

LES CHERCHEURS VOLENT AU SECOURS DES ABEILLES



PRESSE **Dossier**



01

LE DÉCLIN DES ABEILLES

- 4 Abeilles : un déclin préoccupant
- 6 Une armée d'ennemis
- 7 Des prédateurs venus d'ailleurs
- 8 Les pesticides scrutés par les chercheurs
- 10 Stress en synergie
- 12 L'abeille européenne, trop douce pour ce monde de brutes ?

02

ÉCOLOGIE & POLLINISATION

- 13 Super-pollinisateurs et écologie du butinage
- 15 Les fleurs : impénitentes séductrices
- 16 Remettre l'écologie des abeilles au cœur du débat
- 18 Agriculture et abeilles au programme de la recherche
- 19 Le miel, une douceur sous la loupe

03

LA VIE DANS LES RUCHES

- 20 La ruche : une cité parfaite
 - 22 Des abeilles bien élevées
 - 23 Une communication pleine de sens
 - 24 À table !
-
- 26 Contacts scientifiques
 - 27 Références

Les chercheurs volent au secours des abeilles

Un monde sans abeilles ? N'y pensons pas ! Bien sûr, les produits de la ruche, miel, pollen, cire, nous manqueraient. Mais surtout, ces super-pollinisateurs sont indispensables à l'agriculture. Si on parle de tonnage, 35% de ce que nous mangeons dépend directement de leur travail silencieux. Si on parle de diversité, c'est 84% des espèces cultivées en Europe et plus de 80% des espèces sauvages qui ont besoin de leurs pattes et de leur toison pour s'échanger du pollen et se reproduire. Alors, seriez-vous prêt à vous passer de la plupart des fruits et légumes ?

Pourtant, on le sait, les abeilles connaissent des moments difficiles. Pesticides, pathogènes, prédateurs invasifs rendent leur survie difficile. Facteurs auxquels il faut ajouter l'agriculture intensive qui uniformise les paysages et prive les abeilles d'une alimentation constante, accessible et variée. La mortalité hivernale des ruches a de quoi inquiéter : entre 20 et 30% en France, autour de 40% pour la Belgique et la Suède. De quoi désespérer les apiculteurs. Nombreux sont ceux qui jettent l'éponge. Ceci est d'autant plus inquiétant que le monde agricole manque cruellement de pollinisateurs. L'Europe aurait besoin de 13,4 millions de colonies d'abeilles en plus pour ses cultures.

Que faire ? Les chercheurs fournissent d'intenses efforts pour mieux comprendre les causes du déclin des abeilles, et notamment pour trouver les synergies entre facteurs environnementaux, produits phytosanitaires et maladies. Efforts payants non seulement en termes scientifiques, mais aussi en termes politiques : ce sont bel et bien les résultats de leurs recherches, notamment celles menées dans les labos Inra, qui ont abouti au moratoire européen sur les insecticides néonicotinoïdes.

Les efforts des chercheurs pour déterminer les causes du déclin ne peuvent se passer d'une meilleure connaissance de l'abeille mellifère : sa physiologie, son alimentation, ses extraordinaires formes de communication, la structure sociale des colonies, les pratiques apicoles et surtout, la relation des abeilles avec les divers environnements et écosystèmes qu'elles peuvent rencontrer.

Ne perdons plus de temps, et voyons de quoi les scientifiques de l'Inra font leur miel !

Abeilles : un déclin préoccupant



© Inra - Christophe Marre

01

LE DÉCLIN DES ABEILLES

L'image, qui nous vient de Chine, a de quoi choquer : des dizaines d'enfants, debout sur les branches des pommiers, pollinisent une à une les fleurs au pinceau, du fait du manque de pollen compatible et de l'absence d'insectes pollinisateurs. Voilà à quoi ressemblerait un monde sans pollinisateurs, sans abeilles.

Si la Chine est un cas extrême, le déclin des abeilles est bel et bien un phénomène global, observé dans des pays extrêmement divers. Aux États-Unis, par exemple, la situation est des plus dramatiques : les pertes se situent autour de 35%, avec des périodes catastrophe, comme l'hiver 2006-2007, où près de la moitié des colonies a disparu.

En France, depuis au moins dix ans, autour de 25% des colonies ne passent pas l'hiver, alors que le taux normal devrait se situer au dessous de 10%.

Difficile néanmoins de dresser un constat précis : d'une part, les apiculteurs ne déclarent pas toujours leurs pertes, et d'autre part, la réalité du terrain est trop complexe pour être appréhendée par des indicateurs simples d'emploi. Quelques données cependant, recueillies par l'Institut de l'abeille (ITSAP) : c'est l'Alsace qui serait la plus touchée, avec 35% de pertes hivernales annuelles sur la période 2008-2011, suivie par la région Midi-Pyrénées, qui rapporte 28% de pertes. La région PACA et La Corse font baisser la moyenne nationale (25%), avec des pertes situées autour de 17%.

Plusieurs causes pour un phénomène global

Comment expliquer un phénomène qui affecte aussi bien la Chine que la France, les USA que la Belgique, l'Angleterre que l'Espagne ? Voilà tout un défi pour la science. D'ailleurs, plus aucun chercheur ne prétend expliquer par une cause unique les pertes qu'affrontent, année après année, les apiculteurs.

On attribue actuellement le déclin des abeilles à trois causes principales en constante interaction. D'un côté les pesticides, dont on commence à mieux connaître les effets subtils sur la physiologie de l'abeille. De l'autre, les pathogènes et prédateurs qui exercent une pression de plus en plus forte sur des colonies affaiblies. Enfin, les changements environnementaux et l'agriculture intensive qui, dans bien des endroits, privent les abeilles d'une alimentation constante et de qualité. Pourtant, impossible actuellement de hiérarchiser ces causes pour dire laquelle a le plus fort impact sur les colonies.

D'autres causes ont aussi été évoquées : de mauvaises pratiques apicoles par exemple, ou encore, le changement climatique. Concernant la première cause, les chercheurs n'y croient pas vraiment : les apiculteurs sont de mieux en mieux formés, et, hormis des accidents ponctuels, impossible de les rendre responsables du déclin de leur cheptel. La deuxième n'a pas non plus le vent en poupe, puisque l'abeille européenne s'accommode aussi bien des climats méditerranéens que continentaux. À moins que le réchauffement ait un effet indirect : en favorisant la multiplication des insectes, il pousserait les agriculteurs à augmenter les doses de pesticides.

Compteur d'abeilles : Big Brother dans la ruche

Moderne et efficace, le compteur d'abeilles développé à l'Unité Abeilles et Environnement (Inra Paca), va faire fureur parmi les chercheurs et les apiculteurs. Composé d'un boîtier équipé d'une caméra, ce dispositif permet de compter une à une les abeilles qui entrent ou sortent de la ruche. En marquant certains individus avec de petites étiquettes numérotées, on peut aussi connaître leurs heures d'entrée et de sortie ou encore, leur espérance de vie. Voilà qui est bien utile pour évaluer l'effet de pesticides, pathogènes et autres agresseurs. Ce compteur d'abeilles, qui sera bientôt commercialisé par la société Apinov, a obtenu le prix World Beekeeping Award 2013, décerné lors du congrès international Apimondia.



Abeilles marquées avec des pastilles de couleurs pour créer différentes cohortes.

© Inra - Nicolas Morison

Les abeilles ne manquent pas d'ennemis acharnés. On recense actuellement une trentaine de pathogènes, prédateurs et parasites qui s'attaquent aux ruches. Certains d'entre eux, sans doute les plus dangereux, proviennent d'autres pays, d'Asie notamment. Arrivés en Europe sans leur cortège de prédateurs et parasites, ils sont devenus invasifs et incontrôlables.

