprime surtout sur la durée. Il importe donc de les appliquer suffisamment tôt, avant que le niveau d'infestation soit trop élevé. **Si une forte pression parasitaire persiste à ce moment sensible où la colonie élève les abeilles d'hiver, sa survie pourrait être compromise, quand bien même elle serait finalement débarrassée des varroas au terme du traitement.**

Par leur durée d'application longue, ils assurent en principe une protection contre les réinfestations.

²² – Il faut tout de même éviter de les appliquer en période de canicule.

Pour les lanières perforées à placer à l'entrée de la ruche (PolyVar Yellow®), il faut que l'activité de vol soit suffisamment importante pour que les abeilles se chargent en matière active lors du passage au travers des trous, sans quoi le traitement est moins efficace.

MÉDICAMENTS	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Apivar® Apitraz® Apistan® Bayvarol® PolyVar Yellow®	› Application facile › Une seule application › Pas de conditions de température › Par la durée d'action longue, limite les risques de réinfestations	› Non utilisables en bio › Nécessitent parfois - un repositionnement - une ouverture tardive des ruches pour le retrait des lanières › Efficacité très faible en cas de résistance des varroas (famille des pyrèthroïdes) › Contamination possible de la cire



Médicaments sous forme de lanières à insérer dans la ruche entre les cadres, suspendus à l'aide de fil métallique ou de clous. En appliquant les lanières de cette manière, la surface en contact avec les abeilles est maximale, la libération de la matière active est ainsi favorisée, et leur retrait en fin de traitement est facilité.

1 et 2. © G. Durand. 3. © G. Manca

Est-il possible d'appliquer successivement deux médicaments ?

Il est toujours préférable de limiter l'usage successif et rapproché de médicaments, car ils ne sont pas dénués d'effets secondaires indésirables sur les abeilles. Mais dans certaines situations, notamment pour sauver une colonie fortement parasitée et lui procurer ensuite une protection à long terme, il peut s'avérer utile de combiner les effets de deux spécialités différentes. Ainsi on peut avoir recours dans un premier temps à un médicament ayant un effet rapide et court pour faire chuter rapidement la pression parasitaire (comme Formic Pro®, MAQS®, VarroMed® ou, s'il n'y a pas de couvain, ApiBioxal®, Oxybee®) et dans un second temps, après un délai d'une à quelques semaines, appliquer un médicament contenant un autre principe actif, ayant un effet prolongé (sous forme de lanières par exemple).

Attention, en aucun cas il ne faut appliquer au même moment deux médicaments distincts dans une colonie !!

NB : Pour le traitement après la dernière récolte, surtout si c'est le seul traitement médicamenteux de l'année, il convient de réaliser une alternance raisonnée des molécules utilisées afin d'éviter de favoriser la sélection de populations de varroas qui y seraient résistants, et de prévenir ainsi certains échecs ou défauts d'efficacité.

En s'appuyant sur les données scientifiques disponibles [Milani et Della Vedova, 2002], il est notamment préconisé de n'utiliser les médicaments contenant une substance active de la famille des pyréthrinoides (tau-fluvalinate, fluméthrine) qu'une fois tous les 3 ou 4 ans. (Voir paragraphe « Conseils pour bien réaliser le traitement médicamenteux », page 111).

Contrôle de la population résiduelle de varroas

Il existe beaucoup de facteurs ayant une incidence sur l'efficacité d'un traitement. Même lorsque celui-ci est réalisé à l'aide de médicaments homologués et en respectant scrupuleusement les indications, il arrive que leur action soit insuffisante et laisse subsister un nombre trop important de varroas résiduels. Cela peut mettre en péril la survie de la colonie et le déroulement de la saison apicole suivante. Il importe donc de vérifier le niveau de parasitisme après la fin du traitement. Ce contrôle peut concerner l'ensemble du rucher quand l'effectif est réduit (jusqu'à 5 colonies) ou être fait sur un échantillon pour les ruchers plus importants (voir, par exemple, le tableau dans « Méthodes d'estimation », page 72).

Pour plus de précisions sur ce contrôle, voir encadré page 94 : « Pourquoi effectuer une évaluation de l'infestation en automne ? ».

Si à l'automne le nombre de varroas décomptés en chutes naturelles sur un lange (plaque rigide ou semi-rigide) placé sous un plancher grillagé pendant quelques jours, est en moyenne supérieur à 0,5 par jour, il faut prévoir d'appliquer un traitement hors couvain, dit « hivernal » (voir page 129).



**Comptage des chutes naturelles
de varroas sur lange graissée.**

© G. Durand



**Varroas bien visibles
sur un lange blanc.**

© Y. Layec

À RETENIR : le traitement d'été est déterminant pour la survie de la colonie, il doit être réalisé le plus tôt possible après la dernière récolte et avant que le niveau d'infestation ne soit trop élevé. Plusieurs médicaments ou méthodes sont indiqués à cette période. Il est important de vérifier ensuite que ce traitement a permis de bien éliminer les varroas de la colonie.

Traitement de fin d'automne ou d'hiver

L'objectif est d'assurer un bon hivernage des colonies et de réduire la population d'acariens à un niveau le plus bas possible pour que la saison suivante elle n'atteigne pas un seuil dommageable avant le traitement de fin d'été.

Il est particulièrement indiqué si, après le traitement suivant la dernière récolte, le seuil de 0,5 varroa/jour est dépassé (voir « Contrôle de la population résiduelle de varroas », page 127). Mais ce traitement, pour avoir sa pleine efficacité, doit impérativement être effectué en l'absence de couvain ou, à la limite, si ce dernier est vraiment en quantité très limitée.

Cette dernière exigence pose problème aux apiculteurs dont les ruchers sont situés dans les régions du sud de la France, puisque très souvent il n'y est pas observé d'arrêts de ponte et que du couvain est donc présent dans les colonies à longueur d'année. Dans ce cas, une solution pertinente consiste à associer préalablement à ce traitement médicamenteux une méthode biotechnique telle que l'encagement hivernal des reines. (Voir « Encagement hivernal », page 156).



La substance la plus appropriée pour ce traitement, en raison de sa grande efficacité en l'absence de couvain, est l'acide oxalique. Plusieurs médicaments en contenant sont disponibles et ils peuvent donc être utilisés à cette période, en respectant les précautions pour l'utilisateur (protection indispensable) et pour les abeilles :

- › par dégouttement : ApiBioxal®, Oxybee®, VarroMed®,
- › par sublimation : ApiBioxal®.

(Voir RCP de ces médicaments).

Lorsque le traitement est administré par dégouttement, cela implique une ouverture des ruches. Bien que cette opération se fasse en période froide (la température doit être de l'ordre de 5 à 10°C), elle ne présente pas de danger particulier pour les colonies : en effet l'ouverture se fait à un moment où il n'y a pas de couvain, elle est de très courte durée (moins d'une minute) et la grappe n'est pas défaite lors de l'application. Même si elle s'accompagne d'un léger refroidissement momentané de la colonie, le bénéfice lié à l'élimination des varroas est bien supérieur au risque induit par cette perturbation.

COUVAIN PRÉSENT OU ABSENT ?

Comment connaître le statut des colonies par rapport au couvain à cette période froide de l'année ?

D'une année à l'autre, notamment en fonction de la météorologie et d'autres facteurs (souches d'abeilles, etc.), des variations des périodes sans couvain sont observées.

L'apiculteur expérimenté qui connaît ses colonies et suit la météo peut « pressentir » ces périodes favorables pour l'application de ce traitement hivernal. Néanmoins des doutes quant à l'absence du couvain peuvent persister. Bien sûr des sondages nécessitant l'ouverture de quelques ruches permettent de vérifier la nécessaire absence de couvain. Mais pour ces quelques colonies le dérangement est important et généralement la grappe hivernale est disjointe. Un moyen intéressant, non invasif, d'une fiabilité satisfaisante mais non absolue, consiste à recourir à l'usage de thermomètres infrarouges à visée laser (ou de caméras thermiques, plus onéreuses). Ces instruments peuvent mesurer la température de la surface de la grappe. Les ruches sont ouvertes et la température est relevée en surface de la grappe entre plusieurs inter cadres. Si la température superficielle de la grappe est en dessous de 15°C (voire 20°C) on peut estimer que la colonie ne comporte pas de couvain. Au-delà, une vérification par visite s'impose.



Application d'un médicament à base d'acide oxalique

1. par dégouttement sur les abeilles, entre les cadres, à l'aide d'une seringue ;
2. par sublimation avec un appareil électrique (alimenté par batterie).

1. © G. Durand, 2. © A. Nanetti

À RETENIR : le traitement hivernal est indiqué dès lors qu'il persiste trop de varroas après le traitement d'été. Il doit se pratiquer dès que la colonie est dépourvue de couvain ou lorsque la surface de couvain est minime, avec un médicament contenant de l'acide oxalique.

Des enquêtes réalisées par plusieurs OSAD ont révélé que les apiculteurs qui procédaient à une bithérapie systématique (traitement de fin de saison + traitement hivernal) minoraient leurs pertes de colonies comparativement à ceux qui ne pratiquaient que le traitement de fin de saison.

Traitement de printemps

Si le traitement d'été, suivi éventuellement d'un traitement d'hiver, a eu une efficacité suffisante, il ne devrait pas être nécessaire de traiter à nouveau les colonies au printemps.

Rappelons qu'il convient de limiter au maximum les intrants dans les ruches afin de ne pas risquer d'altérer la santé des abeilles et/ou d'avoir des résidus dans les produits de la ruche.

Si la pression parasitaire est déjà élevée à ce moment de la saison, il est donc largement préférable de la faire baisser en mettant en place des méthodes biotechniques (voir chapitre 3, partie 2, «II. Méthodes de lutte biotechniques», page 145), avant de recourir à un traitement médicamenteux.



© G. Manca

TRAITEMENT DES ESSAIMS NUS

Pour les essaims récoltés ou constitués à cette période ou **à tout moment de la saison**, il peut être très intéressant de profiter du stade où ils sont sans couvain operculé, pour les traiter avec un médicament à effet flash, à base d'acide oxalique (ApiBioxal®, Oxybee®, VarroMed®). Les varroas étant tous en phase phorétique, l'efficacité sera optimale, et cela permettra à ces colonies de se développer avec une population parasitaire initiale très faible.



© E. Stoll

En cas d'échec des méthodes biotechniques ou en cas d'impossibilité à les mettre en place, il est toutefois possible de réaliser un traitement à cette période.

Un médicament à base d'acides formique et oxalique (VarroMed®) présente une indication spécifique pour cette saison, avec un traitement en 1 à 3 applications, suivant le niveau d'infestation (Voir RCP VarroMed®).

Si les conditions de température le permettent, il est possible d'utiliser des traitements à base de thymol (Apiguard®, Apilife Var®, Thymovar®) ou d'acide formique seul, efficace même en présence de couvain, pouvant être présent en quantité importante à cette époque (Formic Pro®, MAQS®). Cette pratique devrait cependant être réservée à des colonies non destinées à la production de miel, car si une miellée est exploitée à la suite de ce traitement, le risque est grand de récolter du miel ayant pris l'odeur du thymol ou contenant des quantités d'acide formique supérieures à celles rencontrées habituellement et de manière naturelle dans le miel.

Dans les autres cas (température extérieure inadéquate) et en dernier recours, un médicament sous forme de lanières (Apistan®, Apitraz®, Apivar®) peut être appliqué dans la ruche. La posologie est identique à celle d'un traitement d'été (même quantité de lanières par ruche), mais la durée d'application est généralement inférieure, de l'ordre de quelques semaines seulement.

D'une manière générale, lorsque des colonies sont ainsi traitées avec des médicaments à cette période, il serait préférable de ne pas les mettre immédiatement en production pour limiter la quantité de résidus dans le miel.

À RETENIR : Tout apiculteur doit s'attacher à bien déparasiter ses colonies avant la fin de l'hiver ! Hormis pour les essaims nus ou les divisions au stade où elles n'ont pas encore de couvain operculé (colonies qui ne seront pas mises en production immédiatement), le traitement médicamenteux au printemps devrait rester exceptionnel, et réservé à des colonies qui sont en danger.

Traitement en saison apicole (entre deux miellées)

Lorsque la pression parasitaire est élevée, et qu'il est prévu d'exploiter une miellée tardive, il peut s'avérer nécessaire de faire chuter rapidement la population de varroas, avec un traitement à effet rapide et court, de manière à différer le traitement effectué après la dernière récolte, ceci sans compromettre la survie de la colonie ni la qualité du miel récolté ensuite.

Il apparaît malheureusement que l'application d'un tel traitement (entre deux miellées) n'est pas aisée dans l'état actuel de la pharmacopée apicole française.



© J.-L. Delon

La seule alternative, qui conjugue l'effet rapide et l'action en présence de couvain (souvent abondant à cette période), est l'utilisation d'un médicament contenant de l'acide formique seul (Formic Pro®, MAQS®), mais les conditions de température ne sont pas toujours compatibles avec cette utilisation. Il existe aussi un risque de retrouver de l'acide formique en quantité anormale dans le miel récolté ensuite, et que la qualité de ce dernier en soit altérée. Cet usage est déconseillé par certains auteurs²³.

Il est aussi possible d'utiliser un traitement à base d'acide oxalique seul (ApiBioxal®, Oxybee®) qui peut être appliqué sans conditions de température, mais il faut savoir qu'il a une efficacité assez limitée, en n'atteignant pas les varroas sous les opercules, qui sont à ce moment les plus nombreux. Si la population de varroas n'est pas trop élevée, et que le traitement suivant est mis en place rapidement, cela peut néanmoins être suffisant.

Un autre compromis est l'utilisation d'un médicament contenant acide oxalique et acide formique (VarroMed®) mais le protocole prévu par le fabricant est de 3 à 5 applications à cette période, ce qui ne correspond pas à un traitement court.

23 – Voir la fiche du Service sanitaire apicole suisse : 1-2-5. Bandes imprégnées d'acide formique (MAQS®) sur abeilles.ch : « Contrairement à ce qui est indiqué sur la notice d'emballage, ne pas utiliser entre les miellées étant donné que cela laisse des résidus dans le miel d'été ».

ÉLIMINATION DES DÉCHETS DE MÉDICAMENTS

Les médicaments usagés, périmés, non utilisés et leurs emballages constituent les déchets de médicaments.

Aucun déchet de médicaments ne doit être laissé dans l'environnement, au risque de le polluer, ni a fortiori être déversé dans un cours d'eau, car les substances qu'ils contiennent sont toxiques pour les organismes aquatiques.

Les déchets de médicaments à base de thymol, peuvent être éliminés avec les ordures ménagères ou, pour les emballages ou contenants vides, déposés dans les bacs de recyclage, selon les consignes locales.

Pour tous les autres médicaments, tout doit être apporté en déchetterie, dans les bacs pour les produits dangereux.

De nombreuses OSAD organisent la collecte des déchets de médicaments qu'elles délivrent à leurs adhérents, et s'assurent de leur traitement conformément à la réglementation en vigueur. Il convient donc de se renseigner auprès de son OSAD pour connaître les modalités de ce service.

Il est aussi possible d'apporter ces déchets chez le pharmacien ou le vétérinaire qui a délivré les médicaments.

**Aucun déchet de médicaments
ne doit être laissé dans
l'environnement.**



**Ne pas laisser les déchets de médicaments dans le milieu environnant,
car ils sont source de pollution chimique et visuelle.**

© J.-P. Faucon

TRAVAUX DE LA FNOSAD EN LIEN AVEC LA LUTTE CHIMIQUE

Suivis d'efficacité

Depuis 2007, la FNOSAD a mis en place un dispositif de veille²⁴ vis-à-vis des médicaments de lutte contre le varroa ayant reçu une AMM en France, en coordonnant des suivis d'efficacité sur le territoire. L'objectif de ces tests est d'évaluer, année après année, en conditions de terrain, les performances (efficacité et vitesse d'action) de ces spécialités et de détecter des éventuelles baisses d'efficacité ou des effets secondaires non identifiés lors de leur mise sur le marché.

Les données ainsi recueillies sont des informations précieuses pour tous les prescripteurs, et en particulier pour les OSAD qui mettent en place des stratégies de lutte médicamenteuse collective dans le cadre de leur agrément pharmacie (PSE).

Lorsque des anomalies sont détectées (efficacité insuffisante, effet secondaire néfaste), elles doivent être signalées aux autorités compétentes (ANMV²⁵) par le biais de déclarations de pharmacovigilance (voir paragraphe page 143).

Un autre intérêt de ces suivis est de permettre la détection précoce de l'apparition d'une résistance chez certaines populations de varroas, à une ou des substances actives entrant dans la composition des médicaments utilisés couramment par les apiculteurs ; cette résistance se traduirait par une baisse marquée de leur efficacité.

Principe

Les suivis d'efficacité consistent en l'administration d'un médicament conformément aux données du fabricant, suivie d'un traitement de contrôle qui permet d'une part de mesurer l'efficacité du traitement choisi et d'autre part de calculer le nombre de varroas résiduels.

Ces tests reposent sur la bonne volonté des organisations sanitaires apicoles et des apiculteurs prêts à s'engager à la réalisation des comptages rigoureux des chutes de varroas pendant la période du traitement initial et de contrôle. L'analyse des données recueillies permet de mieux connaître l'efficacité et la vitesse d'action des médicaments, qui sont des critères essentiels pour définir les stratégies de lutte les plus adaptées au contexte parasitaire des colonies.

24 – Il semble que la FNOSAD soit la seule organisation apicole au monde à avoir mis en œuvre un tel dispositif et sur une durée aussi longue.

25 – ANMV : Agence Nationale du Médicament Vétérinaire.

**Ces tests reposent sur la bonne volonté
des organisations sanitaires apicoles et
des apiculteurs prêts à s'engager.**



Musée de l'abeille à Beauthiel (Seine-et-Marne).

© A. Goulnik

Protocole

Au cours des treize dernières années, la plupart des médicaments disposant d'une AMM ont été testés dans le cadre de ce dispositif coordonné par la FNOSAD.

Le protocole est élaboré par la FNOSAD, dans le respect des préconisations d'utilisation de l'AMM et transmis aux fabricants, pour information.

Les tests sont réalisés pendant la période « normale » d'application des médicaments avec AMM à savoir, aussitôt après les dernières récoltes de miel.

Ils sont entrepris sur des groupes de 3 à 5 colonies (ou plus) ayant une reine dont la ponte est régulière et présentant du couvain de tous âges au départ de l'essai. Les ruches doivent être équipées d'un plateau totalement grillagé permettant l'insertion sous le grillage de langes graissés destinés à recueillir les varroas morts afin de les compter.

Application des médicaments testés :

L'application des médicaments est réalisée conformément aux indications de la notice. Compte tenu de la période de traitement (fin d'été), certaines précautions doivent parfois être prises avant l'application, telles que vérifier que la température est adéquate, avant de positionner les médicaments contenant du thymol ou de l'acide formique, ou encore s'assurer qu'il n'y a plus de couvain avant les traitements avec des médicaments contenant exclusivement de l'acide oxalique.

Pendant toute la période d'application des médicaments, les varroas²⁶ colorés (c'est-à-dire les femelles à maturité) tombés sur les langes graissés sont comptés. Afin d'améliorer la précision des comptages, les relevés des langes ne doivent pas être trop espacés : de 1 à 3 jours lors des périodes de chutes importantes de varroas (début du traitement testé ou du traitement de contrôle) et d'une semaine maximum lorsque les chutes sont plus réduites.