La loque américaine : menace sur le couvain

Bien connue des apiculteurs, la loque américaine, maladie provoquée par une bactérie (*Paenibacillus larvae*) et très contagieuse, est un vrai sujet d'inquiétude sanitaire. S'attaquant au couvain, elle transforme les larves en une masse brunâtre et visqueuse. Les colonies très affectées voient rapidement leur population chuter. Une fois l'infection déclarée, l'apiculteur n'a que peu d'alternatives : les antibiotiques étant interdits à l'apiculture, si la colonie est trop atteinte, il devra l'éliminer en asphyxiant les abeilles.

Actuellement, quelques moyens bio de lutte contre la loque sont à l'étude. Par exemple, on a remarqué que certains lipides extraits du pollen ont une forte activité antibactérienne qui peut freiner, du moins *in vitro*, le développement du microbe.

Qu'est-ce que le couvain

C'est l'ensemble des œufs, larves et nymphes, protégé par les nourrices au sein de la ruche.

Une armée d'ennemis



Varroa sur thorax d'une abeille domestique.



Varroa destructor.

Varroa, le destructeur des ruches

Les scientifiques en sont convaincus : *Varroa destructor* représente bien une menace majeure pour les abeilles européennes. Observé en France pour la première fois au début des années 1980, cet acarien s'alimente de l'hémolymphe des abeilles. Affaiblies, leurs défenses immunitaires diminuées, l'espérance de vie des abeilles touchées chute notablement. Pire, *Varroa* est un redoutable vecteur de virus pour les abeilles.

La guerre contre *Varroa* est loin d'être gagnée. Actuellement, en France, il n'existe que deux acaricides de synthèse sur le marché, dont un seul, l'Apivar, pour lequel le parasite n'a pas développé de résistances. Il existe aussi des moyens biologiques, comme par exemple, élever du couvain mâle, sur lequel les acariens se ruent en masse. Une fois concentré dans ce couvain, les apiculteurs peuvent le détruire par le feu et ôter un peu de pression sur les abeilles. Cette méthode est efficace, mais demande beaucoup de temps à l'apiculteur, et n'est donc pas adaptée à une exploitation professionnelle.

Nosema ceranae : l'attaque du champignon asiatique

En 2006, des chercheurs espagnols découvrent un nouvel agresseur de l'abeille domestique européenne (*Apis mellifera*) : il s'agit de *Nosema ceranae*, un champignon microscopique venu d'Asie. Parasite intracellulaire qui colonise l'intestin des abeilles, celui-ci provoque une maladie appelée nosébose, dont les symptômes sont une dégradation de l'épithélium intestinal, une réduction de la longévité et des perturbations de l'activité de vol.

Pour l'instant, impossible de se prémunir contre *N. ceranae*. Si des traitements à base d'antibiotiques existent, ceux-ci sont interdits en France car ils laissent des traces dans le miel.

Étrangement, *N. ceranae* n'est pas aussi dangereux partout. En Espagne, les abeilles sont extrêmement vulnérables au parasite et de nombreux effondrements de colonies lui sont attribués. À l'inverse, en France et dans le Nord de l'Europe, les ruches semblent supporter sa présence. Pour expliquer cette différence, les chercheurs tablent sur deux hypothèses : d'une part, les abeilles espagnoles, de race ibérique, pourraient être particulièrement sensibles, d'autre part, *N. ceranae* semble plus adapté à des températures élevées.

Des prédateurs venus d'ailleurs

Dard et venin sont sans doute une bonne défense pour les abeilles. Ces dernières n'en restent pas moins la proie de nombreux animaux. Il y a, bien sûr, les consommateurs d'insectes habituels, araignées et mantes religieuses, mouches et guêpes prédatrices. Des oiseaux tels que le guêpier ou l'hirondelle, n'hésitent pas à attraper les butineuses au vol. Sans oublier les mammifères, ours ou blaireaux qui, attirés par le miel, peuvent venir piller les colonies, ou les rongeurs qui se sentent au chaud et en sécurité à l'abri d'une ruche. Ces prédateurs ne constituent pas un vrai danger pour les populations d'abeilles : ensemble, ils se tiennent dans un équilibre écologique. Le vrai danger provient des invasions d'animaux venus d'écosystèmes lointains et qui trouvent en Europe un milieu riche en nourriture et pauvre en ennemis naturels. Parmi ces espèces prédatrices, celle qui tient actuellement le haut du pavé et menace la filière apicole, est bien sûr le frelon à pattes jaunes.

Un drone tueur guette les ruches

Dernier venu parmi les ennemis des abeilles, le frelon à pattes jaunes (*Vespa velutina*) a débarqué en France en 2004, en Aquitaine, d'un bateau en provenance du Sud-est asiatique. Cet hyménoptère social est devenu un sujet de vive inquiétude pour les apiculteurs. Pour preuve, en 2012, un arrêté ministériel l'a fait entrer dans la liste des dangers sanitaires pour les abeilles. Vorace et rapide, le frelon se poste dès le début du mois de juillet à l'entrée des ruches pour attraper au vol les abeilles. Ensuite, il les décapite et les ramène à son nid pour en nourrir ses larves. Une étude menée sur 10 ruches de l'Inra de Bordeaux,



© Inra - Karine Monceau



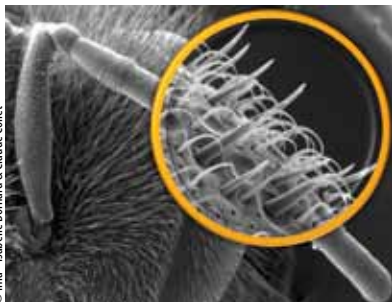
Agiir : des mobiles contre le frelon

Voulez-vous participer à la lutte contre le frelon à pattes jaunes ? Rien de plus facile, grâce à une application pour mobiles mise au point par l'Inra de Bordeaux. Grâce à celle-ci, si vous croisez un frelon en ville ou dans la nature, vous pouvez faire part de votre observation aux chercheurs. Il vous sera demandé de fournir votre position, l'heure d'observation, l'environnement où vous vous trouvez. Ce projet de science participative permettra de déterminer les zones préférées du frelon, ses lieux de nidification et ses habitudes. Une mine d'informations qui aidera à mieux cibler et mieux combattre cet assassin des ruches.

a montré que celles-ci étaient visitées par 300 frelons par jour, soit une trentaine de frelons par ruche qui prélevaient chacun jusqu'à 4 abeilles. De quoi déséquilibrer une colonie ! Mais ce n'est pas tout : les abeilles, afin de protéger l'entrée de la ruche d'une invasion par le frelon, négligent leur travail de butinage. Résultat : elles se retrouvent rapidement à court de réserves. Pour l'instant, il y a peu de moyens performants pour se défendre contre le frelon à pattes jaunes. Des destructions de nids, notamment en automne, et le piégeage des fondatrices de colonies sont parmi les moyens mis en œuvre. L'efficacité de cette dernière méthode est désormais contestée. Des pièges de diversion à mettre autour des ruches permettent aussi de diminuer la pression sur les abeilles. À noter que le frelon est en train de devenir une nuisance pour l'homme dans les zones urbaines et périurbaines, où il est attiré par l'apiculture des villes et la présence de déchets.

Petites doses, grands effets

Même soumises à de faibles doses de pesticides, les abeilles présentent divers dérèglements. Par exemple, elles sont moins capables d'apprendre ou de retenir des informations. Leur communication est aussi touchée : les abeilles se trompent plus souvent quand elles ont à notifier la distance et la direction d'une source de nourriture. Autres effets subtils observés par les chercheurs de l'Inra : une décoordination dans le battement des ailes et une moindre capacité à maintenir leur température corporelle constante. Des anomalies dans le développement larvaire ont aussi été observées, même à des doses extrêmement faibles.



Sensilles antennaires d'une abeille vues au microscope électronique à balayage. Les antennes de l'abeille sont déterminantes pour sa perception de l'environnement (olfactif, tactile, chimique...).

Les pesticides scrutés par les chercheurs

Un tapis d'abeilles mortes devant une ruche, résultat d'une exposition aux insecticides : voilà une image qui a de quoi frapper les esprits. Ces intoxications massives, ne sont pourtant pas ce qui préoccupe le plus les chercheurs. Actuellement, dans les labos Inra, on tente plutôt d'identifier les dommages subtils consécutifs à l'exposition à des doses faibles de produits phytosanitaires. À faible dose, ces produits n'entraînent pas toujours la mort directe de l'insecte, mais ils peuvent compromettre la survie de la colonie. Si, comme le pensent la plupart des scientifiques, le déclin des abeilles est aussi lié à l'utilisation de pesticides, c'est sans doute ces effets, si difficiles à mesurer, qui seraient en jeu.



Test toxicologique. Les abeilles prélèvent une solution sur un abreuvoir.

Domages sur les antennes

En plus des effets sur le comportement des abeilles, les chercheurs de l'Inra étudient les dommages cellulaires et tissulaires occasionnés par de faibles doses d'insecticides. Un travail sur les neurones des antennes des abeilles a permis de montrer qu'une exposition à certains insecticides entraînait une hyperactivité neuronale, susceptible de perturber leur odorat, leur sens du toucher et leur sensibilité aux phéromones. Les conséquences de ces perturbations sont notamment étudiées dans le cadre d'un partenariat franco-canadien (ANR BEE-CHANNELS). En étudiant leurs effets au niveau cellulaire, les chercheurs espèrent pouvoir à terme contribuer à prédire l'impact des pesticides sur la physiologie des abeilles avant même leur mise sur le marché.

Pesticides honnis, pesticides bannis

Le Gaucho a fait l'objet d'une interdiction en France sur les semences de tournesol en 1999. En 2004, c'est pour le maïs qu'il a été proscrit. Cette même année, le Régent a été à son tour banni pour toutes semences.

En 2013, ce sont trois molécules de la famille des néonicotinoïdes, dont le thiaméthoxam, substance active du célèbre Cruiser, qui ont été visées par la Commission Européenne. Un moratoire de deux ans interdira leur utilisation à partir de la fin 2014, pour le traitement des semences et des sols. Ces insecticides dits systémiques, se retrouvent aussi bien dans le nectar que dans le pollen des fleurs et se retrouvent dans les produits de la ruche.



© Inra - Nicolas Morison

Traitement pendant la floraison.

Les abeilles déboussolées par un pesticide



© Inra - Christophe Maître

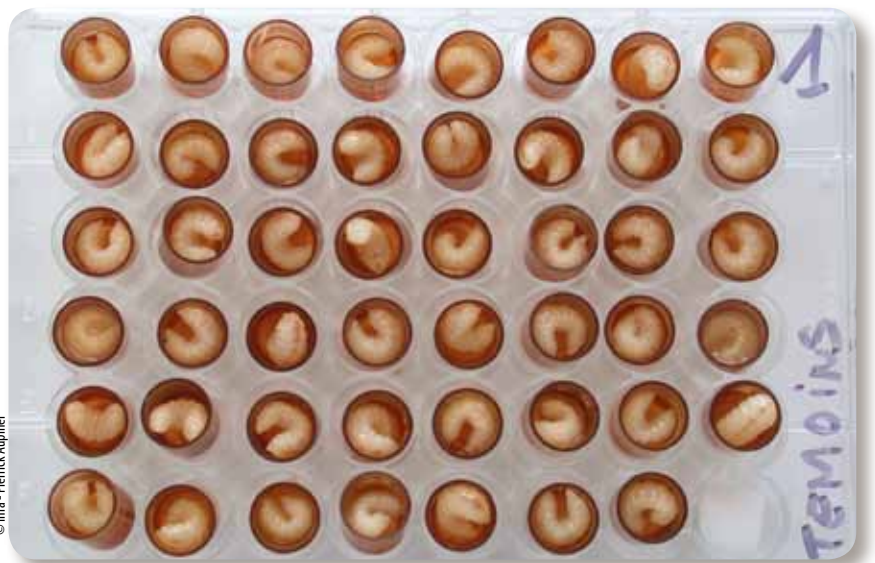
Abeille équipée de sa puce RFID.

Voici l'expérience qui a fortement contribué au moratoire sur le Cruiser : une équipe de l'Inra, en collaboration avec l'Acta, l'Adapi et le CNRS, a posé des puces RFID sur 650 butineuses ayant ingéré de faibles doses de thiaméthoxam. Celles-ci permettent de contrôler leurs entrées et sorties de la ruche. Les abeilles ont alors été relâchées à 1 km de leur ruche. Résultat : le taux de non-retours chez les abeilles intoxiquées s'est avéré être deux à trois fois supérieur à la normale. Ce taux serait suffisant pour déséquilibrer une colonie, voire même la conduire à l'effondrement.

Tester les nouveaux pesticides

L'Unité expérimentale Entomologie (Inra Poitou-Charentes) a mis au point un test qui permet d'évaluer l'impact des pesticides sur les larves d'abeilles. Élevées dans des conditions contrôlées, dans des alvéoles en plastique, les larves sont nourries manuellement. Deux modes d'exposition aux pesticides sont prévus par le test : un mode aigu, qui correspond à une forte dose délivrée en une fois, et un mode chronique, avec des doses plus faibles répétées dans le temps. Adopté par l'OCDE, ce test permet notamment d'évaluer les effets différés des molécules qui cherchent à se faire une place sur le marché.

Les chercheurs s'intéressent également aux effets des pesticides sur le développement des glandes hypopharyngiennes : ces organes assurent chez les nourrices la sécrétion de la gelée royale, une substance indispensable pour l'alimentation du couvain.



© Inra - Pierrick Alpinet

Test pour évaluer l'impact des pesticides sur des larves.

Stress en synergie

La surmortalité des abeilles peut aussi s'expliquer par des causes conjuguées. Deux facteurs de stress, un agent pathogène et un pesticide par exemple, peuvent avoir séparément un effet limité sur la colonie. Cependant, c'est lorsqu'ils s'ajoutent, que les dégâts deviennent catastrophiques. Grand défi des chercheurs : trouver ces interactions entre divers facteurs et comprendre comment, ensemble, ils mettent en péril les abeilles.

Les virus ont leur cheval de Troie

On ne compte pas moins de 25 espèces de virus qui s'attaquent aux ruches, et la liste s'accroît d'année en année. Parmi ceux-ci, certains sont extrêmement agressifs, comme le virus israélien de la paralysie aiguë, qui vous tue une abeille en trois jours, ou le virus de la paralysie chronique qui les immobilise et les fait trembler comme des feuilles. Le virus des ailes déformées, très fréquent dans les colonies, condamne les abeilles car leurs ailes atrophiées ne leur permettront plus de voler.

L'action de ces pathogènes est étroitement liée à *Varroa destructor*. Réservoirs à virus, ces acariens sont leur principal vecteur de propagation. Pire : l'effet immunodépresseur qu'exerce *Varroa* sur les abeilles les met à la merci de ces minuscules agresseurs.

Si les virus ne peuvent pas expliquer à eux seuls le déclin des abeilles, ils n'en restent pas moins une cause incontournable. Quant aux moyens de lutte, les chercheurs pensent que celle-ci passe d'abord par la neutralisation de *Varroa*.



© Inra - Nicolas Morison

Nosema et pesticides : fatal cocktail

La synergie entre le champignon *Nosema ceranae* et des insecticides de la famille des néonicotinoïdes est désormais avérée. Des expériences effectuées à l'Inra d'Avignon ont montré que la mortalité des abeilles pouvait augmenter de manière synergétique lorsqu'elles sont exposées aux deux facteurs. Les chercheurs ont observé en outre que cette combinaison peut causer une altération de la production de glucose oxydase, enzyme qui permet aux nourrices de stériliser la nourriture qu'elles apportent aux larves. Cependant, il est encore impossible de dire comment ces agents « interagissent » au niveau de l'intestin.