Traitement de contrôle :

Une fois que le médicament a été appliqué pendant la durée prévue, les déchets du médicament sont retirés et les apiculteurs poursuivent les comptages pendant 9 jours²⁷. Ensuite, le traitement de contrôle est appliqué.

Il est nécessaire d'avoir un traitement de contrôle présentant à la fois une efficacité élevée et une grande rapidité d'action. Mais le choix est très restreint pour un emploi à une période où les températures ont tendance à fortement diminuer.

Les comptages réalisés pendant ce traitement de contrôle permettent de calculer :

› Le pourcentage d'efficacité du médicament selon la formule suivante :

$$\% \text{ efficacité} = \frac{\text{chutes de varroas pendant le traitement}}{\text{chutes de varroas totales pendant le traitement et le traitement contrôle}}$$

› La quantité de varroas résiduels qui correspond au nombre de varroas non impactés par le traitement en test, et qui sont dénombrés à la suite de l'application du traitement de contrôle.

26 – Seuls les varroas colorés (femelles à maturité) sont comptés.

27 – Pendant ce délai de 9 jours, les chutes de varroas sont considérées comme étant dues à l'action du médicament testé.

Tests réalisés depuis 2007 sur près de 3 000 colonies

La participation des organisations sanitaires, assez faible au début, s'est largement développée au cours des 10 dernières années, au fur et à mesure que les résultats obtenus ont permis de mettre en image des évolutions contrastées de l'efficacité des médicaments.

Ce dispositif de veille rassemble désormais des informations sur l'évolution de l'efficacité, du nombre de varroas résiduels et des vitesses de chute de cet acarien pour 9 des médicaments acaricides disponibles en France.

Ces informations ont été obtenues par réalisation de comptages sur 2 992 colonies par des apiculteurs de 55 départements, certains participant à ces tests depuis de nombreuses années.

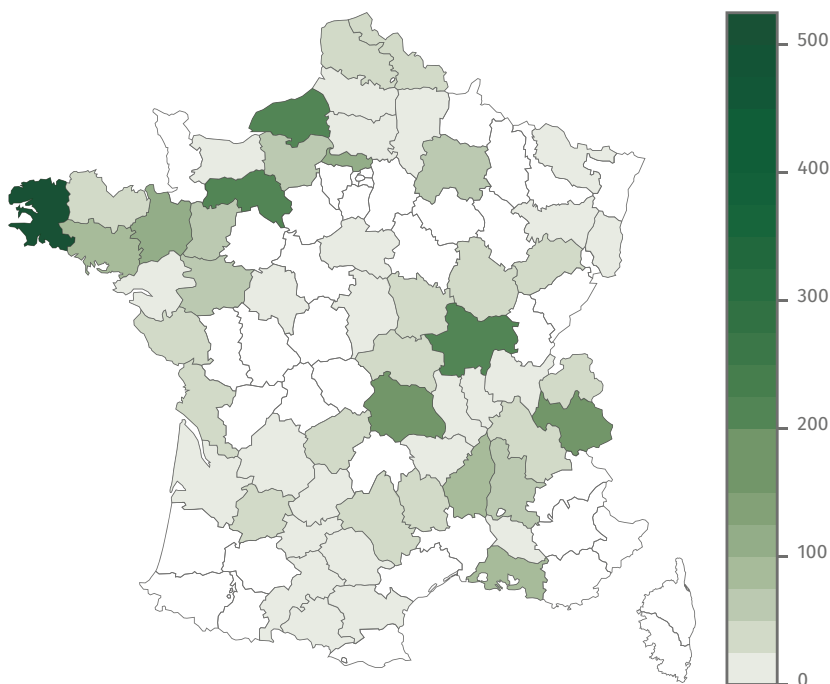
Les résultats et leur analyse sont publiés chaque année dans un article de *La Santé de l'Abeille*, consultable en accès libre sur le site internet de la revue :

<https://www.sante-de-labeille.com/>

Les derniers articles sont regroupés et consultables à [cette adresse](#).

À titre d'exemple : carte de répartition du nombre cumulé de colonies participant aux tests, par département, depuis 2007 et jusqu'en 2020.

NOMBRE DE COLONIES PAR DÉPARTEMENT DEPUIS 2007 ET JUSQU'EN 2020



Essais cliniques

Afin de participer à la recherche de nouvelles solutions de lutte chimique ou de favoriser l'augmentation d'une offre pertinente de médicaments mis à la disposition des apiculteurs français, la FNOSAD a réalisé, en partenariat avec des laboratoires de recherche et pharmaceutiques, plusieurs essais cliniques²⁸ préalables à la fabrication de médicaments ou à leur mise sur le marché, afin notamment de vérifier si leurs caractéristiques étaient assez intéressantes pour justifier de telles démarches.

Les résultats de ces essais ont fait l'objet de publications d'articles dans *La Santé de l'Abeille*.

Études de sensibilité/résistance

Les phénomènes de résistance des varroas à certaines molécules acaricides sont connus depuis plusieurs décennies. Leurs conséquences se manifestent par une baisse considérable de l'efficacité des médicaments, lorsqu'une grande partie de la population de varroas d'un rucher est concernée.

Le cas de la résistance au tau-fluvalinate (substance active de l'Apistan®) a fait l'objet de plusieurs études dont les résultats se sont traduits par des préconisations en termes d'alternance (ne pas utiliser plus d'une fois tous les 3 ou 4 ans).

Depuis de nombreuses années, l'usage quasi-exclusif de l'amitrazé (Apitraz®, Apivar®) par de très nombreux apiculteurs peut faire craindre l'apparition d'une résistance à cette molécule. La FNOSAD a donc entrepris des tests de sensibilité/résistance (mis en œuvre par le Laboratoire d'analyses du Jura/LDA 39), deux années de suite, pour évaluer si une résistance pouvait être à l'origine de certains cas d'échecs de traitement avec un médicament contenant cette molécule. Les résultats, publiés dans *La Santé de l'Abeille*, ont montré des différences significatives de sensibilité entre des populations de varroas issues de départements différents.



Chaque année l'article relatif aux tests coordonnés par la FNOSAD paraît dans *La Santé de l'Abeille* et est mis en accès libre sur le site <https://www.sante-de-labeille.com/>

28 – Ces essais ont été réalisés après dépôt d'un dossier auprès de l'ANMV et obtention d'une autorisation.

L'ensemble de ces travaux, impliquant les apiculteurs et les OSAD, montrent leur utilité dans un dispositif global de veille collective, et incitent à effectuer un choix raisonné dans la lutte chimique pour éviter de se trouver dans une impasse, avec des solutions ne permettant pas/plus de maîtriser la population des varroas dans les colonies.

PHARMACOVIGILANCE

Extraits de l'article d'Éric Fresnay paru dans *La Santé de l'Abeille*.²⁹

« La pharmacovigilance vétérinaire est définie comme l'activité relative à la détection, l'évaluation, la compréhension et la prévention des effets indésirables des médicaments vétérinaires, après leur autorisation de mise sur le marché (AMM).

Toute administration de médicament est susceptible d'entraîner l'apparition d'événements indésirables dont la nature, la fréquence et la gravité varient selon le profil pharmaco-toxicologique du principe actif, de la forme galénique du médicament et de la sensibilité propre à chaque animal. La pharmacovigilance a pour but de surveiller la possible survenue de ces incidents. Chez l'abeille, la majorité des cas rapportés concernent des suspicions de manque d'efficacité des médicaments destinés à lutter contre la varroose, mais quelques cas de mortalité d'abeilles ou de reines sont également signalés. La remontée de ces informations par les vétérinaires ou les apiculteurs via les déclarations de pharmacovigilance permet à l'Anses-ANMV (Agence nationale du médicament vétérinaire) de détecter le plus rapidement possible tout signal émergent et de prendre ensuite les mesures adéquates de gestion du risque.

REPUBLICQUE FRANÇAISE

Déclaration à envoyer à : cpv@vetagro-rup.fr
Centre de pharmacovigilance vétérinaire de Lyon (CPVL)
VetAgro Sup
Campus Vétérinaire de Lyon
1 Avenue Bourgelat
69280 Marcy L'Etoile
Tél. 04 78 97 10 00 - Fax 04 78 97 60 00

Pharmacovigilance Médecine individuelle
Déclaration d'événement indésirable chez l'animal susceptible d'être dû à un médicament vétérinaire

anses
Agence nationale de sécurité sanitaire
d'aliments, de médicaments et
des modes de vie
Généraliste, évaluer, protéger

Type d'événement : ☐ Effet indésirable ☐ Manque d'efficacité ☐ Réaction ☐ Environnement ☐ Agent infectieux

A : Déclarant (Les coordonnées du déclarant sont inscrites pour permettre, si nécessaire, de compléter l'information). *Champs obligatoires

Profession : ☐ Vétérinaire ☐ Pharmacien ☐ Autre Autre, précisez : _____

Nom* Prénom* _____ ou cachet du déclarant

Adresse : _____

Ville* : _____ Code postal* : _____

Téléphone : _____ Courriel : _____

B : Propriétaire de l'animal
Nom* (2 premières lettres) : _____
Prénom* (première lettre) : _____
Code postal* : _____

Extrait de la fiche de déclaration de pharmacovigilance du site de l'ANSES-ANMV.

29 – « Pharmacovigilance vétérinaire : la surveillance des effets indésirables et des défauts d'efficacité des médicaments vétérinaires » par Eric Fresnay (Département pharmacovigilance – Agence nationale du médicament vétérinaire - Anses) - [LSA 284, p. 111-117](#).

Que faut-il déclarer ?

Comme pour tout médicament, des effets indésirables non encore mentionnés dans l'AMM ou bien des effets indésirables connus mais avec une fréquence accrue sont susceptibles de se produire dans les conditions d'utilisation du terrain. De la même façon, l'efficacité attendue d'un médicament peut, pour diverses raisons qu'il convient d'identifier, ne pas être obtenue. **Il est donc important que les acteurs de la filière apicole fassent remonter leurs observations via la déclaration de pharmacovigilance.** Les vétérinaires, qui sont en première ligne pour identifier des effets indésirables sur le terrain et les déclarer, sont les principaux acteurs. Les techniciens sanitaires apicoles ou les apiculteurs peuvent également déclarer, même s'il leur est vivement conseillé de passer par un vétérinaire pour une meilleure description des signes cliniques et la détection d'une éventuelle cause alternative, par exemple infectieuse, responsable des troubles observés. »

Site de télédéclaration : <https://pharmacovigilance-anmv.anses.fr/>

CONCLUSION

Le nombre de médicaments disponibles pour lutter contre le varroa s'est bien accru ces dernières années, mais celui des substances actives reste encore limité. Et surtout, il apparaît qu'aucun ne présente toutes les caractéristiques souhaitées. Des médicaments qui semblaient constituer une solution quasi parfaite pendant un temps se révèlent moins fiables désormais, d'autres, commercialisés récemment et dans lesquels beaucoup d'espairs avaient été mis, s'avèrent très complexes à utiliser suivant les circonstances ou pas toujours très performants.

Il devient nécessaire que de nouvelles solutions soient trouvées. Diverses pistes ont déjà été explorées, avec bien souvent des données prometteuses en laboratoire, mais ne se vérifiant pas en conditions de terrain.

L'idéal serait de pouvoir se passer de la chimie, de ne pas introduire de substances étrangères dans les ruches, mais les méthodes zootechniques et biotechniques ne sont pas assez efficaces pour que l'on puisse s'affranchir des médicaments. Pour lutter contre le varroa, les apiculteurs sont donc obligés de mettre en œuvre des stratégies complexes, associant différentes méthodes et comprenant plusieurs actions au cours de l'année.

II. MÉTHODES DE LUTTE BIOTECHNIQUES

INTRODUCTION À LA LUTTE BIOTECHNIQUE

Les méthodes dites « biotechniques » utilisent des particularités biologiques du varroa et de l'abeille. Elles ne sont généralement pas employées seules car leur efficacité n'est pas suffisante, mais elles permettent de faire baisser la pression parasitaire à différents moments de l'année, y compris pendant que les hausses à miel sont en place, puisqu'elles ne nécessitent aucune introduction de substance acaricide dans la ruche.

Elles font donc le plus souvent partie d'une stratégie globale intégrant aussi la lutte chimique. Dans certains cas elles sont employées dans le cadre d'une « méthode de lutte », immédiatement avant un traitement médicamenteux, afin d'en augmenter les performances.

Les méthodes biotechniques les plus couramment utilisées actuellement sont :

- › le retrait du couvain de mâles,
- › le retrait total du couvain,
- › l'encagement de reine,
- › la formation de nucléi,
- › le traitement thermique du couvain (ou « hyperthermie »).

Excepté le traitement thermique du couvain et le retrait du couvain de mâles, ces méthodes sont toutes suivies d'effets importants sur la structure de la colonie et notamment sur les populations d'ouvrières ; elles sont d'ailleurs qualifiées de « méthodes populationnelles ». L'apiculteur devra en tenir compte pour choisir le moment de les appliquer afin de ne pas enlever la possibilité à ses colonies de récolter le miel attendu.

À titre d'exemple, pour la méthode qui consiste à créer une division (formation de nucléi) à partir d'une colonie de production à qui on retire trois cadres de couvain avec les abeilles qu'ils portent, le délai nécessaire pour que cette colonie retrouve l'équivalent de sa population initiale est d'environ six semaines.

LE RETRAIT DU COUVAIN DE MÂLES

Cette méthode est basée sur un principe simple : les varroas se trouvent naturellement enfermés dans le couvain operculé pendant leur phase de reproduction. Il paraît alors possible de les éliminer de la colonie simplement en retirant le couvain dans lequel ils sont ainsi piégés. Par ailleurs, il est possible d'enlever une partie du couvain de mâles sans préjudice pour la colonie.

La première évocation du retrait de couvain de mâles date de 1980 [Ruttner *et al.*, 1980]. Depuis, divers travaux ont montré l'intérêt de cette méthode [Charrière *et al.*, 2003]. Une étude menée en 2005 souligne l'effet positif de la suppression du couvain sur la pression parasitaire tandis qu'aucun effet négatif du retrait du couvain de mâles (à quatre reprises au cours de la saison) n'a été observé sur la santé globale des colonies, en termes de population d'ouvrières et de production de miel [Calderone, 2005] et elle conclut sur l'intérêt de cette méthode dans un programme de lutte intégrée contre le varroa.

En pratique

La méthode est utilisée au printemps, au moment où les colonies élèvent des mâles. Elle consiste à introduire un « cadre à mâles » dans la colonie, en périphérie du nid, et à le laisser en place jusqu'à l'operculation. Une fois le couvain operculé, il suffit de le retirer et de le détruire **avant** l'émergence des mâles.

Un « cadre à mâles » peut être un cadre garni de cire avec uniquement des cellules de mâles ou bien un cadre de hausse (pour les ruches Dadant), en dessous duquel les abeilles vont bâtir des cellules de mâles, ou encore un cadre avec une simple amorce de cire où les abeilles construisent généralement toute la partie inférieure en cellules de mâles.

La durée entre le positionnement de ce cadre et le moment du retrait peut varier beaucoup en fonction de la force de la colonie, des conditions climatiques et du cadre introduit (simple amorce, cadre bâti, etc.). Ainsi en fonction de la situation géographique et de facteurs propres au rucher et à l'apiculteur, il sera possible d'effectuer de 1 à 4 retraits de couvain de mâles par saison.

Attention. Le retrait de couvain de mâles ne permet pas de réduire l'infestation [Rinkevich *et al.*, 2017] à un niveau suffisamment bas, mais il peut permettre de soulager la colonie, voire d'espacer les traitements chimiques ou d'éviter que l'infestation ne soit trop forte au moment du traitement de fin d'été.

Cette méthode n'est conseillée que pour des colonies ayant un bon dynamisme.

NB : la destruction de couvain de mâles est autorisée en apiculture bio.

Pour plus d'informations sur la mise en œuvre de cette méthode, voir l'article « L'intérêt économique pour les exploitations apicoles de l'élimination du couvain de mâles comme lutte complémentaire contre le varroa », [LSA 284, p. 121-133](#).



Cadre spécialement construit pour effectuer le retrait de couvain de mâles.

La partie supérieure est garnie de cire, le plus souvent les abeilles y élèvent du couvain d'ouvrières ou y mettent des réserves ; la partie basse est construite par les abeilles en cellules de mâles, qu'il est facile de découper, une fois operculées, en suivant les bords du cadre, pour éliminer ensuite ce couvain et les varroas qu'il contient.

© G. Soudant



Cadre de hausse Dadant, dont la partie inférieure a été bâtie en cellules de mâles par les abeilles. Une fois ce couvain de mâles découpé (après operculation), le cadre peut être placé dans une hausse.

© J.-L. Delon



Portions de rayons, extraits de cadres à mâles montrant des alvéoles infestées.

Le retrait de ce couvain avec les varroas qui y sont piégés permet de diminuer la pression parasitaire.

1 et 2. © G. Delamarche. 3. © A. Bigot

NB : le retrait du couvain d'ouvrières semble plus délicat à mettre en œuvre que celui de mâles car il faut en éliminer une quantité importante pour avoir un effet significatif sur la population de varroas. De plus les apiculteurs sont réticents à l'idée de supprimer de futures ouvrières [J. N. M. Calis et al., 1999]. À noter aussi que la destruction de couvain d'ouvrières est une pratique proscrite en apiculture bio.

LE RETRAIT TOTAL DU COUVAIN

Le principe est un peu différent de celui décrit pour la méthode du paragraphe précédent.

Même si le retrait total de couvain s'accompagne bien d'une soustraction d'une partie des parasites de la colonie (ceux présents dans les cadres retirés), son objectif principal est surtout d'obtenir des colonies dans lesquelles **la population de varroas est entièrement en phase phorétique**, et donc plus efficacement et plus rapidement soumise à l'action d'un médicament appliqué juste après cette opération.

Cette méthode se pratique généralement en fin d'été après la dernière récolte de miel et dans des colonies où la quantité de couvain est réduite, soit par l'effet d'une miellée bloquante³⁰ soit à la suite d'un encagement de la reine sur un ou deux cadres. (Voir paragraphe « L'encagement de reine », page 151).

Elle présente quelques inconvénients ou contraintes :

- › les cadres de couvain doivent être gérés à défaut d'être perdus ou détruits³¹,
- › les réserves présentes sur ces cadres sont enlevées à la colonie,
- › le retrait doit se pratiquer assez tôt pour que la colonie puisse compenser cet affaiblissement momentané avant la mise en hivernage.

Variante

La destruction du couvain operculé.

Cette technique consiste à griffer le couvain pour obliger les abeilles à nettoyer les cellules et à faire sortir les varroas, afin que toute leur population soit en phase phorétique. Elle peut être pratiquée à l'occasion :

- › du traitement « hivernal », juste avant d'appliquer le médicament à base d'acide oxalique, si de petites surfaces de couvain persistent à la date choisie par l'apiculteur,
- › du traitement d'été, juste avant l'application du médicament (voir l'article « Une méthode de lutte contre le varroa associant traitement biotechnique et médicamenteux », [LSA 285, p. 179-187](#)).

30 – Un important flux de nectar, en période de miellée de lavande par exemple, peut fortement réduire l'espace disponible pour la ponte de la reine.

31 – Pour éviter que ces cadres et leur contenu ne soient perdus (détruits), il est possible de s'en servir pour créer de nouvelles colonies, dans lesquelles on veillera à appliquer un traitement anti-varroa adapté, immédiatement ou un peu plus tard.