© Inra - Nicolas Morison

Prélèvement de miel à l'aide d'une micro-pipette à l'intérieur d'une alvéole.

À la recherche de nouveaux biomarqueurs

C'est à l'Île de la Réunion, oasis à l'abri de *Varroa*, que les chercheurs de l'Inra sont allés tester des biomarqueurs permettant de détecter les abeilles frappées par les pesticides et autres polluants. Après avoir exposé leurs ruches soit à un environnement très pollué soit à un environnement « propre », les chercheurs ont comparé les taux de plusieurs enzymes métaboliques, de la transmission nerveuse ou de l'immunité dans l'organisme des abeilles des deux groupes. Les différences permettent de dresser un profil d'exposition. Ainsi, grâce aux biomarqueurs que constituent ces enzymes, les chercheurs pourront déterminer simplement si un environnement est ou non agressif pour les abeilles.

Enquête sur la qualité du sperme des faux bourdons

La longévité d'une reine au sein d'une colonie dépend de sa fécondité, qui dépend à son tour du sperme qu'elle reçoit des mâles, les faux bourdons, lors du vol nuptial. Les chercheurs de l'Inra d'Avignon se sont donc demandé si pesticides et pathogènes ne diminueraient pas la qualité du sperme des abeilles. Pour tester l'hypothèse, ils ont dû réaliser un tour de force inédit dans le monde : élever de leur naissance jusqu'à leur maturité sexuelle des mâles dans des conditions contrôlées. Les chercheurs ont ensuite analysé la qualité de la semence des mâles, contaminés par des pesticides, en association ou non avec *Nosema*. Résultats préliminaires de ces travaux encore en cours : la qualité du sperme et du liquide séminal est effectivement touchée par ces stresseurs. Autre point fort de cette étude : la technique d'élevage de mâles ouvre la porte à la sélection par l'apiculteur des semences que reçoivent leurs reines.



© Inra - Nicolas Morison

Faux bourdon entouré d'ouvrières.

L'abeille européenne, trop douce pour ce monde de brutes ?

L'abeille européenne, en plus de sa grande productivité, se caractérise par son bon caractère. Or, certains chercheurs pensent que ce trait pourrait la mettre à la merci de certains envahisseurs. Ses collègues asiatiques (*Apis ceranae*), savent résister ou se battre bien mieux qu'elle, contre le champignon *Nosema*, le frelon à pattes jaunes, ou encore *Varroa destructor*. De même, l'agressive abeille africaine peut repousser le petit coléoptère des ruches (*Aethina tumida*), face auquel l'européenne est sans défense. La douce abeille de nos régions apprendra-t-elle à faire face à ces menaces ? C'est peut-être bien ce qui est en train d'arriver dans certains cas.

Abeilles pharmaciennes

Une infection se déclare dans la ruche ? Les abeilles ne restent pas les pattes croisées. Les butineuses redoublent d'efforts pour rapporter de la propolis à la ruche. Ce mélange de résines végétales a de fortes propriétés antibactériennes qui ne sont pas passées inaperçues des abeilles.

L'abeille européenne pourra-t-elle tenir tête au *Varroa*

Et si les abeilles apprenaient toutes seules à lutter contre *Varroa*, comme le font leurs cousines asiatiques ? C'est peut-être ce qui est en train d'arriver. Lorsque l'acarien a envahi la France à partir de 1982, la quasi-totalité des essaims sauvages a péri. Puis, dès 1994, des colonies sauvages sont réapparues. En les étudiant, les scientifiques de l'Inra ont découvert deux populations d'abeilles qui résistent à *Varroa* : l'espérance de vie de leurs colonies dépasse les 8 ans, malgré une infestation chronique. Comment ? Les unes sont capables d'inhiber la prolifération du parasite. Les autres ont appris à éliminer les alvéoles infectées. Les chercheurs pensent que ces populations d'abeilles, convenablement sélectionnées, pourraient être à l'origine d'un nouveau cheptel d'abeilles hygiéniques, sachant déjouer les tours de *Varroa destructor*.



Frelon devant une ruche à l'affût de ses proies.

© Inra - Denis Thiéry & Neville Mahler

Immunité sociale : les abeilles se défendent

Chacun connaît l'immunité individuelle : la capacité qu'a l'organisme à se défendre contre des pathogènes. L'immunité sociale est moins connue. Pourtant, face à une menace, les abeilles sont capables de modifier leur comportement afin de protéger la ruche. Par exemple, lorsque les abeilles nourricières détectent une infection du couvain par des parasites, elles n'hésitent pas à expulser les larves affectées de la ruche. Certains comportements, qui tiennent presque du sacrifice, sont aussi considérés comme une forme d'immunité sociale. Ainsi, les chercheurs de l'Inra d'Avignon ont remarqué que les jeunes abeilles porteuses de parasites deviennent butineuses de manière précoce et passent plus de temps hors de la ruche, ceci permettrait de s'isoler et limiter les contacts avec leurs congénères et ainsi la propagation du parasite au sein de la colonie.

3 techniques d'autodéfense contre le frelon à pattes jaunes

Petit à petit les abeilles européennes apprennent à contrattaquer lorsque les frelons à pattes jaunes les guettent à la sortie de la ruche. La première tactique tient du combat corps à corps : si l'abeille parvient à planter son aiguillon en premier, elle tuera son adversaire, mais mourra à son tour par la perte de son aiguillon. La deuxième tactique, observée aussi chez l'abeille asiatique, consiste à s'unir à trente ou quarante abeilles pour former une boule compacte autour de l'envahisseur. Celui-ci meurt rapidement étouffé. La troisième tactique est tout aussi surprenante : les abeilles se mettent côte à côte pour former une ligne animée de mouvements ondulatoires. Ces motifs ont la particularité d'effrayer le frelon, qui préfère alors battre en retraite. Encore très rares en Europe, ces comportements pourraient peu à peu s'étendre.

Super-pollinisateurs et écologie du butinage



© Inra - Nicolas Merisier

Instant magique : un grain de pollen germe et le tube pollinique qu'il émet, entre dans le pistil d'une fleur pour la féconder. C'est l'évolution en marche, une promesse d'innovations génétiques insoupçonnables. C'est aussi, plus prosaïquement, l'annonce d'un fruit dans les quelques mois à venir. Or, ce grain de pollen, pour aller de l'étamine (partie mâle de la fleur) dont il est issu, jusqu'au pistil (partie femelle), a sans doute voyagé sur un insecte, probablement même sur la toison d'une abeille. 84% des espèces cultivées en Europe dépendent de la pollinisation par les insectes. Une pollinisation adéquate permet d'augmenter les rendements et d'améliorer la qualité des récoltes. D'où l'importance économique de la pollinisation. Une étude menée par l'Unité Abeilles et Environnement (Inra Paca) et publiée en 2009 a estimé la valeur du service « pollinisation » au niveau mondial à 153 milliards d'euros. Pour la France, il représenterait 2,8 milliards d'euros. Les abeilles ne savent pas ce qu'elles valent !

Les besoins en pollinisation sont loin d'être couverts. La France, qui dispose d'environ 1,3 millions de ruches, devrait en avoir le triple pour garantir la pollinisation de toutes ses cultures. Voilà des chiffres qui, à l'heure du déclin des abeilles, devraient pousser à une action plus décidée pour leur protection.