Le nettoyage des rayons génère un travail important pour les abeilles et peut avoir un coût énergétique pour la colonie. En général, il est conseillé de pratiquer un nourrissage pour les soutenir dans cette tâche.

UNE ÉTUDE FRANCO-ITALIENNE SUR LES EFFETS DU RETRAIT OU DE LA DESTRUCTION DU COUVAIN : INNOV'API

Le projet Innov'Api a été mené entre 2017 et 2020, dans deux régions alpines, en France et en Italie, sur 390 colonies. Il visait à développer une technique innovante dans la lutte contre le varroa. L'étude, inspirée de l'expérience et de la méthodologie mise en œuvre par les apiculteurs italiens, était basée sur la gestion des populations d'abeilles. Les objectifs principaux étaient de :

1. Comparer **retrait de couvain** et traitement avec Apivar® pour contrôler la population de varroas à long terme
2. Mesurer l'effet de ces méthodes sur la charge virale des colonies
3. Modéliser et prédire l'évolution dans le temps de la charge en varroas et de la charge virale
4. Étudier les conséquences économiques de la méthode populationnelle sur la gestion des exploitations apicoles

De nombreuses données ont été collectées puis analysées. **Les résultats ont permis de valider la méthode** dans sa version italienne comme dans son adaptation française (dans la région concernée).

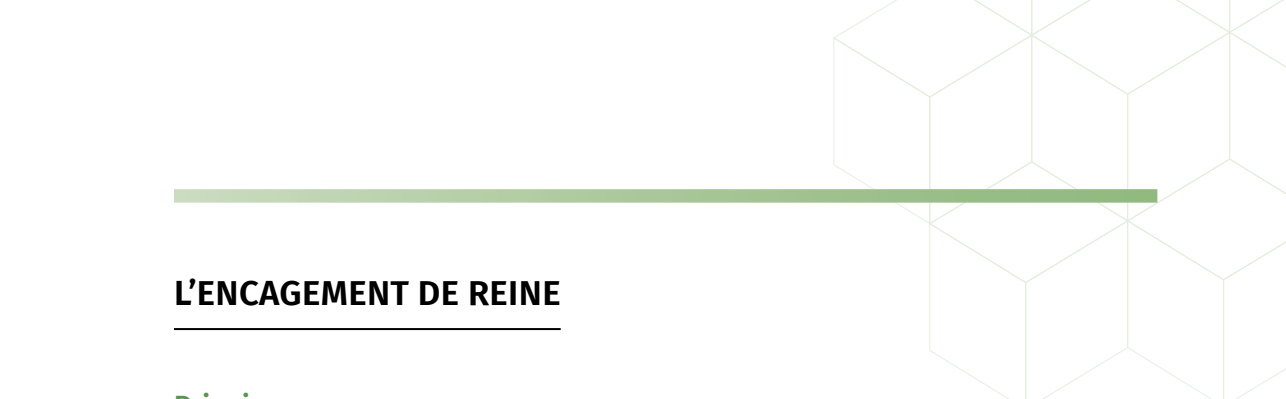
- › **méthode italienne** : retrait de couvain après la miellée de châtaignier, suivi d'un traitement à base d'acide oxalique
- › **adaptation française** : destruction par griffage du couvain après la miellée de lavande (miellée bloquante), puis traitement à base d'acide oxalique.

Les résultats de ce projet ont été restitués lors de conférences par webinaire en janvier 2021 et sont accessibles par ce lien :

<https://www.youtube.com/watch?v=NCfljMfSkWs>

Toutes les informations sont sur le site du projet :

<http://w3.avignon.inra.fr/lavandes/biosp/innovapiFR.html>



L'ENCAGEMENT DE REINE

Principe

Avec cette technique le but est d'empêcher la reine de pondre de manière à obtenir au bout de 21 à 25 jours, une absence totale de couvain dans la colonie. Cette rupture de couvain a deux effets :

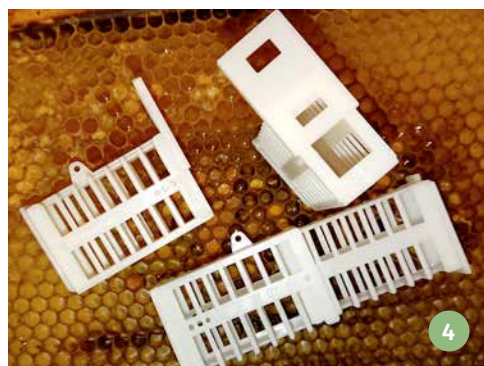
1. la croissance de la population de varroas est ainsi stoppée puisqu'au bout de quelques jours, il n'y a plus de nouvelles cellules où les fondatrices peuvent se reproduire,
2. les varroas se retrouvent finalement tous en phase phorétique, donc beaucoup plus exposés aux traitements chimiques qui seront administrés. En général c'est l'application d'un médicament à base d'acide oxalique qui est privilégiée en raison de sa grande efficacité et de son action très rapide. Les modalités et le nombre d'applications varient suivant les protocoles et les choix de l'apiculteur.

Matériel

Différents modèles de petites cages (ou cagettes) sont disponibles pour encager la reine. Dans certaines elle ne peut pas du tout pondre (comme dans la Var-Control Mozzato, l'extensible ou celle en bambou), dans d'autres (comme la Scalvini) elle peut poursuivre son activité de ponte. Par contre le couvain ne se développe pas car il n'y a pas assez d'espace entre le fond des cellules et la grille à reine. Les ouvrières nettoient donc en permanence les cellules et leur passage dans la cagette assure la diffusion des phéromones royales. Ce modèle préviendrait les risques de supersédure et de perte de la reine (par emballement notamment) à sa libération, par rapport aux cagettes où la ponte n'est pas possible.

Dans tous les cas, il faut que la cagette permette un bon contact entre les ouvrières et la reine. Pour cela elle doit être insérée entre deux cadres de couvain en plein cœur du nid à couvain.

Ainsi, il y aura plus de chances que les phéromones royales diffusent bien dans la colonie.



1 et 2. Cage Var Control. 3. Cage en bambou. 4. Cages extensibles.

1. © Y. Layec. 2 et 3 © M. Perugini. 4. © J.M. Barbançon

En pratique

Une cagette est insérée dans un cadre bâti, de préférence sur le haut du cadre au milieu du couvain. Pour placer la cagette, il faut soit découper la cire à l'emplacement souhaité, soit simplement l'enfoncer dans la cire. La reine y est ensuite délicatement placée. Pour simplifier la procédure, il est utile et même quasiment indispensable de travailler avec des **reines marquées**.

Théoriquement, il n'y a plus de couvain d'ouvrières au bout de 21 jours d'arrêt de ponte ; en pratique il faut compter 22 jours, et jusqu'à 25 jours en présence de couvain de mâles. Au bout de ce délai, la reine est libérée, la cage est retirée, et un traitement avec un médicament à base d'acide oxalique peut être appliqué. Si la durée de l'encagement est de 25 jours, une seule application est suffisante et permet d'atteindre des niveaux d'efficacité très intéressants. (Voir encadré sur les suivis FNOSAD ci-contre).

Dans la mesure du possible, il est préférable de laisser la reine dans sa cagette, hors de la ruche, pendant l'application du médicament, et ensuite seulement de la libérer, ceci afin de lui éviter un contact non indispensable avec l'acide oxalique.

Différentes études [Droz *et al.*, 2015 ; Gauthier *et al.*, 2013] ainsi que les observations de terrain montrent que les colonies présentent, au bout de quelques semaines après la libération de la reine, un développement tout à fait satisfaisant, témoin d'une compensation de la rupture momentanée de la ponte.

Il faut noter que cette méthode permet la production des abeilles d'hiver, issues du couvain élevé après encagement et traitement, dans des conditions favorables avec un niveau de parasitisme global de la colonie très réduit.

RÉSULTATS DES TESTS D'EFFICACITÉ FNOSAD AVEC LA MÉTHODE « ENCAGEMENT DE REINE + TRAITEMENT À BASE D'ACIDE OXALIQUE »

Une étude a été conduite de 2015 à 2017, dans le cadre des suivis d'efficacité réalisés depuis 2007 par la FNOSAD sur les différents médicaments apicoles mis sur le marché. Pour cette étude, des apiculteurs dans différents départements ont mis à disposition un total de 82 colonies.

Protocole :

Les reines sont placées dans des cages Var Control pendant 25 jours, puis libérées avant l'application par dégouttement d'un traitement à l'acide oxalique (Apibioxal®).

Les chutes naturelles de varroas sont comptabilisées chaque jour pendant la période d'encagement.

Les comptages se poursuivent pendant 15 jours (tous les jours, puis tous les 2 ou 3 jours) après la libération de la reine et l'application du traitement à base d'acide oxalique.

À l'issue de ces 15 jours, un traitement de contrôle est appliqué.

Sont vérifiés la présence de la reine, de cellules royales, de couvain ouvert et fermé.

Dans l'étude, 7 colonies n'avaient pas de couvain pendant le traitement de contrôle.

Résultats :

Six colonies sont mortes au cours du test (7 %), une était orpheline et cinq ont été remérées (leurs résultats sont intégrés à l'étude).

Sur les 76 colonies vivantes en fin d'expérience :

- > pour 60, le pourcentage d'efficacité était supérieur à 95 %,
- > pour 13, il était compris entre 90 et 95 %.

C'est-à-dire que dans 96 % des cas la méthode de traitement a été très efficace.

Par ailleurs 78 % des colonies avaient moins de 50 varroas résiduels.

Comparé aux autres traitements testés ces années-là (avec Apistan®, Apivar®, Apilife Var®, MAQS®, Apitraz®), l'encagement suivi d'un dégouttement d'Apibioxal® s'est avéré le plus efficace, avec l'action la plus rapide (moins de 15 jours).

À noter que cette méthode a une action limitée dans le temps, et ne protège pas contre le risque de réinfestation avant l'hiver. Elle doit le plus souvent être complétée par un traitement hivernal.

Précautions

L'apiculteur doit veiller à ce que la reine dispose d'assez d'espace pour reprendre une ponte dynamique après sa libération. Dans le cas de miellées bloquantes, le remplissage des cadres du corps de la ruche peut l'en empêcher.

La méthode ne doit pas être mise en œuvre trop tardivement pendant la saison puisqu'elle implique un affaiblissement de la colonie par l'absence de renouvellement de la population pendant la durée de l'encagement. Selon les régions, l'encagement de reine est recommandé plutôt entre fin juin (dans le Nord) et fin juillet (au Sud) afin d'obtenir, après la libération des reines, trois générations avant l'hivernage et une population d'abeilles d'hiver suffisante et n'ayant pas subi les effets d'un parasitisme préjudiciable à leurs capacités de survie.

Le calendrier des opérations doit être respecté à la lettre pour que la méthode soit efficace.

À RETENIR : la libération des reines doit être faite environ 2 mois avant la mise en hivernage.

Si à la fin de l'encagement, il reste encore des cellules de couvain operculé, il est conseillé de les griffer pour que les varroas qui s'y trouvent ne puissent échapper à l'effet du traitement.

Avec cette méthode d'encagement de la reine, le traitement à base d'acide oxalique est réalisé au cours de l'été, la colonie n'est donc pas à l'abri d'éventuelles réinfestations ou du développement des populations de varroas résiduels. La surveillance du taux d'infestation avant la mise en hivernage est donc fortement recommandée. (Voir encadré « Pourquoi effectuer une évaluation de l'infestation en automne ? », page 94).

D'ailleurs l'expérience montre que le plus souvent un traitement hivernal s'avère nécessaire.

Pour plus d'informations sur l'encagement de reines, voir les articles « Encagement de reines : l'expérience italienne », [LSA 262, p. 307-323](#) et « L'encagement des reines : une méthode pour traiter contre varroa en été ? », [LSA 269, p. 355-365](#).



Cagette de type Scalvini, introduite au centre du cadre, ici par simple pression dans la cire.

1. La cagette vient d'être installée.
2. On constate la réduction du couvain du fait de l'encagement de la reine (délai de 25 jours non encore écoulé).
3. Le moment de retirer la cage et de libérer la reine est venu ; les quelques cellules de couvain restantes seront griffées avant le traitement.

© G. Durand

Variantes

Autres cages :

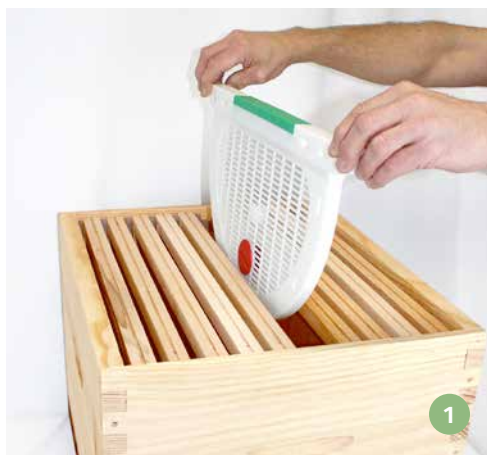
Il existe aussi des grandes cages (ou cage-cadres), dans lesquelles la reine est isolée sur un demi-cadre, un cadre entier ou même deux.

- a. La cage-cadre (pour cadres Dadant ou Langstroth), dans laquelle un ou deux cadres entiers sont insérés. La reine peut y pondre, l'élevage du couvain est possible en quantité limitée à l'espace disponible dans la cage, et il s'agit davantage d'une méthode permettant de piéger des varroas dans un volume réduit de couvain. Après avoir libéré la reine, l'apiculteur peut traiter les abeilles de la colonie (sans couvain) avec un médicament à base d'acide oxalique, ou un autre, et a plusieurs options pour le ou les cadres de couvain :
 - › l'élimination (destruction),
 - › le traitement avec un médicament à base d'acide formique ou par hyperthermie,
 - › la réunion avec d'autres, en conservant leurs abeilles, dans une ruche qui sera remérée et soumise à un traitement acaricide adapté (lanières acaricides à effet prolongé par exemple).
- b. La cage Menna, dont la forme suit celle de la grappe afin d'assurer un bon contact entre la reine et les abeilles. Aucune ponte n'est possible, mais la reine est libre de ses déplacements ce qui permet une bonne diffusion de ses phéromones dans la grappe.

Encagement hivernal :

Il est alors d'au moins 25 jours, voire davantage si l'apiculteur le souhaite, jusqu'à 4 mois pour un hivernage complet sans couvain. Cet encagement permet, dans les zones à climat doux où parfois il n'existe aucun arrêt de ponte en hiver, d'obtenir une rupture de couvain afin de pouvoir effectuer un traitement à base d'acide oxalique. La cage Menna, citée plus haut, a été initialement prévue par son inventeur pour un encagement fin d'automne-hiver. Un autre modèle utilisé à cette période est la cage ukrainienne. (Voir l'article « Blocage de ponte hivernal », [LSA 265, p. 61-65](#)).

Cette méthode d'encagement hivernal, même prolongé, ne semble pas affecter le développement printanier des colonies ni leurs capacités de récoltes de miel.



1. Cage Menna, utilisée pour un encagement hivernal.

2. Cage-cadre pour 1 cadre.

Cette cage a été réalisée par C. Soubrouillard. Elle est constituée d'un cadre muni d'une grille à reine de chaque côté avec de la cire bâtie sur laquelle la reine peut pondre. Les côtés du cadre sont légèrement trapézoïdaux (par exemple h x 40mm x 25mm) et plus courts qu'un cadre normal (un cadre de hausse convient), ceci afin de ne pas être gêné par d'éventuels guides dans le bas de la ruche, pour permettre à la reine et aux abeilles de circuler facilement à l'intérieur de la cage.

3 et 4. Cage Duplex pour 2 cadres, utilisée surtout en association avec un traitement thermique (voir plus loin).

1. © Naturapi. 2. © Y. Layec. 3 et 4. © F. Gave



UN ARTICLE SCIENTIFIQUE [BÜCHLER ET AL., 2020]

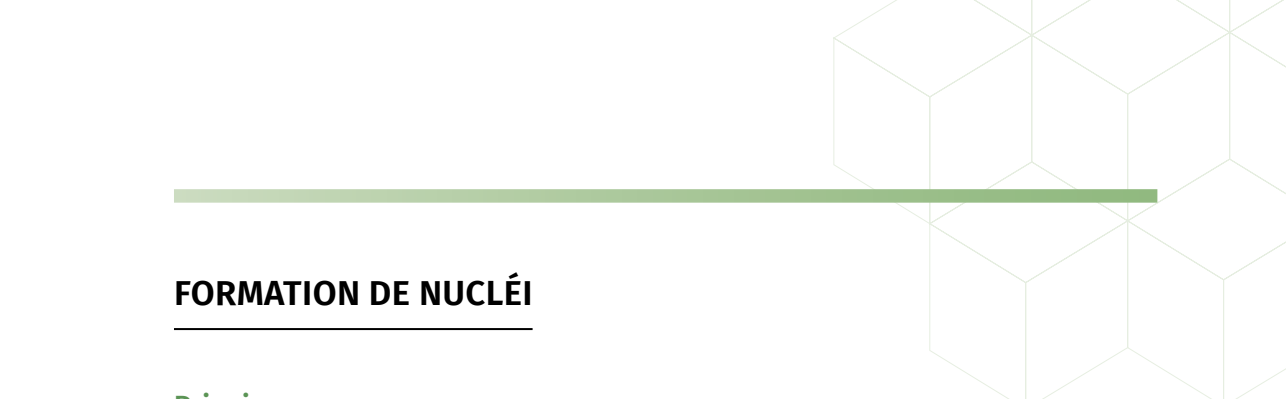
L'article *Summer brood interruption as integrated management strategy for effective Varroa control in Europe* (en Français : **rupture de couvain en été** comme stratégie de gestion intégrée pour un contrôle efficace de Varroa en Europe). L'objectif de l'étude a été d'évaluer l'efficacité, la charge de travail associée et l'impact sur le développement des colonies pour trois méthodes d'interruption du couvain (pour les variantes et les détails, se référer à la publication) :

- > mise en cage des reines combiné avec un traitement à l'acide oxalique,
- > élimination totale du couvain, sans usage d'acide oxalique,
- > technique de piégeage sur un cadre ou sur trois cadres successivement, avec ou sans usage d'acide oxalique.

L'étude a été menée pendant deux saisons, dans 11 sites et sur 370 colonies, dans 10 pays européens. Voici quelques observations apportées par les auteurs :

- > aucune mortalité anormale des reines n'a été observée, et la ponte reprend rapidement après leur libération,
- > aucun affaiblissement durable des colonies n'a été constaté, avec une compensation des pertes dans les deux mois suivant le traitement,
- > l'étude rappelle l'importance de respecter le dosage en acide oxalique pour assurer l'efficacité du traitement,
- > l'apiculteur doit savoir s'adapter aux conditions locales pour la gestion du calendrier des opérations,
- > ces méthodes demandent une bonne technicité, peuvent être chronophages et sont susceptibles de déclencher du pillage.

Les méthodes d'interruption du couvain, qui pourraient de prime abord sembler contreproductive, apparaissent comme une approche efficace pour lutter contre le varroa et limiter les pertes hivernales liées au parasite.



FORMATION DE NUCLÉI

Principe

L'essaimage peut naturellement alléger la colonie d'une partie de ses varroas. Lorsque les ouvrières partent avec la vieille reine, il est estimé qu'elles emportent avec elles entre 20 et 35 % de la population des varroas phorétiques [Wilde *et al.*, 2005]. Les essaims suivants (secondaires, tertiaires, etc.) en emportent eux aussi, notamment ceux qui ont été libérés à la suite de l'émergence des jeunes abeilles. De ce fait, les colonies qui ont pu essaimer librement se retrouvent avec des niveaux d'infestations assez bas en fin de saison.

La formation d'un nucléus, technique artificielle de division d'une colonie, peut permettre de réduire l'infestation d'un quart, voire d'un tiers, dans la colonie mère [Charrière *et al.*, 1998] car elle mime un peu ce qui se produit lors de l'essaimage naturel. Mais dans le cas des divisions, des varroas contenus dans le couvain sont également ôtés des colonies souches.

En pratique

Il existe de nombreuses méthodes pour former des nucléi. Le nucléus peut par exemple être formé à partir d'une colonie souche en y prélevant environ la moitié de son couvain operculé (trois cadres en moyenne), et de 6 000 à 8 000 ouvrières. La reine reste dans la colonie mère. Il faut séparer d'au moins trois kilomètres les deux colonies pour éviter le retour des abeilles d'extérieur à la souche et nourrir le nucléus.

Cette méthode répartit les varroas phorétiques et ceux du couvain entre deux colonies au lieu d'une seule. L'apiculteur peut choisir de laisser l'essaim créé se rémérer naturellement ou bien y introduire une reine, fécondée ou vierge, ou une cellule royale. Selon le choix de l'apiculteur, la rupture de ponte est plus ou moins marquée et il y aura des différences notables sur le développement de la colonie, en termes d'abeilles ou d'infestation par le varroa. Si la rupture de ponte est assez longue pour que la colonie nouvellement formée se retrouve sans couvain operculé, il est possible d'effectuer un traitement à base d'acide oxalique.

LE TRAITEMENT THERMIQUE DU COUVAIN

Principe

Le traitement thermique du couvain, ou hyperthermie, se fonde sur le principe suivant : lors d'une augmentation de température, le couvain et les varroas ne présentent pas la même sensibilité. Il existe une étroite plage de températures pour laquelle le couvain ne souffre pas alors que les varroas dans les cellules sont tués. Le concept date des années 1970. Des travaux en laboratoire de Y. Le Conte et collaborateurs ont montré que les varroas immatures, dont la température optimale de développement se situe vers 33°C, sont particulièrement sensibles à l'hyperthermie. Au-dessus de 37°C, le varroa ne peut plus se reproduire [Le Conte *et al.*, 1990], et meurt au-delà de 40°C.

Remarque : La température d'élevage du couvain d'ouvrières chez Apis cerana se situe aux alentours de 37,5-38,5°C en saison chaude, si bien qu'on a même pensé que cette température pourrait être un des facteurs de résistance de l'abeille asiatique au varroa. En comparaison, l'abeille européenne élève son couvain dans une gamme de températures allant de 33 à 36°C selon les souches.

Cette différence du seuil de tolérance à l'hyperthermie, a conduit à la création de dispositifs permettant de chauffer le couvain afin de tuer les varroas qui le parasitent. Mais pour éviter d'altérer la santé des immatures et des futures abeilles ainsi que la fertilité des mâles [Kablau *et al.*, 2019], il importe que divers paramètres soient bien contrôlés. En plus de la température, l'humidité ambiante, le taux de CO₂ et le temps d'exposition au traitement influencent le succès du procédé. Dans ces conditions, le traitement par hyperthermie ne semble pas raccourcir l'espérance de vie des abeilles ni leur âge de passage à l'activité de butineuse [Kablau *et al.*, 2020], mais la littérature scientifique manque encore pour décrire les effets de l'hyperthermie sur les traits³² de vies des abeilles exposées pendant leur développement.

En pratique

Différents dispositifs sont disponibles sur le marché (Varroa Controller, Varroa Kill II, Thermovar, Vatorex, etc). Selon les modèles, ils permettent d'effectuer le traitement des cadres de couvain en caisson ou dans la ruche, ou de la colonie entière.

32 – En écologie, les traits d'histoire de vie se définissent comme un ensemble de descripteurs biologiques et comportementaux quantitatifs en lien avec la croissance, la survie, la reproduction et la dispersion d'un organisme (chez l'abeille, cela peut concerner l'individu abeille ou la colonie). Ils concernent aussi bien des aspects de sa physiologie, de sa morphologie ou de son comportement. Exemples : âge, taille, taux de fécondité, distances parcourues pour obtenir une ressource, etc.

Pour un traitement du couvain en caisson, il est conseillé d'encager la reine sur un ou deux cadres pendant 25 jours pour concentrer le couvain et réduire le nombre de cadres à manipuler et à traiter par hyperthermie.

En suivant les protocoles d'utilisation de ces dispositifs et un calendrier de traitement, l'hyperthermie semble pouvoir être un moyen efficace pour maîtriser l'infestation par le varroa [Bičík *et al.*, 2016]. Le coût et/ou la lourdeur du matériel ou encore le nombre de manipulations nécessaires (encagement de reine suivi de manipulation des cadres encagés, par exemple) semblent néanmoins être encore des freins à leur utilisation.



Exemple d'un dispositif disponible pour un traitement par hyperthermie (Varroa Controller).

1. Avant de pouvoir introduire les cadres à traiter, il faut y placer le réservoir dédié rempli d'eau distillée et préchauffer le caisson.
2. Une fois le caisson rempli, la sonde thermique est insérée au cœur du couvain du cadre central.

© F. Giraud

CONCLUSION SUR LES MÉTHODES BIOTECHNIQUES

Les méthodes biotechniques se fondent sur des principes souvent connus depuis longtemps. Elles connaissent un regain d'intérêt de la part de la filière apicole, accru par les limites des traitements chimiques observées actuellement mais aussi dans un souci de ne pas introduire trop de ces substances au sein des colonies. Ces méthodes ont un effet ponctuel et ne protègent pas la colonie des réinfestations.



© F. Giraud

III. AUTRES PISTES DE LUTTE

LA LUTTE PAR BIOCONTRÔLE

On entend par contrôle biologique (ou biocontrôle) l'emploi d'organismes vivants pour limiter ou supprimer la population d'un nuisible, afin de limiter ses effets néfastes [Eilenberg *et al.*, 2001]. L'utilisation de prédateurs ou parasites naturels du varroa sont des pistes intéressantes, mais doit passer par des ennemis d'autres acariens car aucun ennemi naturel du varroa n'est connu.

La publication de [Chandler *et al.*, 2001] offre une revue des différentes options envisagées pour le biocontrôle du varroa. Les agents pathogènes potentiels pour les acariens varroas peuvent être divisés en groupes, selon la taxonomie des microorganismes : les arthropodes, les nématodes, les protozoaires, les champignons, les virus et les bactéries Rickettsies. Néanmoins, ces dernières sont complexes à produire en quantité, et peuvent être dangereuses pour l'homme, ce ne sont donc pas des agents de biocontrôle potentiels.

Le biocontrôle du varroa par des arthropodes, membres de la superfamille des Cheliferoidés est une autre piste de lutte envisagée. Ces animaux sont ubiquistes des environnements terrestres [Weygoldt, 1969]. Certains pratiquent le commensalisme³³ avec des insectes volants, par exemple les abeilles, et les utilisent comme mode de dispersion (phorésie).

Historiquement on trouvait une espèce de pseudoscorpion dans les ruches d'Europe – *Chelifer cancroides* –, six en Afrique et cinq en Inde [Donovan et Paul, 2005]. *C. cancroides* semble avoir disparu des colonies européennes, sans doute avec l'apparition des ruches à cadres mobiles.

Plusieurs de ces espèces (*N. gracilis*, *C. cancroides*, et *H. novaezealandiae*) sont des prédateurs des varroas [Fagan *et al.*, 2012 ; van Toor *et al.*, 2013]. Les observations sont cependant controversées par un manque de lien entre la présence naturelle de pseudoscorpions et le contrôle du varroa [Fombong *et al.*, 2016 ; Thapa *et al.*, 2013].

33 – Commensalisme : mode d'alimentation d'un animal qui se nourrit des débris de repas ou des parasites externes d'un animal d'une autre espèce, généralement plus grand, sans faire de tort à son hôte, qui le laisse faire (Larousse).

L'hypothèse serait que les pseudoscorpions ont un régime alimentaire trop généraliste pour permettre un biocontrôle efficace du parasite au sein des colonies.

La détection des espèces se nourrissant de varroas, possible par des techniques de PCR [van Toor *et al.*, 2015], devrait permettre à terme d'identifier les espèces de pseudoscorpions réellement intéressantes. Elles pourraient ainsi servir d'agents de contrôle biologique non seulement contre les varroas, mais aussi contre les petits coléoptères de la ruche et les larves de fausse-teigne [Donovan et Paul, 2006].

Si cette voie est choisie, les ruches devront probablement être modifiées pour fournir un environnement favorable au développement des pseudoscorpions.

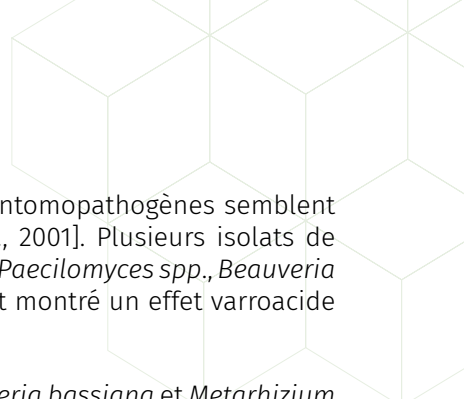


Un pseudoscorpion capture un varroa, le perce avec ses mâchoires et laisse couler un suc gastrique dans la plaie. Il aspire ensuite la chair liquéfiée par le suc gastrique et la consomme.

© R. Sachs

Une piste évoque la réduction de l'espérance de vie des varroas naturellement contaminés par des particules virales [Kleespies *et al.*, 2000], mais aucune suite n'a pour l'instant été donnée à ces travaux.

Des recherches explorent également le pouvoir varroacide de certaines bactéries comme des souches de *Bacillus* sp. [Alquisira-Ramírez *et al.*, 2014 ; Tsagou *et al.*, 2004] ou des sous-produits d'origine bactérienne [Tu *et al.*, 2010]. Deux souches de *Bacillus thuringiensis* en particulier ont montré un effet varroacide sans effet sur le développement des larves d'abeilles, ni la consommation de sirop ou la locomotion [Alquisira-Ramírez *et al.*, 2014 ; Alquisira-Ramírez *et al.*, 2017].



Enfin, parmi les multiples options, les champignons entomopathogènes semblent présenter l'avenir le plus prometteur [Chandler *et al.*, 2001]. Plusieurs isolats de différentes espèces (*Verticillium lecanii*, *Hirsutella spp.*, *Paecilomyces spp.*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium spp.*, et *Tolypocladium spp.*) ont montré un effet varroacide intéressant [Shaw *et al.*, 2002].

Deux champignons ressortent particulièrement : *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae*. Des tests en champs réalisés avec l'espèce *Metarhizium anisopliae* indiquaient une efficacité comparable au traitement Apistan®.

L'intérêt du traitement par ce champignon a été confirmé par une autre étude menée dans des colonies en Floride et au Texas [Kanga *et al.*, 2006 ; Kanga *et al.*, 2003]. Ces résultats n'ont cependant pas pu être reproduits [James *et al.*, 2006] ce qui souligne la nécessité d'approfondir les recherches.

Une formulation avec *Beauveria bassiana* (Balsamo, Hypocreales: Cordycipitaceae) a montré une efficacité anti-varroa lors de tests en ruche [Meikle *et al.*, 2008]. En plus de leur effet potentiel sur le varroa, *B. bassiana* et *M. anisopliae* montrent un profil intéressant pour la lutte contre *Aethina tumida* [Muerrle *et al.*, 2006].

Cependant, la température et l'humidité influencent l'efficacité des champignons entomopathogènes [Inglis *et al.*, 2001] laissant présager une variabilité dans l'efficacité du biocontrôle par les champignons. Les défis avant de pouvoir les utiliser à grande échelle restent donc encore nombreux [Meikle *et al.*, 2012], et des tests normalisés devront être développés pour mieux cerner les interactions entre le varroa, la ruche et les champignons avant de les envisager comme moyen de lutte.

LA LUTTE SÉMIOCHIMIQUE

Le principe est de tenter de perturber les échanges de signaux chimiques entre l'abeille et le varroa ou entre les varroas.

Des substances ont ainsi été testées pour empêcher le varroa mâle d'identifier les femelles matures et diminuer le succès reproducteur du parasite (voir [LSA 265, p. 53-59](#)).

IV. MESURES ZOOTECHNIQUES

Les mesures zootechniques sont celles qui se rapportent à la conduite de l'élevage. L'apiculteur peut, dans la gestion de son cheptel, choisir des pratiques qui auront une incidence négative sur la dynamique de la population de varroas dans ses colonies.

Citons quelques exemples :

1. Hivernage en altitude

Lorsque les ruchers sont situés dans des régions aux hivers très doux, les apiculteurs sont gênés par la présence continue de couvain dans les colonies. Cette persistance permet la reproduction des varroas tout au long de l'année et rend difficile ou impossible un éventuel traitement hivernal à base d'acide oxalique. Une solution consiste à hiverner les colonies en altitude, pendant quelques semaines ou mois, de manière à ce que le froid conduise à une rupture de ponte de la reine.

2. Limitation de la quantité de couvain

Le varroa se multipliant dans le couvain, il est possible de freiner l'accroissement de sa population, en limitant la quantité de couvain présent dans la colonie. Ainsi certains apiculteurs choisissent de diminuer le volume de leurs ruches, afin de contenir la ponte de la reine. Il faut cependant veiller à affecter le moins possible les capacités de production ou le développement de la colonie, et être particulièrement attentif au risque d'essaimage.

3. Utilisation de plateaux grillagés

Les avis sont assez partagés et surtout peu étayés, quant à l'efficacité réelle des planchers grillagés dans la lutte contre le varroa. Leur intérêt est d'empêcher que des varroas tombant vivants sur le fond ne puissent de nouveau infester des abeilles qui passent à proximité. Leur effet sur la dynamique de population du parasite est probablement très limité, mais ils ont d'autres avantages. Ils permettent notamment une bonne aération de la ruche et surtout, ils sont fort utiles et pratiques pour le suivi des chutes naturelles.

4. Choix de la souche d'abeille

Comme tout éleveur, l'apiculteur peut choisir son cheptel en fonction des qualités qu'il recherche. Avoir une souche d'abeilles qui a une bonne aptitude à contrôler la prolifération du varroa ou à tolérer sa présence est un atout indéniable, mais la sélection de ces caractères n'a rien d'évident. Ce sujet est développé dans le paragraphe suivant.

V. SÉLECTION DES ABEILLES

INTRODUCTION

Dans les autres parties de ce guide, les méthodes de lutte contre le varroa ont été décrites. Celles présentant une bonne efficacité sont des traitements à l'aide de médicaments dont les matières actives sont des molécules « chimiques ». Or les intrants chimiques ont mauvaise presse parmi les consommateurs, et parmi les apiculteurs. Ceux-ci souhaiteraient en utiliser le moins possible.

D'où la question : est-il possible de lutter contre le varroa sans « produits chimiques » ? Les abeilles peuvent-elles vivre avec le varroa ?

Depuis que le varroa parasite les colonies d'*Apis mellifera* les apiculteurs espèrent une évolution favorable, par la sélection naturelle, qui permettrait aux abeilles de continuer à prospérer bien qu'infestées de varroas, et ce sans utilisation d'acaricides et autant que possible sans manipulations zootechniques ou autres interventions de leur part. Certaines abeilles comme *Apis cerana*, ou les sous-espèces *A. m. capensis* et *A. m. scutellata* du continent africain [Allsopp, 2007] sont réputées présenter une tolérance/résistance à *Varroa destructor*. Sur le continent américain l'abeille dite « africanisée » (résultat de croisements entre *A. m. scutellata* et diverses races d'abeilles européennes importées au Brésil) survit naturellement au varroa. Ces cas laissent espérer que la sélection d'abeilles mellifères tolérantes ou résistantes au varroa est possible à l'échelle globale.

On peut citer quelques autres exemples :

- › Dans l'extrême sud-est de la Russie, l'abeille de Primorsky survit malgré la présence du varroa avec lequel elle est en contact depuis la première moitié du XX^e siècle.
- › En Nouvelle-Zélande et à Hawaï où l'arrivée relativement récente du varroa a permis l'étude de l'évolution du virus DWV, on observe apparemment une augmentation de la virulence de ce virus. Or dans une petite île au large du Brésil (Fernando de Noronha) [Brettell et Martin, 2017] il semblerait que les abeilles vivent avec le varroa sans dommage : le DWV serait-il moins agressif ici ?
- › À Cuba les pesticides, et donc les acaricides, sont interdits depuis 1996. Les moyens de lutte autorisés contre le varroa sont le retrait du couvain de mâles, la sélection et le changement de reines fréquent (colonies testées pour leur comportement hygiénique, contrôle des varroas morts, sélection). Les abeilles survivent apparemment et produisent du miel. Mais cela nécessite l'intervention des apiculteurs.

UN PEU DE GÉNÉTIQUE RUDIMENTAIRE

Hérédité

Un être vivant, végétal ou animal, possède des caractères bien précis. L'ADN, contenu dans les chromosomes, est le support sous forme de gènes, de l'information génétique d'un individu. L'ensemble des gènes d'un individu constitue son « génotype ».

Ces chromosomes sont généralement par paires chez les êtres à la reproduction sexuée. L'Homme possède 23 paires de chromosomes tandis que l'abeille en a 16 paires. Lors de la méiose³⁴, ces paires de chromosomes se combinent et se séparent. Chaque individu reçoit un jeu de chromosomes provenant de sa mère, et un jeu de son père par le spermatozoïde qui féconde l'ovule pour donner un œuf. Ce faisant, il hérite des caractères de ses parents. L'hérédité est la transmission au fil des générations des caractéristiques génétiques inscrites dans l'ADN.

Sur un chromosome, un caractère est défini par la valeur d'un gène, l'allèle. Dans une paire il y a donc deux allèles qui interagissent pour produire le caractère observable ou « phénotype ». Parfois un de ces deux allèles ne s'exprimera que s'il est en double, c'est un allèle « récessif », tandis que d'autres l'emporteront systématiquement et on parlera d'allèles ou de caractères « dominants ». On comprend bien que s'il y a deux allèles identiques sur les deux éléments d'une paire de chromosomes (gène homozygote) le caractère s'exprimera et sera transmis à la descendance.

Héritabilité

D'après les chercheurs, des caractères génétiques de résistance au varroa existent parmi les populations d'abeilles. Il est donc possible d'envisager des programmes de sélection sur ces caractères.