02

ÉCOLOGIE & POLLINISATION

Une infinité de pollinisateurs

Dans le monde, environ 225 000 espèces de plantes à fleur sont pollinisées par 200 000 espèces d'animaux, au premier rang desquels on trouve les hyménoptères (abeilles, guêpes), les diptères (mouches), les lépidoptères (papillons) et les coléoptères (charançons, scarabées). Ces pollinisateurs contribuent à la survie et l'évolution de 80% des espèces végétales. En milieu tropical, les chauves-souris et les oiseaux assurent aussi le transport du pollen. Sans oublier le vent, qui se charge de la pollinisation d'environ 10% des plantes, parmi lesquelles le riz, l'orge et le seigle.

N'oublions pas les abeilles sauvages !

On trouve dans le monde environ 20 000 espèces d'abeilles. Elles sont autour de 1000 en France, parmi lesquelles on compte près de 50 espèces de bourdons. La plupart d'entre elles sont solitaires et inoffensives, et montrent également les signes d'un déclin généralisé.

On aurait tort de négliger leur importance écologique. Des échantillonnages réalisés dans des milieux agricoles ont montré qu'on y trouve une abeille sauvage pour deux abeilles domestiques. De plus, la pollinisation par les abeilles sauvages est complémentaire à celle que réalisent les abeilles domestiques. En effet, c'est la diversité des morphologies et des comportements qui multiplient les chances que le pollen trouve sa cible. Autrement dit, la pollinisation effectuée par les abeilles sauvages ne pourrait être remplacée efficacement par autant d'abeilles domestiques.



Bourdon sur une fleur de chardon laiteux.

© Inra - Nicolas Morison



Site de nidification pour les abeilles sauvages en milieu urbain.

Urbanbees : la vie sauvage des villes

Le programme Urbanbees, piloté par l'Inra et réalisé en partenariat avec l'association Arthropologia sur le Grand Lyon, cherche à favoriser les abeilles sauvages dans les milieux urbains et périurbains. Les villes abritent une biodiversité insoupçonnée qu'il faut valoriser. Ce programme, démarré en 2010, met en œuvre un plan de gestion de cette biodiversité par des aménagements spécifiques (hôtels à abeilles, carrés de sol pour leur nidification), et tente de rendre l'entretien des espaces verts moins agressifs envers les insectes pollinisateurs. Cela pourra ainsi bénéficier aux 240 espèces d'abeilles recensées en zones urbaines et périurbaines du Grand Lyon ! www.urbanbees.eu

Collectionneurs d'abeilles

L'Inra possède à Avignon la plus grande collection vivante d'abeilles en France, soit 50 000 spécimens représentant plus de 580 espèces, des plus petites (Nomioïdes, 3 mm de longueur), aux plus grosses (Xylocopes, ou abeilles charpentières, 3 cm).



Boîte de collection d'abeilles sauvages.

© Inra - Laurent Gillbaut

Les fleurs : impénitentes séductrices

Qu'est ce qui attire une abeille vers une fleur lors de son premier butinage ? C'est autant le parfum qu'elle dégage que sa couleur. Pourtant, ce n'est pas si simple de prévoir quelles fleurs seront butinées chaque année. En effet, entre fleurs s'instaure une compétition pour le butinage. Ce sont les plus belles et vigoureuses qui seront les plus visitées. Ainsi, les espèces les plus butinées une année ne sont pas forcément celles qui prendront le dessus l'année suivante. De leur côté, les abeilles ne sont pas toujours en même nombre au même endroit chaque année et cherchent souvent à minimiser la compétition entre colonies voisines en se spécialisant dans un type de fleur.



© Inra - Jean Weber

Coquelicot : une aubaine pour les abeilles

Fleur modeste, malgré son éclatante robe rouge, le coquelicot n'en est pas moins une fleur fondamentale dans l'alimentation des abeilles mellifères en paysage céréalier. Les raisons : d'abord sa période de floraison, en mai et juin. Ces mois sont particulièrement difficiles pour les abeilles car il n'y a pas grand-chose à butiner, pour des colonies au maximum de leur population. Ensuite, l'excellente valeur nutritionnelle de son pollen. En revanche, ne cherchez pas du miel de coquelicot : il ne produit pas une goutte de nectar. Des recherches menées dans les plaines céréalières du Poitou-Charentes ont montré que le coquelicot est la deuxième plante la plus visitée par les abeilles pour son pollen, après le maïs. Voilà d'excellentes raisons pour ne plus le considérer comme une mauvaise herbe à éliminer à coups d'herbicides.

Quelles fleurs pour quelles abeilles



Y a-t-il dans la nature un exemple aussi éclatant de co-évolution entre espèces que celui des abeilles et des fleurs ? Fleurs, qui ont besoin des abeilles pour transmettre leur pollen, et qui en échange, leur apportent leur source d'énergie (le nectar), et leur source de protéines et lipides (le pollen). Le programme Florapis, mené par l'Inra, cherche à documenter l'activité de butinage des abeilles domestiques vis-à-vis de la flore française. Ceci, grâce aux observations et aux photographies partagées par les scientifiques, botanistes, apiculteurs et entomologistes. La base de données ainsi obtenue permet de connaître les préférences florales des abeilles. Plus de 600 espèces végétales dont plus de 50 espèces protégées ont été recensées à ce jour. Florapis va se poursuivre et s'étendre à toutes les espèces d'abeilles de France métropolitaine. www.florapis.org

Butiner sur un champ de mines

Les abeilles pourront-elles aider les pays post conflit à se libérer du fléau des mines antipersonnel ? C'est l'idée originale de chercheurs croates, soutenus par des experts de l'Inra d'Avignon. Il suffirait pour cela de mettre à profit l'excellent odorat et la bonne mémoire des butineuses. L'équipe franco-croate a ainsi entraîné des colonies à reconnaître l'odeur du TNT. Tout d'abord, les chercheurs leur ont donné du sirop de sucre (la récompense), en y associant l'odeur de l'explosif. Ensuite, en plein air, ils ont placé des leurres imbibés de TNT. Les abeilles sont effectivement allées butiner là où étaient les leurres. Reste encore à réaliser l'expérience dans un vrai champ miné pour savoir si ces artefacts mortifères dégagent suffisamment d'odeur pour être retrouvés par les abeilles.

Abeille des villes, abeille des champs

Comment se portent les abeilles des villes, dans cet étrange milieu pas du tout pensé pour elles ? D'un côté, leur exposition aux pesticides est moindre que dans les zones rurales. Les jardins et les potagers urbains leur assurent une alimentation accessible et constante. En revanche, elles sont soumises à l'action de nombreux autres polluants, résidus de diesel, métaux lourds, hydrocarbures aromatiques polycycliques, qui peuvent affecter aussi leur santé. Des travaux en cours à l'Inra permettront de dire s'il vaut mieux être une abeille des villes ou une abeille des champs.

Le réseau Apiformes

Comment sensibiliser les futurs agriculteurs aux services rendus par les insectes pollinisateurs et aux besoins de ces derniers tout en collectant des données sur les populations d'abeilles sauvages ? C'est la gageure que s'est fixée le réseau Apiformes. Constitué en 2009, ce réseau d'observation et de formation s'est constitué en 2009 avec une vingtaine d'établissements distribués dans toute la France et l'Inra en assure la coordination scientifique. Les relevés sont effectués tous les ans par une équipe d'enseignants motivés et des classes d'étudiants qui se succèdent, mais qui sont vite gagnées par le même enthousiasme : Il existe maintenant un hôtel à abeilles dans presque tous les établissements partenaires du réseau !

Remettre l'écologie des abeilles au cœur du débat

L'abeille qui butine de fleur en fleur, visitant tour à tour prairies, jardins, forêts et champs : voilà une belle image d'Épinal qui ne correspond plus tellement à la réalité. La plupart des abeilles doivent se satisfaire de milieux agressifs, arides en été, aux ressources alimentaires inconstantes, en proie aux pesticides. Remettre l'écologie de l'abeille au cœur du débat : voilà l'objectif des chercheurs de l'Inra qui tentent de faire le lien entre la surmortalité des colonies et le milieu dans lequel elles vivent, notamment avec les systèmes d'agriculture intensive.

L'agriculture engendre une forte modification de l'environnement des abeilles, tant dans l'espace que dans le temps. Dans l'espace, car un champ de blé qui n'est pas une espèce visitée par les abeilles, ne permet donc pas le développement des colonies, contrairement à un champ de colza, qui lui, est visité par les pollinisateurs. Dans le temps aussi, car ce même champ de colza apparemment si profitable aux abeilles, a une période de floraison de moins d'un mois, à la suite de laquelle les abeilles peinent à trouver de quoi se mettre sous la dent. C'est l'impact de ces milieux déséquilibrés que cherchent à mieux caractériser les chercheurs afin de proposer des alternatives plus favorables aux pollinisateurs.

Ecobee : 45 000 hectares de laboratoire pour étudier les abeilles

Ecobee est un outil unique au monde pour étudier les abeilles dans leur milieu. Depuis 2007, une centaine de colonies d'abeilles sont étudiées au cœur de la zone atelier Plaine-Val de Sèvre, gérée par le Centre d'Études Biologiques de Chizé (CNRS), un territoire de 45 000 hectares composé de 19 000 parcelles, sur lequel les chercheurs disposent d'une mine d'informations : cultures, assolement, techniques agricoles, utilisation de pesticides.

Tout au long de la belle saison, les colonies sont auscultées tous les quinze jours. Au Magneraud, les chercheurs de l'Inra mesurent le poids des réserves et récoltes de miel, les effectifs d'abeilles adultes, la superficie du couvain, la mortalité devant la ruche et la température de la ruche, tout en suivant de près les parasites et infections qui touchent les abeilles. Par ailleurs, une analyse des pollens rapportés par les abeilles leur permet de connaître leurs préférences et leurs routes de butinage. Jamais des colonies d'abeilles n'avaient été étudiées d'aussi près durant une période aussi longue.

Lieu de rendez-vous de chercheurs et experts de tous horizons, c'est autour d'Ecobee que se structurent plusieurs des grands programmes scientifiques comme Polinov ou EcoPhyto-Dephy Abeilles.



Un des dix ruchers du dispositif Ecobee.

© Inra - Christophe Maître

La disette saisonnière qui frappe les abeilles

L'évolution du poids d'une ruche devrait prendre au cours d'une année la forme d'une courbe en cloche. Les minimums se trouveraient en fin d'hiver, tandis qu'en été, la colonie présenterait son poids maximum au moment de son pic de population. Les réserves seraient alors assurées pour l'hiver. Or, dans les plaines céréalières de la région Poitou-Charentes, ce n'est pas ce que l'on observe. Si à la sortie de l'hiver, les ruches commencent bien à prendre du poids, autour de mai et juin, de façon surprenante, elles en perdent, avant d'en regagner au cœur de l'été. Ce creux à la fin du printemps inquiète les chercheurs. Il pourrait correspondre à une période de disette pour les abeilles. Les grandes cultures comme le maïs et le tournesol ne sont pas encore en fleur et les mauvaises herbes se raréfient du fait de l'utilisation d'herbicides.

Où se nichent les abeilles sauvages ?

Les espaces naturels résiduels situés entre grandes cultures (bords de champs, prairies, haies et lisières forestières) abritent de nombreuses espèces d'abeilles. Ainsi, un paysage de cultures céréalières peut abriter un quart des espèces connues en France sur une superficie aussi réduite que 0,1% du territoire. La préservation de ces milieux naturels résiduels est donc essentielle pour le maintien de cette diversité. Des programmes d'amélioration de la qualité des paysages pour les abeilles sont en cours.



© Inra - Nicolas Morison

Butineuse sur fleur de phacélie, on note les pelotes bleues dûes à la couleur du pollen de cette fleur.

CSI Pollen : enquête sur le garde-manger des abeilles

Personne ne doute que la baisse de la biodiversité végétale est une des causes du déclin des abeilles. Cependant en mesurer l'ampleur à travers l'Europe, voilà qui relève du défi. C'est pourtant le but d'une grande collaboration entre chercheurs et apiculteurs de 15 pays appelée CSI-pollen (Citizen Scientist Investigation-Pollen). Les apiculteurs volontaires, une soixantaine rien que pour la France, auront pour mission d'observer la couleur des pelotes de pollen rapportées dans les ruches. Ces couleurs sont spécifiques de chaque type de fleur visitée : si les pelotes ont des couleurs variées, du rouge foncé au jaune clair, alors les abeilles ont accès à une grande variété de fleurs. En revanche, une couleur uniforme dénonce un régime qui l'est tout autant. Afin d'aller plus loin, quelques apiculteurs enverront des échantillons de pollen pour que les chercheurs puissent évaluer cette diversité. Est-ce qu'une faible diversité des pollens récoltés est corrélée à une mortalité accrue ou à des maladies particulières ? Voilà une piste que nos experts sont bien décidés à suivre jusqu'au bout.

Une collection unique de plantes à abeilles

Outil de recherche autant que site de référence pour apiculteurs et naturalistes, APIBOTANICA, base de données botanique de l'unité Entomologie de l'Inra du Magneraud, dispose d'une collection unique de plantes mellifères et de leur pollen. 450 espèces potentiellement butinées par les abeilles domestiques en Poitou-Charentes, la plupart de celles qu'elles peuvent trouver sur les territoires agricoles français y sont représentées. Ainsi, grâce aux dates de floraison, aux couleurs des pelotes récoltées par les abeilles, ou aux formes spécifiques des grains de pollen, les apiculteurs peuvent savoir sur quelles fleurs leurs abeilles sont allées butiner.



© Inra - Nicolas Morison

Agriculture et abeilles au programme de la recherche

Et si agriculture et apiculture trouvaient un terrain d'entente ? Peut-on imaginer une agriculture rentable, socialement acceptable pour les agriculteurs, et qui soit à la fois respectueuse des abeilles ? C'est à ces questions que l'Inra et ses partenaires cherchent à répondre dans le cadre de plusieurs projets de recherche. Leurs noms : Polinov, Ecophyto-Dephy Abeilles et InterApi.

► Une agriculture qui aime les abeilles

Polinov - Ce grand projet de recherche mené de 2010 à 2012 a permis, sur le site d'Ecobee, de concevoir et évaluer des systèmes de culture innovants favorables aux colonies d'abeilles. Dans un premier temps, un modèle a été créé afin d'évaluer plusieurs critères (assolement, cultures, diversité de plantes dans les champs) qui peuvent être favorables ou non aux pollinisateurs. Polinov a ainsi permis d'établir l'importance des adventices, les mauvaises herbes, qui représentent un tiers de l'alimentation des abeilles. Corollaire à cela, l'utilisation d'herbicides afin de les éliminer prive les pollinisateurs d'une source de nourriture indispensable à leur survie. Mais ce n'est pas tout : Polinov a permis de proposer des systèmes de culture qui, d'une part, assurent des ressources alimentaires aux abeilles, et d'autre part, limitent leur exposition aux pesticides. Les chercheurs ont proposé des innovations sur quatre systèmes de culture (céréalière irriguée, non irriguée ou en agriculture biologique, ou polyculture-élevage), de façon à ce que les abeilles trouvent des ressources dans la culture principale, les cultures intermédiaires ainsi que dans des bandes fleuries placées à l'intérieur des parcelles. Limite à cette démarche : ces systèmes entraînent un surcoût pour l'exploitant qu'il pourrait ne pas être prêt à assumer seul.