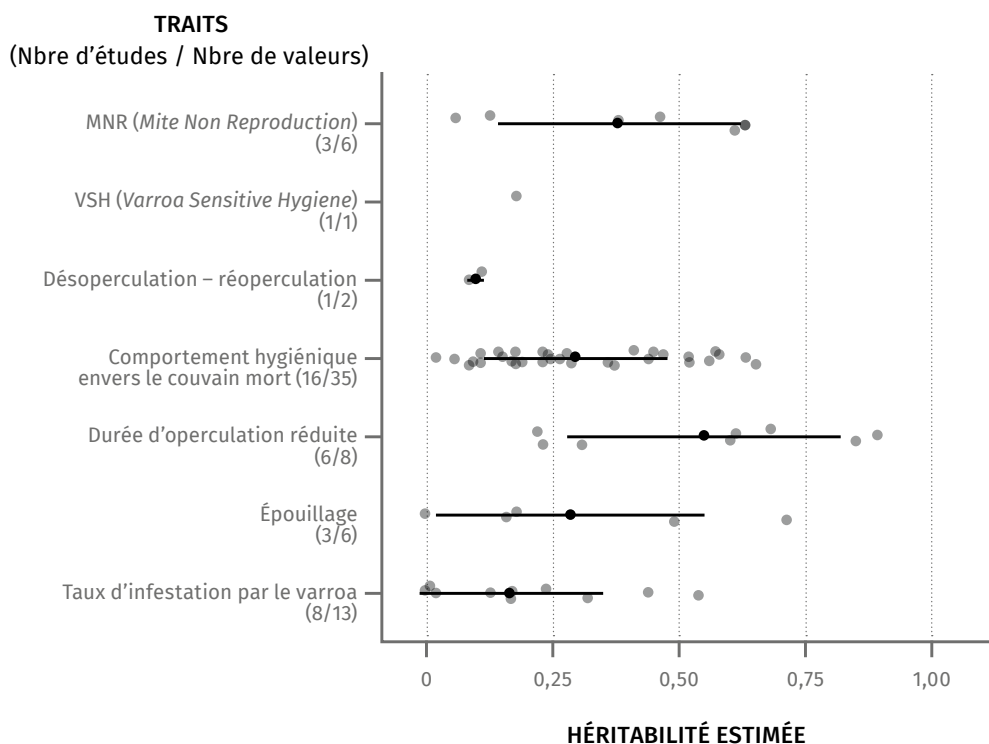
L'héritabilité est un concept statistique introduit il y a un siècle qui vise à quantifier, au sein d'une population donnée, la part de la variabilité d'un caractère qui est due à des causes génétiques et à l'influence de l'environnement. Le coefficient est utilisé pour prédire le résultat de la sélection végétale et animale. L'héritabilité est une estimation dont la valeur peut varier de 0 (la variabilité observée n'est due qu'aux effets de milieu et la sélection sera un échec) à 1 (la variabilité observée n'est due qu'au polymorphisme génétique).

34 – Méiose : double division de la cellule aboutissant à la réduction de moitié du nombre des chromosomes, et qui se produit au moment de la formation des cellules reproductrices, ou gamètes. À l'issue de la méiose, chaque cellule diploïde forme ainsi quatre gamètes haploïdes. Source : Larousse de la langue française.

Pour un même caractère on observe une distribution assez grande des valeurs calculées de son héritabilité, ce qui s'explique car cela correspond à l'étude de ce caractère dans une population donnée et cela dans un environnement donné³⁵ (voir schéma ci-dessous).

Chez l'abeille, l'héritabilité de caractères tels que la durée d'operculation ou le poids des nymphes a été calculée. Concernant les caractères de résistance au varroa, les travaux scientifiques fournissent soit peu de données, soit des données variables.

Le caractère « hygiénique » (défini par le taux de couvain operculé tué par congélation qui est enlevé par les ouvrières en 24 heures) est le plus documenté, mais les valeurs obtenues selon les travaux sont très différentes les unes des autres. En réalité s'intéresser à ce caractère n'apporte rien pour la sélection d'abeilles résistantes au varroa, car il s'agit pour les abeilles de détecter et évacuer des nymphes mortes ce qui n'est pas corrélé avec la présence de varroas.



Distribution des estimations d'héritabilité dans la littérature.

Il est généralement considéré qu'une héritabilité supérieure à 0,25 correspond à un caractère influencé par la génétique dont l'amélioration par la sélection sera possible.

Traduit d'après [Guichard *et al.*, 2020]

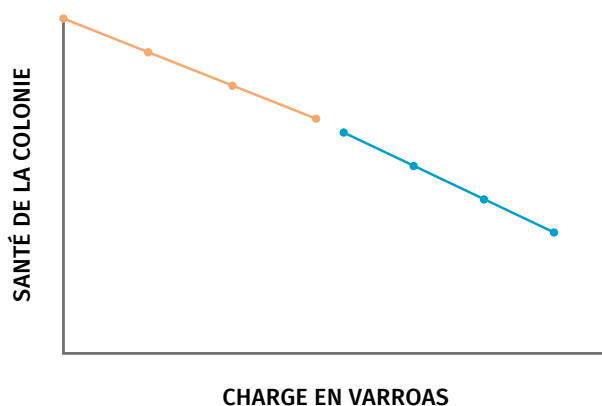
35 – L'héritabilité d'un caractère n'a de sens que pour des populations et n'a aucun sens à l'échelle de l'individu.

RÉSISTANCE / TOLÉRANCE

Résistance ou tolérance, quelles différences ?

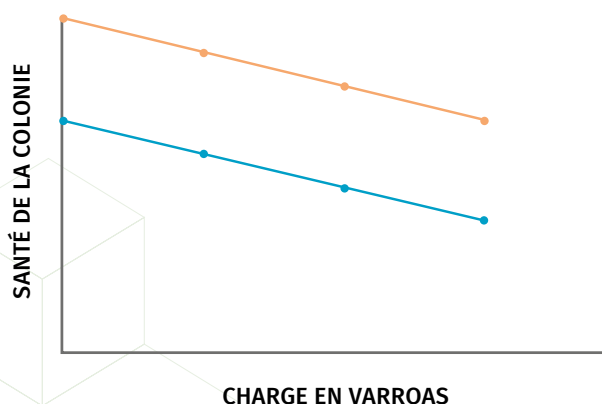
La **résistance** est une mesure de la capacité de l'hôte à réduire l'installation du parasite. Par exemple, deux colonies se font infester par 10 varroas. Dans la première 8 varroas échappent aux systèmes de défenses de la colonie, contre seulement 3 varroas dans la seconde colonie. Cette seconde colonie est considérée comme étant plus résistante au varroa que la première.

La **tolérance** mesure la capacité de l'hôte à faire face à une charge en parasite donnée. Imaginez deux colonies, chacune contenant 500 varroas. La première ne montre pas de signe de varroose alors que la seconde s'effondre : la première colonie est plus tolérante vis-à-vis du varroa que la seconde.

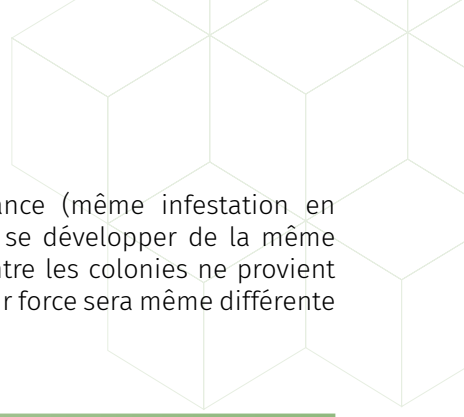


Deux colonies, de tolérances équivalentes au varroa mais de résistances différentes.

La charge en varroas est moindre dans la colonie orange (elle est plus résistante) et elle reste donc en meilleure santé que la colonie en bleu.



Deux colonies de résistances similaires (même charge en varroa), mais celle en bleu est moins tolérante et sa santé décline plus rapidement que la colonie orange.



Deux colonies ayant le même génotype de résistance (même infestation en moyenne) et de tolérance au varroa peuvent ne pas se développer de la même manière. Dans ce cas, la différence d'état de santé entre les colonies ne provient pas de leur capacité de défense vis-à-vis du varroa ; leur force sera même différente en l'absence du parasite.

CARACTÈRES ET COMPORTEMENTS ÉTUDIÉS

Il a été démontré qu'une solution naturelle est possible : des abeilles non traitées dans les milieux tropicaux développent certains niveaux de résistance au varroa. Malgré la forte pression de sélection (pas de traitements par les apiculteurs) et un climat favorable à la présence permanente du couvain, donc à la reproduction du varroa, les colonies survivent, au moins assez longtemps pour assurer une descendance (essaimage, nouvelles colonies). Ces colonies ont hérité d'une ou de plusieurs caractéristiques qui les aident à garder l'infestation sous contrôle.

Dans le cas des abeilles, en observant les caractéristiques de celles qui vivent ou survivent avec le varroa, on peut imaginer des adaptations, une sélection naturelle sur des caractères biologiques et/ou comportementaux.

L'épouillage

Ce comportement d'épouillage a été étudié sur *Apis cerana* dès les années 1980. Lors de l'épouillage les abeilles peuvent décrocher les varroas phorétiques sur elles-mêmes ou sur leurs congénères. L'évaluation de ce caractère est complexe, elle peut passer par le comptage des varroas morts ou lésés sur le plancher d'une ruche ou par l'observation comportementale des abeilles en laboratoire. *Apis cerana* semble plus efficace pour décrocher les varroas qu'*Apis mellifera* dans ces tentatives d'épouillage [Fries *et al.*, 1996 ; Peng *et al.*, 1987]. Cette caractéristique comportementale serait l'une des composantes de l'équilibre hôte-parasite entre l'abeille asiatique et le varroa [Rath, 1999].

La capacité des abeilles à mutiler le varroa

Par épouillage les abeilles peuvent endommager les varroas. Cet effet individuel a-t-il un effet significatif sur les varroas phorétiques ?

La durée du stade de couvain operculé

Tout varroa non mature à l'émergence de l'abeille est voué à mourir. Ainsi l'émergence ou la désoperculation précoces, ou une nymphose plus rapide empêcheraient les varroas d'arriver à maturité et de s'accoupler, et donc ralentiraient la croissance de la population du parasite [Moritz et Jordan, 1992]. Pourrait-on sélectionner l'abeille pour obtenir une durée plus courte de ce stade de couvain fermé ? Aucun progrès n'a été réalisé en ce sens.

La taille des cellules

L'hypothèse est qu'une taille de cellule de couvain plus petite limite le nombre de fondatrices pouvant infester ces cellules tout en rendant difficiles les déplacements nécessaires au nourrissage et à la reproduction des varroas. Cela pourrait aussi augmenter les cas de piégeage de la fondatrice entre la paroi de la cellule et le cocon de la prénymphe, situation entraînant la mort du varroa.

Certains apiculteurs ont laissé leurs abeilles édifier leurs rayons, convergeant vers des cellules de tailles inférieures aux cires gaufrées du commerce. Leurs résultats n'ont pas été convaincants. Toutefois, il a été démontré que l'utilisation de petites cellules (taille naturelle) donnerait des abeilles plus petites dont le stade de couvain fermé serait plus court, rendant plus difficile la production de varroas matures dans le couvain d'ouvrières (projet BMat de la fondation Arista Bee).

Cette approche comme méthode de lutte mécanique contre le varroa a montré des résultats contradictoires. Elle ne semble pas être une solution adaptée à la sélection d'abeilles résistantes [Oddie *et al.*, 2019].

La réoperculation

Des cellules de couvain operculées et parasitées sont ouvertes puis réoperculées : dans ce cas, le couvain et le varroa ne sont pas éliminés, mais apparemment, la reproduction du varroa est perturbée, et sa descendance devient également moins fertile. Le comportement de réoperculation semble exister faiblement dans les colonies qui vivent sur des territoires n'ayant jamais été confrontés au varroa. Ce sont les colonies résistantes qui manifestent le plus ce comportement, avec une réoperculation préférentielle des cellules infestées par le varroa [Martin *et al.*, 2019]. La conséquence de la réoperculation sur la reproduction du varroa est encore discutée, certaines études évoquent une réduction du succès de reproduction du varroa par ce comportement [Oddie *et al.*, 2018 ; Oddie *et al.*, 2021]. La réoperculation est un comportement qui peut expliquer en partie le succès des colonies résistantes au varroa, mais n'est pas un critère de sélection suffisant, et en tous cas difficile à évaluer et à mettre en œuvre.

Au laboratoire la réoperculation est visible à l'œil nu mais l'observation peut être facilitée par l'emploi d'une loupe et d'une lumière, puisque les cellules ont un aspect différent.

Le SMR (*Suppressed mite reproduction*) et le VSH (*Varroa Hygiene Sensitive*)

Ces caractères ont été décrits comme des caractères clés de défense contre le varroa chez l'abeille domestique.

Les mécanismes à la base du SMR sont encore méconnus mais résultent en un échec du cycle de reproduction du parasite. Le caractère SMR découle de plusieurs facteurs liés :

- › aux abeilles adultes (via entre autres le comportement VSH),
- › au couvain (via l'émission de phéromones réduisant le nombre de descendants produits par la fondatrice),
- › au varroa (fondatrices de fécondité réduite).

Le comportement hygiénique spécifique au varroa VSH peut être l'un des caractères exprimé par une colonie SMR [Harris, 2007 ; Plettner *et al.*, 2017]. La séquence comportementale du VSH est bien décrite : les nourrices détectent les alvéoles infestées, les désoperculent et en nettoient le contenu, avec pour conséquence une interruption du cycle de reproduction du varroa.

Les deux caractères SMR et VSH entraînent des dynamiques de populations de parasites réduites, permettant ainsi à la colonie de maintenir la population de varroas sous contrôle.

Des travaux publiés en 2001 rapportent la sélection d'une souche d'abeilles ayant la capacité de réduire la reproduction des varroas [Harris et Harbo, 2001]. Dans le couvain de cette souche, 50 à 100 % des fondatrices sont mortes ou bien sans descendance (contre environ 20 % pour le couvain d'abeilles normal). Les ouvrières sont capables de détecter des nymphes infestées par des fondatrices reproductrices initiant l'oviposition et de les éliminer, alors qu'elles n'éliminent pas les nymphes infestées par des varroas incapables de se reproduire [Harris et Harbo, 2005]. Les femelles varroas détectées et sortant de cellules désoperculées seraient moins fécondes : soit elles ont une descendance moins nombreuse, soit elles ont eu moins d'accouplements (donc moins de spermatozoïdes ou des spermatozoïdes de viabilité plus faible).

Les deux caractères SMR et VSH entraînent des dynamiques de populations de parasites réduites, permettant ainsi à la colonie de maintenir la population de varroas sous contrôle.

Il a été proposé récemment d'ajouter une définition phénotypique complémentaire : le MNR (Mite non-reproduction) qui serait la somme des effets des caractères VSH, SMR et réoperculation [Mondet *et al.*, 2020 ; Noël *et al.*, 2020]. Selon cette définition, le caractère SMR ne concerne plus que l'échec du cycle de reproduction du varroa via le couvain.

Les apiculteurs mettent actuellement beaucoup d'espoirs sur les recherches effectuées pour trouver, isoler et reproduire ces caractères.

On peut citer brièvement ici quelques programmes de recherche :

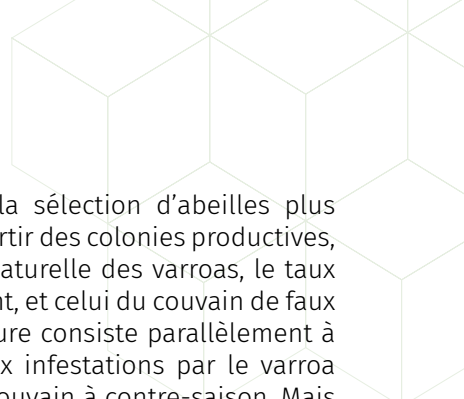
- › Le programme RHB (*Russian Honey Bee*) utilisant la souche d'abeilles de Primorsky est suivi par le ministère de l'Agriculture des États-Unis (USDA) [Rinderer *et al.*, 2000]. La population de varroas s'accroît moins vite dans les souches RHB sélectionnées mais leur moindre productivité et leur agressivité en ont ralenti le commerce [Rinderer *et al.*, 2010].
- › En France, le projet *BeeStrong* a débuté à l'été 2016 et vise l'identification de marqueurs génétiques spécifiques du caractère SMR.
- › De son côté la fondation Arista Bee Research essaye d'établir des liens avec ces projets et d'organiser la coopération entre ces initiatives.

CONCLUSION

Les caractères énumérés sont très difficiles à isoler et à sélectionner par l'apiculteur, qu'ils soient biologiques à l'échelle de l'individu, ou comportementaux à l'échelle de la colonie ou des fratries. De plus, bien que le varroa participe à l'interaction hôte-parasite, le rôle de sa génétique dans l'expression des caractères liés à la résistance ont été jusqu'ici négligée [Eliash et Mikheyev, 2020].

Faisant suite aux précédents essais de sélection, le comportement VSH suscite beaucoup d'intérêt chez les apiculteurs (et les chercheurs). Isoler ce caractère ne peut se faire que par des apiculteurs groupés et ayant une bonne maîtrise de l'insémination instrumentale. De plus, se pose le problème du maintien de ces souches.

Le Conte *et al.* relèvent dans leur revue de la littérature existante que : « **Un aspect qui doit être pris en compte est que les populations d'abeilles apparemment résistantes au varroa en un endroit cessent parfois de l'être lorsqu'elles sont déplacées ailleurs et soumises à des conditions environnementales différentes ou à des populations de varroas différentes. Le groupe européen COLOSS attire l'attention sur le fait que les souches localement adaptées sont celles qui ont une meilleure survie** » [Le Conte *et al.*, 2020].



Les apiculteurs eux-mêmes doivent se charger de la sélection d'abeilles plus résistantes. Elle consiste en une sélection massale, à partir des colonies productives, sur des critères simples comme le suivi de la chute naturelle des varroas, le taux d'infestation des ouvrières lorsque le couvain est absent, et celui du couvain de faux bourdons surtout en début de saison. Une autre mesure consiste parallèlement à éliminer les colonies qui semblent très sensibles aux infestations par le varroa comme par exemple les souches qui élèvent trop de couvain à contre-saison. Mais hélas, là encore, les influences environnementales peuvent fausser les résultats de la sélection.

VI. IPM³⁶

Souvent quand on évoque un traitement médicamenteux contre le varroa, on ajoute l'expression « dans le cadre d'un programme de lutte intégrée ».

Qu'est-ce que la lutte intégrée ? Comment peut-elle s'appliquer à la varroose ?

Dès les années 1950, aux USA, les insecticides de synthèse (notamment un organochloré, le DDT) étant largement utilisés dans les champs ou les maisons, pour la lutte contre les arthropodes, des entomologistes s'inquiétèrent de l'impact environnemental, de la toxicité de ces produits et de l'apparition de résistances. Ils préconisèrent des applications raisonnées d'insecticides à des moments bien précis du cycle biologique de l'agent nuisible et seulement lorsqu'un seuil de dommage économique a été atteint, le motif étant qu'au-delà de ce seuil, les pertes économiques sont supérieures au coût des mesures de contrôle.

En parallèle, les scientifiques recommandèrent l'utilisation de méthodes de contrôle biologique des ravageurs. On parlait alors de **contrôle intégré**. Ces principes s'étendirent à tous les types de ravageurs et toutes les méthodes pour les gérer : on utilise alors les termes d'*Integrated Pest Management* ou IPM.

36 – *Integrated Pest Management*.

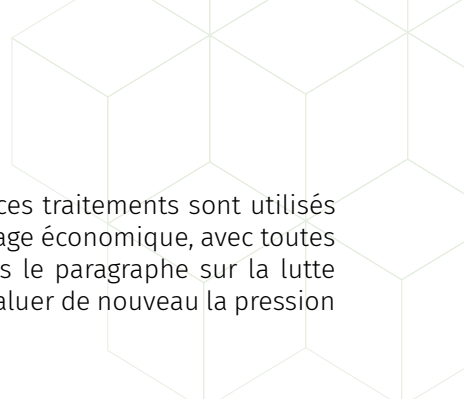
L'IPM prend en compte l'aspect économique de la lutte contre un agent nuisible mais aussi les risques pour la santé humaine et l'environnement. Dans les années 1970, l'IPM permet de résoudre une crise de sécurité alimentaire en Indonésie et se généralise au niveau mondial³⁷.