© Inra - Gilles Louvet

► Un jeu de rôles pour mieux se comprendre

Ecophyto-Dephy Abeilles - Le programme Polinov terminé, les chercheurs ont voulu aller plus loin et mettre à l'épreuve, grâce à un réseau d'agriculteurs volontaires, certaines propositions d'agriculture innovante. C'est ainsi que le programme Ecophyto-Dephy Abeilles est né. L'un des objectifs est de mieux prendre en compte l'aspect diminution de l'usage de produits phytosanitaires ou l'introduction de nouvelles cultures dans la rotation. L'une des activités prévues dans ce cadre est la mise en place d'un jeu de rôles auquel participent apiculteurs et agriculteurs. Ils pourront ainsi identifier les points de friction entre les deux activités, mais aussi faire émerger des idées nouvelles pour améliorer la cohabitation et la viabilité des abeilles. Les propositions issues de ce dialogue seront mises en œuvre par les agriculteurs eux-mêmes et testées en apportant des abeilles à proximité de leurs exploitations.

► Faire des CIPAN un cadeau pour les abeilles

InterAPI - Les CIPAN (Cultures Intermédiaires Piège à Nitrates), sont des cultures de plantes à croissance rapide qui permettent la protection des parcelles contre le lessivage et l'érosion. Obligatoires, elles sont souvent considérées comme une besogne additionnelle par les exploitants. Pourtant, elles pourraient aussi servir à améliorer le quotidien des abeilles en fin de saison, et mieux préparer les colonies à l'arrivée de l'hiver. Le programme InterAPI, qui se terminera en octobre 2014, a pour but d'identifier les meilleures CIPAN mellifères et les meilleurs systèmes de culture. Pour cela, 240 colonies sont suivies sur 8 sites, pour voir notamment quelles cultures mellifères (moutarde, trèfle, luzerne...) sont les mieux utilisées par les abeilles. Ainsi, les agriculteurs sensibles à la survie des pollinisateurs pourront adapter leurs CIPAN en fonction des conclusions du programme.

Le miel, une douceur sous la loupe

La production de miel est en berne ces dernières années : après une médiocre performance en 2012 (16 000 tonnes), elle n'a même pas atteint les 15 000 en 2013, selon l'Union nationale des apiculteurs français. À comparer avec les années 1990, quand la production nationale dépassait allègrement les 30 000 tonnes. Résultat, la France est devenue un gros importateur de miel : 26 000 tonnes l'année dernière. Ces chiffres sont autant de raisons de s'inquiéter et de se pencher de plus près sur la production de miel à l'échelle de territoires particuliers. C'est à quoi s'attellent les chercheurs de l'Inra.



© Inra - Nicolas Morison

L'observatoire au chevet des ruches provençales

Depuis 6 ans, l'observatoire de la miellée de lavande suit 550 ruches des champs de lavande. Tous les deux jours les ruches sont pesées afin de déterminer l'état de leurs réserves de miel, tandis que leur population d'abeilles adultes et de larves est calculée. L'état de santé des colonies est aussi ausculté, et les produits toxiques (herbicides, insecticides et fongicides), sont analysés.

Ainsi, les chercheurs sont parvenus à des résultats importants pour les apiculteurs. Le premier résultat est qu'il existe une énorme variabilité entre ruches et entre ruchers quant à la production de miel. Le deuxième, que cette production dépend étroitement de la dynamique de population de la ruche : une colonie qui, au début de la miellée présente un couvain important s'en tirera mieux qu'une colonie peuplée, mais fatiguée. Ce constat devrait permettre aux apiculteurs de mieux préparer leurs ruches avant de les placer sur la lavande. Enfin, le bon état sanitaire est primordial : une charge de 1 à 2 varroas pour 100 abeilles entraîne une perte de 5 à 6 kg de miel par ruche.

Les chercheurs ont aussi mesuré l'impact du climat : des pluies avant la floraison promettent une récolte abondante. En revanche, des pluies durant la miellée mettent les abeilles en arrêt de travail, ce qui diminue la production.

Miel de lavande : un plaisir gourmet en danger ?

Le miel de lavande, avec son parfum et sa couleur jaune doré caractéristique, est un des miels les plus appréciés. C'est aussi celui qui se vend le plus cher. On comprend pourquoi les apiculteurs se ruent chaque année sur la lavande. 50% de la production de miel de la région PACA provient de ces champs teintés de pourpre.

Pourtant les apiculteurs connaissent des problèmes lors de cette miellée de fin de saison. D'une année sur l'autre, la production connaît des variations encore inexpliquées. De plus, des sécheresses comme celles de 2003 et 2005, des maladies de la lavande, et la fatigue des colonies inquiètent de plus en plus les exploitants. C'est pour essayer de mieux comprendre ces difficultés, qu'en 2008 s'est créé l'observatoire de la miellée de lavande.

La transhumance : les abeilles voyageuses

Afin d'accroître leur production de miel et trouver des lieux plus favorables à leurs abeilles, de nombreux apiculteurs déplacent leurs ruches de région en région au cours d'une année. C'est la transhumance des abeilles, pratiquée depuis fort longtemps. Ainsi, la même ruche produira, selon ses escales, du miel de garrigue, du miel d'acacia, puis du miel de lavande. Néanmoins, ces déménagements peuvent fatiguer et stresser les abeilles, ce qui peut jouer sur leur productivité. De plus, selon les environnements visités, certains parcours de transhumance peuvent avoir plus d'impact sur les colonies que d'autres. L'un des objectifs de ResAPI, programme démarré en 2012 qui vise à identifier des leviers d'action pour diminuer la mortalité hivernale des abeilles, est de caractériser l'état physiologique et sanitaire des colonies avant l'hivernage en tenant compte de leur parcours de transhumance.

La ruche : une cité parfaite



© Inra - Nicolas Morrison

03

LA VIE
DANS LES
RUCHES

L'Homme a toujours voué aux abeilles une admiration sans bornes. Dès l'Antiquité, il se demande comment un être aussi petit, aussi simple d'apparence, est capable de former une société aussi complexe et bien organisée. Pline l'Ancien, le grand naturaliste romain, écrivait émerveillé : « Elles se soumettent au travail, exécutent des ouvrages, ont une société politique, des conseils particuliers, des chefs communs et, ce qui est plus merveilleux, elles ont une morale ». Morale peut-être, mais alors morale spartiate, qui voue à l'exil et la mort les individus malades, vieillissants et surnuméraires.

Si l'admiration vis-à-vis de ces hyménoptères sociaux est toujours de mise, les scientifiques décodent mieux à présent les secrets de leur organisation sociale. Organisation qui se décline en trois castes d'individus : la reine, les ouvrières et les mâles.

La reine

Mère de tous les individus de la ruche, c'est sur la reine que repose une bonne part de la dynamique et de la vigueur d'une colonie. À la belle saison, une reine peut pondre jusqu'à 2 000 œufs par jour. Tâche ardue qui vaut quelques privilèges : dès sa naissance elle est entourée des soins de ses ouvrières, qui la nourrissent et la nettoient constamment. À peine plus grande que ses congénères, elle peut vivre jusqu'à 5 ans si elle se trouve dans de bonnes conditions.

Pourtant, son origine n'a rien d'exceptionnel : un simple œuf comme tous les autres que les ouvrières ont choisi de transformer en reine en la nourrissant de gelée royale. Lorsque vieillesse arrive et que sa capacité de ponte décroît, elle est mise à mort par ses sujets.



© Inra - Nicolas Morison

Reine marquée avec ses ouvrières.

Les ouvrières

Quarante à soixante mille en été, cinq à dix mille en hiver, les ouvrières forment de loin le plus gros contingent d'une ruche. Leur espérance de vie est de quelques mois pour les ouvrières d'hiver et quelques semaines pour celles d'été. La division du travail chez les abeilles se fait par classe d'âge. Les nouvelles-nées ont pour tâche le nettoyage de la ruche. Elles deviennent ensuite nourrices, chargées de synthétiser et régurgiter de la nourriture pour les larves en développement. Puis, elles occupent successivement diverses fonctions dans la ruche :

mise en réserve des récoltes, ventilation de la ruche, fermeture des alvéoles, défense de la colonie... Enfin, dernière étape de leur carrière, elles deviennent butineuses responsables de la tâche la plus périlleuse : rapporter à la ruche le pollen et le nectar.