L'IPM prend en compte l'aspect économique de la lutte contre un agent nuisible mais aussi les risques pour la santé humaine et l'environnement.

Nous ne développerons pas la méthode IPM en général mais nous allons directement nous intéresser au varroa. Un programme de lutte intégrée contre le varroa comprend plusieurs étapes :

- › identification et étude de l'agent nuisible (*Varroa destructor*) et établissement de seuils de dommage (dommage économique, mise en péril de la survie de la colonie),
- › utilisation, grâce à la sélection, de souches d'abeilles tolérantes ou résistantes au varroa, dans un environnement adapté à ces souches et qui leur permet d'exprimer au mieux leur potentiel génétique,
- › suivis réguliers de l'infestation : c'est le principe des comptages de varroas phorétiques ou des chutes naturelles,
- › contrôles biotechniques du parasite : nous avons exposé, dans le paragraphe « Méthodes de lutte biotechniques », le piégeage des varroas dans le couvain de mâles associé à un retrait de ce couvain, la formation de nucléi, l'encagement des reines à certains moments du cycle biologique de la colonie, etc.,
- › contrôles biologiques du varroa : les méthodes de biocontrôle vues précédemment peuvent être utilisées. Cependant en apiculture, peu de données fiables sont disponibles sur leur efficacité et donc leur intérêt. Contrôles biotechniques et biologiques permettront de freiner la multiplication du parasite et la croissance de sa population,

37 – Dans les années 1970, en Indonésie, une crise de sécurité alimentaire se déclare suite à l'apparition d'une résistance de la cicadelle brune du riz aux insecticides de l'époque. La mise en place d'un programme IPM entraîne le retrait de plusieurs insecticides à large spectre et la baisse rapide de 65% de la quantité de pesticides utilisés ; la culture du riz s'améliore et ses rendements augmentent de 12 %.



› utilisation responsable des traitements chimiques : ces traitements sont utilisés lorsque la pression parasite atteint le seuil de dommage économique, avec toutes les recommandations sur les traitements faites dans le paragraphe sur la lutte chimique. À la fin du traitement, il est nécessaire d'évaluer de nouveau la pression parasitaire et d'adapter la lutte.

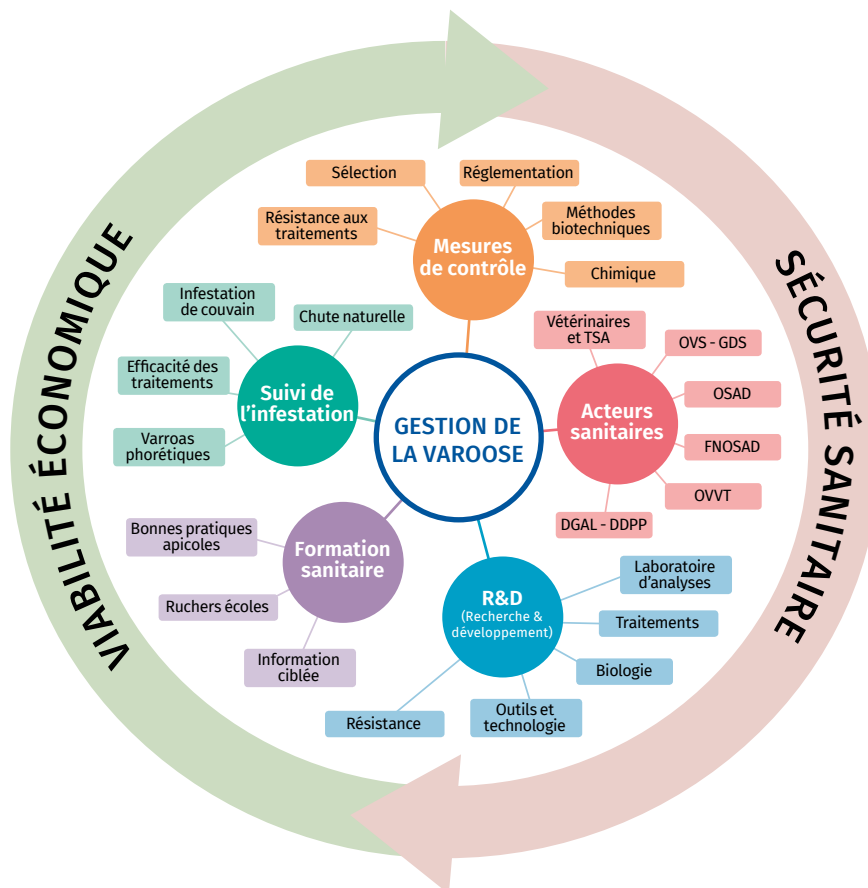
L'objectif principal de l'IPM du varroa est de réduire, voire à terme de supprimer, la dépendance des apiculteurs aux acaricides de synthèse [Delaplane *et al.*, 2005].

Le schéma ci-après : « **Gestion de la varroose dans le cadre d'un programme de lutte intégrée** » montre que l'on peut encore affiner la lutte en intégrant des points supplémentaires.

Dans ce schéma, apparaissent cinq pôles qui jouent un rôle important dans la gestion de la varroose :

- 1. la recherche et le développement** apportent régulièrement de nouvelles connaissances sur la biologie du varroa, ses effets sur la colonie, sur les moyens de contrôle ou de lutte, et sur les inévitables résistances apparaissant après des emplois répétés ou inadaptés des mêmes traitements,
- 2. la formation sanitaire** de l'apiculteur lui permettra de mettre en œuvre toutes les méthodes à sa disposition afin d'équilibrer la viabilité économique de son exploitation avec la bonne santé de ses colonies et la sécurité sanitaire,
- 3. le suivi de l'infestation**, indispensable, ne peut être effectué que par un apiculteur compétent, connaissant toutes les techniques de suivi,
- 4. les mesures de contrôle** sont utilisées dans le respect de la réglementation et tiennent compte des différentes étapes d'une lutte intégrée : sélection, contrôles biotechniques, biologiques et enfin si nécessaire chimiques,
- 5. les différents acteurs sanitaires** nationaux, régionaux, départementaux (FNOSAD, OVS et OVVT, GDS, OSAD, vétérinaires et TSA) agissent, en partenariat avec les administrations correspondantes si nécessaires, pour conseiller au mieux les apiculteurs et les aider à améliorer la lutte contre le parasite. Les PSE mis en œuvre dans la plupart des départements favorisent ces actions au niveau local, et les plans collectifs de lutte contre le varroa (existant dans plusieurs régions) doivent permettre une meilleure coordination à l'échelon régional.

GESTION DE LA VARROOSE DANS LE CADRE D'UN PROGRAMME DE LUTTE INTÉGRÉE



Les programmes de lutte intégrée contre le varroa ne sont cependant pas toujours suffisants pour assurer la survie des colonies d'abeilles. En effet, nous avons vu précédemment que *Varroa destructor* souvent n'est pas le seul responsable de la maladie « varroose » : des virus, la présence de pesticides ou de leurs résidus dans l'environnement, d'autres facteurs de stress, jouent également un rôle. Les virus voient leurs effets potentialisés par l'acarien, les produits phytosanitaires en s'accumulant dans les tissus des abeilles et les matrices apicoles, dépriment l'immunité et aggravent les manifestations de la maladie, voire abaissent les seuils d'effondrement d'une colonie. La varroose, bien que *Varroa destructor* en soit l'acteur prédominant, est une maladie plurifactorielle et les programmes de lutte intégrée ne prennent pas encore en compte ce type de maladie.

Néanmoins, les apiculteurs doivent adopter des stratégies se rapprochant de l'IPM, afin de ne pas faire reposer la lutte sur la seule chimiothérapie (lutte médicamenteuse).







ANNEXES

I. ÉLEVAGE DE REINES ET *VARROA DESTRUCTOR* 182

Utilisation d'éleveuses orphelines	183
Utilisation d'éleveuses non orphelines à deux compartiments	183
Conclusion et recommandations	184

II. QUE FAIRE EN CAS DE VARROOSE DÉCLARÉE ? 185

Quelles sont les alternatives pour l'apiculteur ?	185
1. Euthanasie de la colonie	185
2. Traitement de la colonie	185
3. Traitement d'urgence « suisse »	186

I. ÉLEVAGE DE REINES ET *VARROA DESTRUCTOR*

Compte tenu des difficultés rencontrées pour le maintien du cheptel apicole dans le contexte actuel, de plus en plus d'apiculteurs pratiquent l'élevage de reines, ceci afin de constituer de nouvelles colonies ou pour remérer des colonies déjà établies. Et ce, parfois assez tard en saison pourvu qu'il y ait encore des mâles en suffisance.

L'élevage de reines dit « artificiel » doit viser à obtenir des reines de qualité au moins égale à celles que produit la nature. Mais en présence de l'infestation par le varroa, des questions viennent à l'esprit au sujet de l'état physiologique et sanitaire des reines élevées, surtout lorsque cet élevage est effectué tardivement, à un moment de l'année apicole où la pression parasitaire peut atteindre un niveau élevé. Il semble logique et cohérent de mettre en avant que si une nymphe de reine est parasitée par le varroa, elle n'en sortira pas indemne du fait de l'action délétère du parasite et des virus que ce dernier est susceptible de lui transmettre. Cette action pathogène peut se traduire par des signes évidents : mortalité de la nymphe, non émergence, anomalies physiques (ailes atrophiées ou absentes, etc.). Si l'apiculteur fait émerger ses reines en couveuse, il pourra certes écarter celles qui sont malformées, mais d'autres, porteuses de lésions non visibles, pourront être conservées, bien que déficientes. Quant à l'apiculteur qui remère ses colonies avec des cellules royales mûres (operculées et à partir du dixième jour suivant le greffage), il n'aura pas la possibilité de détecter les éventuelles anomalies.

Les cellules royales ne sont que **rarement parasitées** par les varroas dans le cas de l'élevage royal naturel, que ce soit par l'une ou l'autre des trois modalités de remérage : essaimage, supersédure et sauveté. Ceci peut s'expliquer par le fait que lors de ces élevages royaux, du couvain de mâles ou d'ouvrières de tous âges est présent et qu'il est plus attractif pour les fondatrices varroas que ne le sont les cellules de reines. Néanmoins, bien que cela soit assez rare, il a déjà été possible de retrouver des varroas dans des cellules royales. L'impact de ce parasitisme peut être négligeable quant à la réussite du remérage des colonies car dans les conditions naturelles et sauf cas exceptionnel, de nombreuses cellules royales sont édifiées.

En revanche, il n'en est pas de même pour l'élevage de reines effectué par l'apiculteur, puisque dans ce cas, le risque lié à une infestation par le varroa peut différer de la situation précédente. Il est dépendant de la période et des méthodes d'élevage appliquées, et en particulier du type d'éleveuse choisie.

UTILISATION D'ÉLEVEUSES ORPHELINES

Cette méthode d'élevage de reines est la plus constamment décrite dans les manuels ou articles qui traitent d'élevage « artificiel » de reines.

Le plus souvent il est conseillé d'orpheliner lesdites colonies à J-7. Au jour J : il faut visiter la colonie éleveuse afin de détruire les élevages de reines de sauveté et lui confier les jeunes larves greffées. Si bien que lorsque les cellules royales seront sur le point d'être operculées (J+5), il n'y aura plus de couvain d'ouvrières ouvert (7+5 = 12 jours) et des varroas n'ayant plus d'autre choix pour accomplir un cycle de reproduction, pourront parasiter des cellules royales avant leur operculation.

Une variante de cette méthode propose de confier les larves greffées à la colonie éleveuse le jour de l'orphelinage, et ce, après lui avoir enlevé les quelques cadres qui comportent le plus de couvain ouvert. On peut estimer que dans ce cas le risque d'infestation des cellules royales est assez faible.

UTILISATION D'ÉLEVEUSES NON ORPHELINES À DEUX COMPARTIMENTS

La reine est isolée dans un compartiment de la ruche par une grille à reine (l'autre compartiment dit « orphelin » recevant les cadres d'élevage). Ce type de ruches éleveuses est également utilisé en production de gelée royale. Dans cette méthode d'élevage, **du couvain ouvert d'ouvrières est présent dans le compartiment d'élevage**, ceci est même recommandé, voire obligatoire (remontées de couvain ouvert)¹ afin d'attirer les nourrices en nombre pour qu'elles accordent tous leurs soins aux larves des futures reines. Les varroas auront alors tendance à parasiter prioritairement ce couvain plutôt que les cellules royales.

Bien sûr on peut raisonnablement estimer que si les colonies du rucher, dont les éleveuses potentielles, ont bénéficié de moyens de lutte efficaces contre le varroa lors de la saison précédente, les risques d'infestation des cellules royales au printemps suivant soient minimales. Mais en fin de saison apicole, si des élevages de reines sont conduits par l'apiculteur en l'absence de traitement préalable contre le varroa, la possibilité que les cellules royales soient infestées ne peut être totalement écartée.

1 – Les « remontées de couvain ouvert » correspondent à une action qui consiste à prélever un à deux cadres de couvain non operculé (très jeune) dans le compartiment où se trouve la reine et de le(s) transférer dans l'autre compartiment de façon à ce que chacun de ces cadres borde le cadre d'élevage. Bien sûr cela n'est indiqué que dans le cas où les éleveuses fonctionnent en continu : élevages successifs ou production de gelée royale.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Eu égard à ce qui est énoncé précédemment, voici quelques précautions à prendre pour préserver le bon état de santé des jeunes reines d'élevage vis-à-vis de l'action négative du varroa :

- › à tout moment de l'année apicole et a fortiori en fin de saison, préférer les méthodes d'élevage en présence de couvain d'ouvrières ouvert. À défaut, il est possible d'introduire du couvain ouvert sans abeilles dans les colonies éleveuses orphelines à partir du moment où les larves greffées sont acceptées (J1 ou J2). Les colonies d'où proviennent ces cadres de couvain doivent évidemment être saines,
- › en prévision des élevages tardifs, prévoir un traitement préalable² des ruches éleveuses,
- › ne pas choisir comme éleveuse une colonie dans laquelle sont observées des abeilles aux ailes déformées (action du virus DWV),
- › autant que possible, pour ces derniers élevages, opter pour les remérages des colonies avec des reines vierges (que l'on peut contrôler) plutôt qu'avec des cellules royales.



Reine d'élevage artificiel présentant une déformation d'une aile, probablement due à l'effet du parasitisme par *Varroa destructor*.

© F. Lalanne

² – Suffisamment tôt pour minimiser les risques liés à l'infestation par les varroas et les virus associés (dont le DWV).

II. QUE FAIRE EN CAS DE VARROOSE DÉCLARÉE ?

Il est possible et correct d'utiliser le terme « varroose » pour qualifier le fait qu'une colonie est parasitée par le varroa, quel que soit le niveau de l'infestation. Selon cette conception, toutes les colonies (hors territoires indemnes) seraient donc atteintes de varroose.

Mais généralement, « varroose » est le terme employé pour caractériser la maladie déclenchée par un dépassement du seuil parasitaire tolérable, souvent en association avec d'autres facteurs, se manifestant par des signes cliniques graves et conduisant inexorablement à la mort de la colonie.

Dans ce guide sont décrits les différents moyens permettant à l'apiculteur de surveiller le niveau d'infestation et de le maintenir à un seuil supportable pour la colonie, l'objectif étant de **prévenir l'apparition de la maladie**. Mais il arrive qu'en raison d'une mauvaise gestion ou d'un échec de la méthode de lutte employée, l'apiculteur se trouve en présence de colonies atteintes de varroose clinique (ou PMS pour Parasitic Mite Syndrom) avec des signes visibles à la fois sur le couvain et sur les abeilles adultes. Le pronostic³ est généralement très sombre, et les possibilités de sauver une telle colonie sont minces.

Quelles sont les alternatives pour l'apiculteur ?

1. Euthanasie de la colonie

Cette solution est la plus raisonnable, car l'apiculteur

- › élimine ainsi tout risque de contamination pour son rucher et ceux du voisinage,
- › ne conserve pas une souche probablement trop sensible au parasite,
- › ne risque pas d'investir du temps et de l'énergie pour un sauvetage aléatoire.

2. Traitement de la colonie

Pour qu'un traitement puisse être tenté, il faut qu'il reste encore assez d'abeilles adultes viables dans la colonie malade, que le rucher dispose d'autres colonies saines et fortes et que le délai soit assez éloigné de la mise en hivernage.

3 – Pronostic : prévision sur l'évolution ou l'aboutissement d'une maladie.

Ces conditions sont rarement réunies... et bien souvent le jeu n'en vaut pas la chandelle. Mais les plus optimistes peuvent essayer :

- › en commençant par retirer et détruire tout le couvain malade : il contient de nombreux varroas et ne participera pas au renouvellement de la population,
- › en appliquant ensuite un traitement à base d'acide oxalique sur les abeilles,
- › en ajoutant, quelques jours plus tard, des cadres de couvain sain issu de colonies fortes.

Hélas, la colonie malade ne parvient pas toujours à se rétablir, et l'apiculteur pourra regretter d'avoir affaibli des colonies fortes pour tenter de la sauver.

3. Traitement d'urgence « suisse »

Le Service sanitaire apicole, en lien avec le Centre de Recherche Apicole de Liebefeld (Suisse), propose une méthode de traitement d'urgence des colonies fortement infestées si le seuil de chutes naturelles dépasse 3 varroas par jour en mai ou 10 varroas fin juin-début juillet.

Elle correspond à un transvasement de la colonie dans une autre ruche garnie uniquement de cire gaufrée, suivi d'un nourrissage au sirop, puis, 7 jours plus tard, d'un traitement à base d'acide oxalique, après vérification de la présence de la reine. Voir les détails et recommandations sur la fiche « *Traitement d'urgence antivarroa* »⁴.

Tous les cadres (dont bien sûr tout le couvain) étant totalement éliminés (et détruits ou fondus) au cours de cette opération, il faudra plusieurs semaines pour que naissent de nouvelles générations d'abeilles, qu'elles récoltent suffisamment de réserves et constituent une population capable d'hiverner dans de bonnes conditions. Cette méthode, qui permet une lutte très efficace contre le varroa, ne peut donc s'appliquer qu'assez tôt en saison (au plus tard début juillet) et si les conditions climatiques sont bonnes.

4 – La fiche peut être consultée sur le site du Service sanitaire apicole (abeilles.ch > Téléchargements santé des abeilles) ou à l'adresse suivante : <https://www.abeilles.ch/telechargements-liens/telechargements-sante-des-abeilles.html>



BIBLIOGRAPHIE

Allsopp M. H. *Analysis of Varroa destructor infestation of southern African honeybee populations* [En ligne]. [s.l.] : Université de Pretoria, 2006. Disponible sur : <http://www.repository.up.ac.za/handle/2263/27094> (consulté le 4 mai 2017)

Alquisira-Ramírez E. V., Paredes-Gonzalez J. R., Hernández-Velázquez V. M., Ramírez-Trujillo J. A., Peña-Chora G. « In vitro susceptibility of Varroa destructor and Apis mellifera to native strains of Bacillus thuringiensis ». *Apidologie*. 2014. Vol. 45, n° 6, p. 707-718.

Alquisira-Ramírez E. V., Peña-Chora G., Hernández-Velázquez V. V. M., Alvear-García A., Arenas-Sosa I., Suarez-Rodríguez R. « Effects of Bacillus thuringiensis strains virulent to Varroa destructor on larvae and adults of Apis mellifera ». *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2017. Vol. 142, p. 69-78.

Amdam G. V., Hartfelder K., Norberg K., Hagen A., Omholt S. W. « Altered physiology in worker honey bees (Hymenoptera: Apidae) infested with the mite Varroa destructor (Acari: Varroidae): a factor in colony loss during overwintering? ». *Journal of Economic Entomology*. 2004. Vol. 97, n° 3, p. 741-747.

Amdam G. V., Norberg K., Hagen A., Omholt S. W. « Social exploitation of vitellogenin ». *Proceedings of the national academy of sciences*. 2003. Vol. 100, n° 4, p. 1799-1802.

Anderson D. L. « Surveillance of parasites and diseases of honeybees in Papua New Guinea and Indonesia ». *CSIRO Report*. 2008. Vol. 1, p. 1-41.

Anderson D. L., Trueman J. W. H. « Varroa jacobsoni (Acari: Varroidae) is more than one species ». *Experimental and Applied Acarology*. 2000. Vol. 24, n° 3, p. 165-189.

Annoscia D., Del Piccolo F., Nazzi F. « How does the mite Varroa destructor kill the honeybee Apis mellifera ? Alteration of cuticular hydrocarbons and water loss in infested honeybees ». *Journal of insect physiology*. 2012. Vol. 58, n° 12, p. 1548-1555.

Beaurepaire A. L., Krieger K. J., Moritz R. F. A. « Seasonal cycle of inbreeding and recombination of the parasitic mite Varroa destructor in honeybee colonies and its implications for the selection of acaricide resistance ». *Infection, Genetics and Evolution*. 2017. Vol. 50, p. 49-54.

Beaurepaire A., Piot N., Doublet V., Antunez K., Campbell E., Chantawannakul P., Chejanovsky N., Gajda A., Heerman M., Panziera D. « Diversity and Global Distribution of Viruses of the Western Honey Bee, Apis mellifera ». *Insects*. 2020. Vol. 11, n° 4, p. 239.

Belaid M., Doumandji S. « Effet du Varroa destructor sur la morphométrie alaire et sur les composants du système immunitaire de l'abeille ouvrière Apis mellifera intermissa ». *Lebanese Science Journal*. 2010. Vol. 11, n° 1, p. 84-90.

Bičík V., Vagera J., Sádovská H. « The effectiveness of thermotherapy in the elimination of Varroa destructor ». *Acta Musei Silesiae, Scientiae Naturales*. 2016. Vol. 65, n° 3, p. 263-269.

Bjerger K., Frigaard C. E., Mikkelsen P. H., Nielsen T. H., Misbi M., Kryger P. « A computer vision system to monitor the infestation level of Varroa destructor in a honeybee colony ». *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. Vol. 164, p. 104898.

Boot W. J., Calis J. N. M., Beetsma J. « Differential periods of Varroa mite invasion into worker and drone cells of honey bees ». *Experimental and Applied Acarology*. 1992. Vol. 16, n° 4, p. 295-301.

Bowen-Walker P., Gunn A. « The effect of the ectoparasitic mite, Varroa destructor on adult worker honeybee (Apis mellifera) emergence weights, water, protein, carbohydrate, and lipid levels ». *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 2001. Vol. 101, n° 3, p. 207-217.

Branco M. R., Kidd N. A., Pickard R. S. « A comparative evaluation of sampling methods for Varroa destructor (Acari: Varroidae) population estimation ». *Apidologie*. 2006. Vol. 37, n° 4, p. 452-461.

Brettell L., Martin S. « Oldest Varroa tolerant honey bee population provides insight into the origins of the global decline of honey bees ». *Scientific reports*. 2017. Vol. 7, n° 1, p. 1-7.

Bubalo D., Pechhacker H., Licek E., Kezic N., Sulimanovic D. « The effect of Varroa destructor infestation on flight activity and mating efficiency of drones (Apis mellifera L.) ». *Vet. Med. Austria*. 2005. Vol. 92, p. 11-15.

Büchler R., Uzunov A., Kovačič M., Prešern J., Pietropaoli M., Hatjina F., Pavlov B., Charistos L., Formato G., Galarza E. « Summer brood interruption as integrated management strategy for effective Varroa control in Europe ». *Journal of Apicultural Research*. 2020. p. 1-10.

Calderone N. W. «Evaluation of drone brood removal for management of Varroa destructor (Acari: Varroidae) in colonies of Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae) in the northeastern United States». *Journal of economic entomology*. 2005. Vol. 98, n° 3, p. 645-650.

Calderone N. W., Lin S. «Behavioural responses of Varroa destructor (Acari: Varroidae) to extracts of larvae, cocoons and brood food of worker and drone honey bees, Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae)». *Physiological Entomology*. 2001. Vol. 26, n° 4, p. 341-350.

Calis J. N. M., Boot W. J., Beetsma J. «Model evaluation of methods for Varroa jacobsoni mite control based on trapping in honey bee brood». *Apidologie*. 1999a. Vol. 30, p. 197-207.

Calis J.N.M., Fries I., Ryrie S. C. «Population modelling of Varroa jacobsoni Oud». *Apidologie*. 1999b. Vol. 30, p. 111-124.

Chandler D., Sunderland K. D., Ball B. V., Davidson G. «Prospective biological control agents of Varroa destructor n. sp., an important pest of the European honeybee, Apis mellifera». *Biocontrol Science and Technology*. 2001. Vol. 11, n° 4, p. 429-448.

Charrière J. D., Imdorf A. «Acide oxalique par dégouttement : essais 1999/2000 et recommandations d'utilisation pour l'Europe centrale». *Revue Suisse d'Apiculture*. 2000. Vol. 97, n° 11-12, p. 400-407.

Charrière J. D., Maquelin C., Imdorf A., Bachofen B. «Quelle proportion de la population de Varroa prélève-t-on lors de la formation d'un nuclé ?». *Revue Suisse d'Apiculture*. 1998. Vol. 95, n° 6, p. 217-221.

Charrière J.-D., Imdorf A., Bachofen B., Tschan A. «Le retrait du couvain de mâles operculé : une mesure efficace pour diminuer l'infestation de varroas dans les colonies». *Revue Suisse d'Apiculture*. 1998. Vol. 95, n° 3, p. 71-79.

Charrière J.-D., Imdorf A., Bachofen B., Tschan A. «The removal of capped drone brood: an effective means of reducing the infestation of Varroa in honey bee colonies». *Bee World*. 2003. Vol. 84, n° 3, p. 117-124.

Chen Y., Evans J., Feldlaufer M. «Horizontal and vertical transmission of viruses in the honey bee, Apis mellifera». *Journal of invertebrate pathology*. 2006. Vol. 92, n° 3, p. 152-159.

Corona M., Velarde R. A., Remolina S., Moran-Lauter A., Wang Y., Hughes K. A., Robinson G. E. «Vitellogenin, juvenile hormone, insulin signaling, and queen honey bee longevity». *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2007. Vol. 104, n° 17, p. 7128-7133.

Dainat B., Evans J. D., Chen Y. P., Gauthier L., Neumann P. «Dead or alive: deformed wing virus and Varroa destructor reduce the life span of winter honeybees». *Applied and Environmental Microbiology*. 2012. Vol. 78, n° 4, p. 981-987.

Dainat B., Kuhn R., Cherix D., Neumann P. «A scientific note on the ant pitfall for quantitative diagnosis of Varroa destructor». *Apidologie*. 2011. Vol. 42, n° 6, p. 740-742.

De Guzman L. I., Rinderer T. E. «Identification and comparison of Varroa species infesting honey bees». *Apidologie*. 1999. Vol. 30, p. 85-96.

De Jong D., De Jong P. H. «Longevity of africanized honey bees (Hymenoptera: Apidae) infested by Varroa jacobsoni (Parasitiformes: Varroidae)». *Journal of Economic Entomology*. 1983. Vol. 76, n° 4, p. 766-768.

Delaplane K. S., Berry J. A., Skinner J. A., Parkman J. P., Hood W. M. «Integrated pest management against Varroa destructor reduces colony mite levels and delays treatment threshold». *Journal of Apicultural Research*. 2005. Vol. 44, n° 4, p. 157-162.

Di Prisco G., Annoscia D., Margiotta M., Ferrara R., Varricchio P., Zanni V., Caprio E., Nazzi F., Pennacchio F. «A mutualistic symbiosis between a parasitic mite and a pathogenic virus undermines honey bee immunity and health». *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2016. Vol. 113, n° 12, p. 3203-3208.

Dietemann V., Beaufort A., Page P., Yañez O., Buawangpong N., Chantawannakul P., Neumann P. «Population genetics of ectoparasitic mites Varroa spp. in Eastern and Western honey bees». *Parasitology*. 2019. Vol. 146, n° 11, p. 1429-1439.

Dillier F. X., Fluri P., Guerin P. «Varroa destructor a son "nez" sur ses pattes». *Revue Suisse d'Apiculture*. 2001. Vol. 98, n° 11-12.

Donovan B. J., Paul F. «Pseudoscorpions: the forgotten beneficials inside beehives and their potential for management for control of varroa and other arthropod pests». *Bee World*. 2005. Vol. 86, n° 4, p. 83-87.

Donovan B. J., Paul F. «Pseudoscorpions to the rescue ?». *American Bee Journal*. 2006. Vol. 146, n° 10, p. 867-869.

Donzé G. «Adaptations comportementales de l'acarien ectoparasite Varroa jacobsoni durant sa phase de reproduction dans les alvéoles operculées de l'abeille mellifère Apis mellifera» [En ligne]. [s.l.] : Université de Neuchâtel, 1995. Disponible sur : https://doc.rero.ch/record/4428/files/2_these_DonzeG.pdf (consulté le 24 mars 2017)

- Donzé G., Guerin P. M. « Behavioral attributes and parental care of Varroa mites parasitizing honeybee brood ». *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 1994. Vol. 34, n° 5, p.305-319.
- Donze G., Herrmann M., Bachofen B., Guerin P. « Effect of mating frequency and brood cell infestation rate on the reproductive success of the honeybee parasite Varroa jacobsoni ». *Ecological entomology*. 1996. Vol. 21, n° 1, p. 17-26.
- Drescher W., Schneider P. « Effect of the Varroa mite upon the fat body of worker bees and their tolerance of pesticides ». In : *Africanized honey bees and bee mites* [En ligne]. England : Halsted Press, 1987. p. 452-456. Disponible sur : <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302677693> (consulté le 13 février 2017)
- Droz B., Dietemann V., Gauthier L., Charrière J.-D. « L'encagement des reines : une méthode pour traiter contre varroa en été ? » *Revue Suisse d'Apiculture*. 2015. n° 8, p.20-28.
- Droz B., Glanzmann J., Dietemann V., Charrière J.-D. « Évaluation de l'infestation par varroa des colonies : Comparaison entre les méthodes au sucre glace et au CO₂ (Varroatester) ». *Revue Suisse d'Apiculture*. 2017. n° 1-2, p.24-30.
- Duay P., De Jong D., Engels W. « Weight loss in drone pupae (Apis mellifera) multiply infested by Varroa destructor mites ». *Apidologie*. 2003. Vol. 34, n° 1, p. 61-65.
- Duay P., De Jong D., Engels W. « Decreased flight performance and sperm production in drones of the honey bee (Apis mellifera) slightly infested by Varroa destructor mites during pupal development ». *Genet. Mol. Res.* 2002. Vol. 1, n° 3, p. 227-232.
- Dynes T. L., De Roode J. C., Lyons J. I., Berry J. A., Delaplane K. S., Brosi B. J. « Fine scale population genetic structure of Varroa destructor, an ectoparasitic mite of the honey bee (Apis mellifera) ». *Apidologie*. 2017. Vol. 48, n° 1, p.93-101.
- Egekwu N. I., Posada F., Sonenshine D. E., Cook S. « Using an in vitro system for maintaining Varroa destructor mites on Apis mellifera pupae as hosts: studies of mite longevity and feeding behavior ». *Experimental and Applied Acarology*. 2018. Vol. 74, n° 3, p.301-315.
- Eilenberg J., Hajek A., Lomer C. « Suggestions for unifying the terminology in biological control ». *BioControl*. 2001. Vol. 46, n° 4, p.387-400.
- Eliash N., Mikheyev A. « Varroa mite evolution: a neglected aspect of worldwide bee collapses ? ». *Current opinion in insect science*. 2020. Vol. 39, p.21-26.
- Fagan L. L., Nelson W. R., Meenken E. D., Howlett B. G., Walker M. K., Donovan B. J. « Varroa management in small bites ». *Journal of Applied Entomology*. 2012. Vol. 136, n° 6, p. 473-475.
- Fakhimzadeh K. « A rapid field and laboratory method to detect Varroa jacobsoni in the honey bee (Apis mellifera) ». *American Bee Journal*. 2000. Vol. 140, n° 9, p.736-739.
- Faucon J.-P., Chauzat M.-P. « Varroase et autres maladies des abeilles : Causes majeures de mortalité des colonies en France ». *Bull. Acad. Vét. France* [En ligne]. 2008. Vol. 161-N° 3. Disponible sur : <https://doi.org/10.4267/2042/47949> (consulté le 31 janvier 2017)
- Fera, The Food and Environment Research Agency. *Managing Varroa* [En ligne]. 2010. Disponible sur : <http://www.nationalbeeunit.com/downloadNews.cfm?id=93> (consulté le 30 janvier 2015)
- Fombong A. T., Cham D. T., Nkoba K., Neethling J. A., Raina S. K. « Occurrence of the pseudoscorpions Ellingsenius ugandanus and Paratemnoides pallidus in honey bee colonies in Cameroon ». *Journal of Apicultural Research*. 2016. Vol. 55, n° 3, p.247-250.
- Fries I., Aarhus A., Hansen H., Korpela S. « Development of early infestations by the mite Varroa jacobsoni in honey-bee (Apis mellifera) colonies in cold climates ». *Experimental and Applied Acarology*. 1991. Vol. 11, n° 2, p. 205-214.
- Fries I., Camazine S., Sneyd J. « Population dynamics of Varroa jacobsoni: a model and a review ». *Bee world*. 1994. Vol. 75, n° 1, p. 5-28.
- Fries I., Rosenkranz P. « Number of reproductive cycles of Varroa jacobsoni in honey-bee (Apis mellifera) colonies ». *Experimental and Applied Acarology*. 1996. Vol. 20, n° 2, p.103-112.
- Fries I., Wei H., Wei S., Chen S. J. « Grooming behavior and damaged mites (Varroa jacobsoni) in Apis cerana cerana and Apis mellifera ligustica ». *Apidologie*. 1996. Vol. 27, p.3-12.
- Fuchs S. « Preference for drone brood cells by Varroa jacobsoni Oud. in colonies of Apis mellifera carnica ». *Apidologie*. 1990. Vol. 21, n° 3, p.193-199.
- Gauthier L., Droz B., Dietemann V., Charrière J.-D. « L'encagement de reines: une méthode pour traiter varroa en été ». *Journal Suisse d'Apiculture*. 2013. p. 19-21.

Gregorc A., Knight P. R., Adamczyk J. « Powdered sugar shake to monitor and oxalic acid treatments to control varroa mites (Varroa destructor Anderson and Trueman) in honey bee (Apis mellifera) colonies ». *Journal of Apicultural Research*. 2017. Vol. 56, n° 1, p. 71-75.

Guichard M., Dietemann V., Neuditschko M., Dainat B. « Advances and perspectives in selecting resistance traits against the parasitic mite Varroa destructor in honey bees ». *Genetics Selection Evolution*. 2020. Vol. 52, n° 1, p. 1-22.

Gusachenko O. N., Woodford L., Balbirnie-Cumming K., Campbell E., Christie C., Bowman A., Evans D. J. « Green Bees: Reverse Genetic Analysis of Deformed Wing Virus Transmission, Replication, and Tropism ». *Viruses*. 2020. Vol. 12, n° 5, p. 532.

Harris J., Harbo J. « Natural and Suppressed Reproduction of Varroa Mites ». *Bee Culture*. 2001. Vol. 129, n° 5, p. 34-38.

Harris J. W. « Bees with Varroa Sensitive Hygiene preferentially remove mite infested pupae aged ≤ five days post capping ». *Journal of Apicultural Research*. 2007. Vol. 46, n° 3, p. 134-139.

Harris J. W., Harbo J. R. « The SMR trait explained by hygienic behavior of adult bees ». *Am Bee J*. 2005. Vol. 145, n° 5, p. 430-431.

Hatjina F., Haristos L. « Indirect effects of oxalic acid administered by trickling method on honey bee brood ». *Journal of apicultural research*. 2005. Vol. 44, n° 4, p. 172-174.

Häußermann C. K., Ziegelmann B., Rosenkranz P. « Spermatozoa capacitation in female Varroa destructor and its influence on the timing and success of female reproduction ». *Experimental and Applied Acarology*. 2016. Vol. 69, n° 4, p. 371-387.

Häußermann C.-K., Giacobino A., Munz R., Ziegelmann B., Palacio M.-A., Rosenkranz P. « Reproductive parameters of female Varroa destructor and the impact of mating in worker brood of Apis mellifera ». *Apidologie*. 2019. p. 1-14.

Havukainen H., Münch D., Baumann A., Zhong S., Halskau O., Krogsgaard M., Amdam G. V. « Vitellogenin recognizes cell damage through membrane binding and shields living cells from reactive oxygen species ». *Journal of Biological Chemistry*. 2013. Vol. 288, n° 39, p. 28369-28381.

Hubert J., Erban T., Kamler M., Kopecky J., Nesvorna M., Hejdankova S., Titera D., Tyl J., Zurek L. « Bacteria detected in the honeybee parasitic mite Varroa destructor collected from beehive winter debris ». *Journal of applied microbiology*. 2015. Vol. 119, n° 3, p. 640-654.

Hung A. C. F. « PCR detection of Kashmir bee virus in honey bee excreta ». *Journal of Apicultural Research*. 2000. Vol. 39, n° 3-4, p. 103-106.

Ifantidis M. D. « Some aspects of the process of Varroa jacobsoni mite entrance into honey bee (Apis mellifera) brood cells ». *Apidologie*. 1988. Vol. 19, n° 4, p. 387-396.

Inglis G. D., Goettel M. S., Butt T. M., Strasser H. « Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests ». *Fungi as biocontrol agents*. 2001. p. 23-69.

James R. R., Hayes G., Leland J. E. « Field trials on the microbial control of varroa with the fungus Metarhizium anisopliae ». *American Bee Journal*. 2006. Vol. 146, n° 11, p. 968-972.

Kablau A., Berg S., Härtel S., Scheiner R. « Hyperthermia treatment can kill immature and adult Varroa destructor mites without reducing drone fertility ». *Apidologie*. 2020. Vol. 51, n° 3, p. 307-315

Kablau A., Berg S., Rutschmann B., Scheiner R. « Short-term hyperthermia at larval age reduces sucrose responsiveness of adult honeybees and can increase life span ». *Apidologie*. 2020. Vol. 51, n° 4, p. 570-582

Kanbar G., Engels W. « Ultrastructure and bacterial infection of wounds in honey bee (Apis mellifera) pupae punctured by Varroa mites ». *Parasitology research*. 2003. Vol. 90, n° 5, p. 349-354.

Kanga L. H. B., Jones W. A., Gracia C. « Efficacy of strips coated with Metarhizium anisopliae for control of Varroa destructor (Acari: Varroidae) in honey bee colonies in Texas and Florida ». *Experimental & applied acarology*. 2006. Vol. 40, n° 3-4, p. 249-258.

Kanga L. H. B., Jones W. A., James R. R. « Field trials using the fungal pathogen, Metarhizium anisopliae (Deuteromycetes: Hyphomycetes) to control the ectoparasitic mite, Varroa destructor (Acari: Varroidae) in honey bee, Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae) colonies ». *Journal of economic entomology*. 2003. Vol. 96, n° 4, p. 1091-1099.

Kleespies R. G., Radtke J., Bienefeld K. « Virus-like particles found in the ectoparasitic bee mite Varroa jacobsoni Oudemans ». *Journal of invertebrate pathology*. 2000. Vol. 75, n° 1, p. 87-90.

Kovac H., Crailsheim K. « Lifespan of Apis mellifera carnica Pollm. infested by Varroa jacobsoni Oud. in relation to season and extent of infestation ». *Journal of Apicultural Research*. 1988. Vol. 27, n° 4, p. 230-238.

Kralj J., Brockmann A., Fuchs S., Tautz J. « The parasitic mite *Varroa destructor* affects non-associative learning in honey bee foragers, *Apis mellifera* L. » *Journal of Comparative Physiology A*. 2007. Vol. 193, n° 3, p. 363-370.

Kralj J., Fuchs S. « Parasitic *Varroa destructor* mites influence flight duration and homing ability of infested *Apis mellifera* foragers ». *Apidologie*. 2006. Vol. 37, n° 5, p. 577.

Kretzschmar A., Maisonnasse A., Dussaubat C., Cousin M., Vidau C. « Performances des colonies vues par les observatoires de ruchers ». *INRA Innovations Agronomiques*. 2016. p. 39-50.

Le Conte Y., Arnold G., Desenfant P. H. « Influence of brood temperature and hygrometry variations on the development of the honey bee ectoparasite *Varroa jacobsoni* (Mesostigmata: Varroidae) ». *Environmental Entomology*. 1990. Vol. 19, n° 6, p. 1780-1785.

Le Conte Y., Arnold G., Trouiller J., Masson C., Chappe B., Ourisson G. « Attraction of the parasitic mite *Varroa* to the drone larvae of honey bees by simple aliphatic esters ». *Science*. 1989. Vol. 245, n° 4918, p. 638-639.

Le Conte Y., Meixner M. D., Brandt A., Carreck N. L., Costa C., Mondet F., Büchler R. « Geographical Distribution and selection of European honey bees resistant to *Varroa destructor* ». *Insects*. 2020. Vol. 11, n° 12, p. 873.

De Lillo E., Di Palma A., Nuzzaci G. « Morphological adaptations of mite chelicerae to different trophic activities (Acari) ». *Entomologica*. 2001. Vol. 35, p. 125-180.

Martin C., Salvy M., Provost E., Bagnères A.-G., Roux M., Crauser D., Clement J.-L., Le Conte Y. « Variations in chemical mimicry by the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* according to the developmental stage of the host honey-bee *Apis mellifera* ». *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 2001. Vol. 31, n° 4, p. 365-379.

Martín R., Pérez J. L., Rojo N., Sanz A., Suárez M., De la Cruz M., Higes M. « Estudio de la toxicidad del ácido oxálico para *Apis mellifera* mediante la determinación de la DL50 ». *Índice del Libro de Actas IV Congreso SEAE Centro de Marchamalo*. 2000.

Martin S. « A population model for the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* in honey bee (*Apis mellifera*) colonies ». *Ecological Modelling*. 1998. Vol. 109, n° 3, p. 267-281.

Martin S. J. « Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. in drone brood of the honeybee *Apis mellifera* L. under natural conditions ». *Experimental and Applied Acarology*. 1995. Vol. 19, n° 4, p. 199-210.

Martin S. J. « Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. in worker brood of the honeybee *Apis mellifera* L. under natural conditions ». *Experimental and applied acarology*. 1994. Vol. 18, n° 2, p. 87-100.

Martin S. J. « *Varroa destructor* reproduction during the winter in *Apis mellifera* colonies in UK ». *Experimental and Applied Acarology*. 2001a. Vol. 25, n° 4, p. 321-325.

Martin S. J. « The role of *Varroa* and viral pathogens in the collapse of honeybee colonies: a modelling approach ». *Journal of Applied Ecology*. 2001b. Vol. 38, n° 5, p. 1082-1093.

Martin S. J., Hawkins G., Brettell L., Reece N., Correia-Oliveira M. E., Allsopp M. H. « *Varroa destructor* reproduction and cell re-capping in mite-resistant *Apis mellifera* populations ». *Apidologie*. 2020. Vol. 51, n° 3, p. 369-381.

Martin S. J., Highfield A. C., Brettell L., Villalobos E. M., Budge G. E., Powell M., Nikaido S., Schroeder D. C. « Global honey bee viral landscape altered by a parasitic mite ». *Science*. 2012. Vol. 336, n° 6086, p. 1304-1306.

Martin S. J., Kemp D. « Average number of reproductive cycles performed by *Varroa jacobsoni* in honey bee (*Apis mellifera*) colonies ». *Journal of Apicultural research*. 1997. Vol. 36, n° 3-4, p. 113-123.

McMahon D. P., Natsopoulou M. E., Doublet V., Fürst M., Weging S., Brown M. F., Gogol-Döring A., Paxton R. J. « Elevated virulence of an emerging viral genotype as a driver of honeybee loss ». In : *Proc. R. Soc. B* [En ligne]. [s.l.] : The Royal Society, 2016. p. 20160811. Disponible sur : <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/283/1833/20160811.abstract> (consulté le 21 février 2017)

Meikle W. G., Mercadier G., Holst N., Girod V. « Impact of two treatments of a formulation of *Beauveria bassiana* (Deuteromycota: Hyphomycetes) conidia on *Varroa* mites (Acari: Varroidae) and on honeybee (Hymenoptera: Apidae) colony health ». *Experimental and Applied Acarology*. 2008. Vol. 46, n° 1-4, p. 105.

Meikle W. G., Sammataro D., Neumann P., Pflugfelder J. « Challenges for developing pathogen-based biopesticides against *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) ». *Apidologie*. 2012. Vol. 43, n° 5, p. 501-514.

- Milani N., Della Vedova G. « Decline in the proportion of mites resistant to fluralinate in a population of Varroa destructor not treated with pyrethroids ». *Apidologie*. 2002. Vol. 33, n° 4, p. 417-422.
- Mitchell C. « Weights of workers and drones ». *American Bee Journal*. 1970. Vol. 110, p. 468-469.
- Mondet F., Beaufrepaire A., McAfee A., Locke B., Alaux C., Blanchard S., Danka B., Le Conte Y. « Honey bee survival mechanisms against the parasite Varroa destructor: a systematic review of phenotypic and genomic research efforts ». *International journal for parasitology*. 2020.
- Mondet F., De Miranda J. R., Kretschmar A., Le Conte Y., Mercer A. R. « On the front line: quantitative virus dynamics in honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies along a new expansion front of the parasite Varroa destructor ». *PLoS Pathog.* 2014. Vol. 10, n° 8, p. e1004323.
- Moore J., Jironkin A., Chandler D., Burroughs N., Evans D. J., Ryabov E. V. « Recombinants between Deformed wing virus and Varroa destructor virus-1 may prevail in Varroa destructor-infested honeybee colonies ». *Journal of General Virology*. 2011. Vol. 92, n° 1, p. 156-161.
- Mordecai G. J., Wilfert L., Martin S. J., Jones I. M., Schroeder D. C. « Diversity in a honey bee pathogen: first report of a third master variant of the Deformed Wing Virus quasispecies ». *The ISME journal*. 2016. Vol. 10, n° 5, p. 1264-1273.
- Moritz R. F. A., Jordan M. « Selection of resistance against Varroa jacobsoni across caste and sex in the honeybee (*Apis mellifera* L., Hymenoptera: Apidae) ». *Experimental and Applied Acarology*. 1992. Vol. 16, n° 4, p. 345-353.
- Muerrle T. M., Neumann P., Dames J. F., Hepburn H. R., Hill M. P. « Susceptibility of adult *Aethina tumida* (Coleoptera: Nitidulidae) to entomopathogenic fungi ». *Journal of economic entomology*. 2006. Vol. 99, n° 1, p. 1-6.
- Nazzi F., Brown S. P., Annoscia D., Del Piccolo F., Di Prisco G., Varricchio P., Della Vedova G., Cattonaro F., Caprio E., Pennacchio F. « Synergistic parasite-pathogen interactions mediated by host immunity can drive the collapse of honeybee colonies ». *PLoS Pathog.* 2012. Vol. 8, n° 6, p. e1002735.
- Nelson C. M., Ihle K. E., Fondrk M. K., Page Jr R. E., Amdam G. V. « The gene vitellogenin has multiple coordinating effects on social organization ». *PLoS Biol.* 2007. Vol. 5, n° 3, p. e62.
- Noël A., Le Conte Y., Mondet F. « Varroa destructor: how does it harm *Apis mellifera* honey bees and what can be done about it ? ». *Emerging Topics in Life Sciences*. 2020. Vol. 4, n° 1, p. 45-57.
- Oddie M. A., Neumann P., Dahle B. « Cell size and Varroa destructor mite infestations in susceptible and naturally-surviving honeybee (*Apis mellifera*) colonies ». *Apidologie*. 2019. Vol. 50, n° 1, p. 1-10.
- Oddie M., Büchler R., Dahle B., Kovacic M., Le Conte Y., Locke B., De Miranda J. R., Mondet F., Neumann P. « Rapid parallel evolution overcomes global honey bee parasite ». *Scientific reports*. 2018. Vol. 8, n° 1, p. 1-9.
- Oddie M., Burke A., Dahle B., Le Conte Y., Mondet F., Locke B. « Reproductive success of the parasitic mite (*Varroa destructor*) is lower in honeybee colonies that target infested cells with recapping ». *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11, n° 1, p. 1-7.
- Peng Y.-S., Fang Y., Xu S., Ge L. « The resistance mechanism of the Asian honey bee, *Apis cerana* Fabr., to an ectoparasitic mite, *Varroa jacobsoni* Oudemans ». *Journal of invertebrate pathology*. 1987. Vol. 49, n° 1, p. 54-60.
- Plettner E., Eliash N., Singh N. K., Pinnelli G. R., Soroker V. « The chemical ecology of host-parasite interaction as a target of Varroa destructor control agents ». *Apidologie*. 2017. Vol. 48, n° 1, p. 78-92.
- Ramsey S. D., Ochoa R., Bauchan G., Gulbranson C., Mowery J. D., Cohen A., Lim D., Joklik J., Cicero J. M., Ellis J. D. « Varroa destructor feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph ». *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2019. Vol. 116, n° 5, p. 1792-1801.
- Rath W. « Co-adaptation of *Apis cerana* Fabr. and Varroa jacobsoni Oud ». *Apidologie*. 1999. Vol. 30, p. 97-110.
- Reyes-Quintana M., Espinosa-Montaña L. G., Prieto-Merlos D., Koleoglu G., Petukhova T., Correa-Benítez A., Guzman-Novoa E. « Impact of Varroa destructor and deformed wing virus on emergence, cellular immunity, wing integrity and survivorship of Africanized honey bees in Mexico ». *Journal of invertebrate pathology*. 2019. Vol. 164, p. 43-48.
- Rickli M., Guerin P. M., Diehl P. A. « Palmitic acid released from honeybee worker larvae attracts the parasitic mite Varroa jacobsoni on a servosphere ». *Naturwissenschaften*. 1992. Vol. 79, n° 7, p. 320-322.
- Rinderer T. E., DeGuzman L. I., Harris J., Kuznetsov V., Delatte G. T., Stelzer J. A., Beaman L. « The release of ARS Russian honey bees ». *American Bee Journal*. 2000. Vol. 140, n° 4, p. 305-310.

- Rinderer T. E., Harris J. W., Hunt G. J., De Guzman L. I. « Breeding for resistance to Varroa destructor in North America ». *Apidologie*. 2010. Vol. 41, n° 3, p. 409-424.
- Rinkevich F. D., Danka R. G., Healy K. B. « Influence of Varroa Mite (Varroa destructor) Management Practices on Insecticide Sensitivity in the Honey Bee (Apis mellifera) ». *Insects*. 2017. Vol. 8, n° 1, p. 1-12.
- Ritter W., Leclercq E., Koch W. « Observation des populations d'abeilles et de Varroa dans les colonies à différents niveaux d'infestation ». *Apidologie*. 1984. Vol. 15, n° 4, p. 389-400.
- Rosenkranz P., Aumeier P., Ziegelmann B. « Biology and control of Varroa destructor ». *Journal of invertebrate pathology*. 2010. Vol. 103, p. S96-S119.
- Ruttner F., Koeniger N., Ritter W. « Brutstop und Brutentnahme ». *Allgemeine Deutsche Imkerzeitung*. 1980. Vol. 14, n° 5, p. 159-160.
- Salem M. H., Abir A. G., Ramadan H. « Effect of Varroa destructor on different haemocyte count, total haemolymph protein on larvae, pupae and adults of Apis mellifera drones ». *J. Egypt. Soc. Toxicol.* 2006. Vol. Vol. 35, p. 93-96.
- Schlüns H., Schlüns E. A., Van Praagh J., Moritz R. F. A. « Sperm numbers in drone honeybees (Apis mellifera) depend on body size ». *Apidologie*. 2003. Vol. 34, n° 6, p. 577-584.
- Seehuus S.-C., Norberg K., Gimsa U., Krekling T., Amdam G. V. « Reproductive protein protects functionally sterile honey bee workers from oxidative stress ». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2006. Vol. 103, n° 4, p. 962-967.
- Shaw K. E., Davidson G., Clark S. J., Ball B. V., Pell J. K., Chandler D., Sunderland K. D. « Laboratory bioassays to assess the pathogenicity of mitosporic fungi to Varroa destructor (Acari: Mesostigmata), an ectoparasitic mite of the honeybee, Apis mellifera ». *Biological Control*. 2002. Vol. 24, n° 3, p. 266-276.
- Shen Miaoqing, Cui L., Ostiguy N., Cox-Foster D. « Intricate transmission routes and interactions between picorna-like viruses (Kashmir bee virus and sacbrood virus) with the honeybee host and the parasitic varroa mite ». *Journal of General Virology*. 2005. Vol. 86, n° 8, p. 2281-2289.
- Shen M., Yang X., Cox-Foster D., Cui L. « The role of varroa mites in infections of Kashmir bee virus (KBV) and deformed wing virus (DWV) in honey bees ». *Virology*. 2005. Vol. 342, n° 1, p. 141-149.
- Solignac M., Cornuet J.-M., Vautrin D., Le Conte Y., Anderson D., Evans J., Cros-Arteil S., Navajas M. « The invasive Korea and Japan types of Varroa destructor, ectoparasitic mites of the Western honeybee (Apis mellifera), are two partly isolated clones ». *Proceedings of the Royal Society Series B: Biological Sciences*. 2005. Vol. 272, n° 1561, p. 411-419.
- Szczurek A., Maciejewska M., Bąk B., Wilde J., Siuda M. « Semiconductor gas sensor as a detector of Varroa destructor infestation of honey bee colonies—Statistical evaluation ». *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. Vol. 162, p. 405-411.
- Techer M. A., Rane R. V., Grau M. L., Roberts J. M., Sullivan S. T., Liachko I., Childers A. K., Evans J. D., Mikheyev A. S. « Divergent evolutionary trajectories following speciation in two ectoparasitic honey bee mites ». *Communications biology*. 2019. Vol. 2, n° 1, p. 1-16.
- Terpin B., Perkins D., Richter S., Leavey J., Snell T., Pierson J. « A scientific note on the effect of oxalic acid on honey bee larvae ». *Apidologie*. 2019. Vol. 50, n° 3, p. 363-368.
- Thapa R., Wongsiri S., Lee M. L., Choi Y.-S. « Predatory behaviour of pseudoscorpions (Ellingsenius indicus) associated with Himalayan Apis cerana ». *Journal of Apicultural Research*. 2013. Vol. 52, n° 5, p. 219-226.
- Tsagou V., Lianou A., Lazarakis D., Emmanouel N., Aggelis G. « Newly isolated bacterial strains belonging to Bacillaceae (Bacillus sp.) and Micrococcaceae accelerate death of the honey bee mite, Varroa destructor (V. jacobsoni), in laboratory assays ». *Biotechnology letters*. 2004. Vol. 26, n° 6, p. 529-532.
- Tu S., Qiu X., Cao L., Han R., Zhang Y., Liu X. « Expression and characterization of the chitinases from Serratia marcescens GEI strain for the control of Varroa destructor, a honey bee parasite ». *Journal of invertebrate pathology*. 2010. Vol. 104, n° 2, p. 75-82.
- Van Toor R. F., Read S., Donovan B. J., Howlett B. « Harnessing chelifers for Varroa control ». In : *100th NZ National Beekeepers Association Conference*. Ashburton : [s.n.], 2013. Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/265553351_Harnessing_chelifers_for_Varroa_control
- Van Toor R. F., Thompson S. E., Gibson D. M., Smith G. R. « Ingestion of Varroa destructor by pseudoscorpions in honey bee hives confirmed by PCR analysis ». *Journal of Apicultural Research*. 2015. Vol. 54, n° 5, p. 555-562.

Weygoldt P. « Biology of pseudoscorpions ». 1969. Disponible sur : <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300459998> (consulté le 2 mai 2017)

Wilde J., Fuchs S., Bratkowski J., Siuda M. « Distribution of Varroa destructor between swarms and colonies ». *Journal of Apicultural Research*. 2005. Vol. 44, n° 4, p. 190-194.

Wilkinson D., Smith G. C. « A model of the mite parasite, Varroa destructor, on honeybees (*Apis mellifera*) to investigate parameters important to mite population growth ». *Ecological Modelling*. 2002. Vol. 148, n° 3, p. 263-275.

Wilkinson D., Smith G. C. « Modeling the Efficiency of Sampling and Trapping Varroa destructor in the Drone Brood of Honey bees (*Apis mellifera*) ». *American Bee Journal*. 2002. Vol. 142, n° 3, p. 209-212.

Wilson-Rich N., Dres S. T., Starks P. T. « The ontogeny of immunity: development of innate immune strength in the honey bee (*Apis mellifera*) ». *Journal of Insect Physiology*. 2008. Vol. 54, n° 10, p. 1392-1399.

Xie X., Huang Z. Y., Zeng Z. « Why do Varroa mites prefer nurse bees? ». *Scientific reports*. 2016. Vol. 6, p. 28228.

Yang X., Cox-Foster D. L. « Impact of an ectoparasite on the immunity and pathology of an invertebrate: evidence for host immunosuppression and viral amplification ». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2005. Vol. 102, n° 21, p. 7470-7475.

Zioni N., Soroker V., Chejanovsky N. « Replication of Varroa destructor virus 1 (VDV-1) and a Varroa destructor virus 1-deformed wing virus recombinant (VDV-1-DWV) in the head of the honey bee ». *Virology*. 2011. Vol. 417, n° 1, p. 106-112.



© B. Germaux

Conception graphique et mise en page :
Sophie de Dinechin - Soda communication

Photo de couverture : Serge Imboden
<https://pixabay.com/users/xiserge-15871962/>

Dépôt légal : juin 2021



GUIDE FNOSAD

VARROA & VARROOSE

Publication de la
FNOSAD-LSA

41 rue Pernety, 75014 PARIS

www.fnosad.com
www.sante-de-labeille.com

Contact : fnosad.lsa@gmail.com