Les mâles

Faux bourdon : voilà une profession peu contraignante, mais à la fois peu valorisée au sein de la ruche. Tous issus d'œufs non fécondés, ils sont environ 2500 dans la colonie. Leur rôle ? Apparemment aucun, du moins jusqu'au moment où la reine entreprend son vol nuptial. C'est alors qu'ils doivent la suivre pour tenter de s'accoupler avec elle. Peu seront les élus qui, pour leur peine, mourront juste après la fécondation. Quant aux survivants, bouches inutiles dans une ruche affairée, les abeilles cesseront bien vite de les nourrir.



Naissance d'un faux bourdon.

© Inra - Laurent Guilhaud

PRESE **Dossier**

Une reine est née

C'est au printemps que naissent les nouvelles reines, et leur vie commence comme un drame shakespearien : la première née ou la plus forte tue ses sœurs rivales pour accéder au trône. Quelques jours après, elle quitte la ruche. C'est le vol nuptial. Des mâles de sa colonie, mais aussi venus de ruches voisines la suivent pour tenter de s'accoupler avec elle. Dix ou quinze mâles y parviendront, et la reine pourra remplir sa spermathèque de 4 ou 5 millions de spermatozoïdes qui lui serviront à féconder les œufs tout au long de sa vie. Ce qui est vrai dans des colonies sauvages, ne l'est pas tellement dans l'apiculture actuelle : à présent, les apiculteurs multiplient les ruches en introduisant des reines issues de leur élevage ou achetées chez un collègue. Quelques jours après leur naissance, ces reines rejoindront un des lieux de rassemblement de mâles des environs pour s'accoupler.



© Inra - Nicolas Morison
Essaim.

Essaimage : une reine poussée vers la sortie

Au printemps, alors que les futures reines sont encore dans leur alvéole, la vieille reine se précipite hors de la ruche suivie d'une cour formée de milliers d'ouvrières qui se sont auparavant gavées de miel. Le but : aller former une nouvelle colonie plus loin. Une fois que les éclaireuses ont trouvé un endroit propice, les ouvrières commencent à bâtir des alvéoles, la reine à pondre, et le cycle peut recommencer. L'essaimage est un phénomène redouté des apiculteurs car il peut signifier la perte d'une reine, de plus de la moitié des ouvrières et d'une bonne partie des réserves de miel. C'est pourtant le moyen naturel de dispersion des abeilles.

Vers une meilleure sélection des abeilles

Il existe 9 espèces d'abeilles domestiques dans le monde, et l'abeille européenne (*Apis mellifera*) est de loin la plus répandue du fait de sa grande productivité et de sa douceur. Cette espèce compte environ 25 races, ou sous-espèces géographiques. On compte certains écotypes locaux d'origine française, comme l'abeille landaise. Or, avec l'importation d'abeilles d'autres pays d'Europe, voire même d'Australie, il y a énormément de croisements et d'hybridations qui se font pour améliorer les caractères d'intérêts apicoles. Un projet mené par l'Inra vise à caractériser la diversité génétique des abeilles et d'établir les critères qui pourraient intéresser les apiculteurs (productivité en miel et gelée royale, résistance aux pathogènes, douceur...). Ce travail permettra ensuite de proposer un plan de sélection de lignées d'abeilles plus performantes.

Élevage des mâles

Pour la première fois au monde, des chercheurs de l'Inra d'Avignon sont parvenus à élever des mâles dans des conditions contrôlées de leur naissance jusqu'à leur maturité sexuelle. Cela représente un tour de force car les mâles ne sont pas toujours très aimés dans les ruches : bouches inutiles à nourrir, au moindre stress, les ouvrières se mettent à les maltraiter jusqu'à les expulser ou les mettre à mort. Pour y parvenir, les chercheurs ont reproduit dans des cages une ruche miniature peuplée de quelques centaines d'abeilles. Là, ils ont remplacé les mâles nouveaux-nés, dont le développement larvaire s'est effectué dans une ruche traditionnelle. En contrôlant tous les paramètres, température, population, accès à la nourriture, les chercheurs sont parvenus à obtenir d'excellents taux de survie des mâles : 60 à 70% d'entre eux survivent et atteignent la maturité sexuelle (20 jours après la naissance), contre 30 ou 40% dans les ruches. Cette technique d'élevage permet déjà de tester l'effet des pesticides et parasites sur la reproduction des abeilles. Elle permettra aussi de contrôler la fécondation de la reine. Comme dans les élevages d'animaux de ferme, on pourra alors choisir les meilleures lignées pour inséminer la reine.

Le génome d'*Apis mellifera* mis à nu

2006 marque une pierre de touche pour les spécialistes des abeilles : c'est l'année où a été publié le déryptage complet du génome de cet insecte, réalisé par un grand consortium international auquel ont participé des chercheurs de l'Inra. Certaines caractéristiques de ce génome, qui compte entre 11 et 15 mille gènes, ont surpris les chercheurs. Par exemple, le nombre réduit de gènes liés à l'immunité et la détoxification.

Une communication pleine de sens

Sons, odeurs, choréographies, contacts ou phéromones, les abeilles disposent de nombreux moyens pour communiquer entre elles. Pas étonnant, pour une société aussi complexe qui doit aussi bien penser à ses besoins immédiats qu'à ses besoins futurs. Chaque message entraîne un changement de comportement, voire un changement physiologique qui peut être extrêmement profond. La communication des abeilles passionne les chercheurs, qui tentent de percer ses secrets jusque dans les gènes et leurs mécanismes de régulation.



© Inra - Nicolas Morison
Œufs et larves à différents stades visibles dans les alvéoles.

Message des larves aux nourrices

« Ne me quitte pas » : voilà en substance, le message qu'envoient, via leurs phéromones, les larves aux abeilles chargées de les nourrir et de les maintenir au chaud. Les chercheurs de l'Inra d'Avignon ont identifié une dizaine de molécules phéromonales de couvain, grâce auxquelles les larves communiquent à leur nourrice leur âge et leurs besoins. Ces messages chimiques ont aussi la capacité de modifier profondément la physiologie des ouvrières, par exemple, en stimulant les glandes qui permettent d'élaborer la nourriture des larves, et en inhibant le développement de leurs ovaires. Les phéromones de couvain retardent aussi le moment où les abeilles deviennent butineuses, afin qu'elles prennent plus longtemps soin des larves : sacrées manipulatrices !

Savoir distinguer les siens

Il est important pour les abeilles de distinguer celles qui font partie de la ruche de celles qui en sont étrangères. Pour cela, dès sa naissance, l'abeille doit apprendre à reconnaître l'odeur caractéristique de sa colonie. Cette faculté est vitale, notamment à l'automne, lorsque peuvent survenir les pillages entre ruches. Les colonies peu performantes dans cette reconnaissance du soi s'exposent à voir des abeilles voisines se servir dans leurs réserves. Les chercheurs ont découvert que cette faculté est liée à l'octopamine, une hormone et un neurotransmetteur qui a un effet stimulant sur le cerveau des abeilles et leur permet de *booster* leur mémoire.

Swarmonitor : à l'écoute des abeilles

Les apiculteurs aimeraient savoir lorsque se prépare un essaimage dans une ruche. Ceci, afin de prendre des mesures pour l'éviter, diviser la colonie en deux par exemple. Et s'il suffisait pour cela d'écouter les abeilles ? C'est l'idée de Swarmonitor, programme de recherche auquel participe l'Inra. En apparence, une ruche est un tohu-bohu de bourdonnements et frottements. Pourtant, il y a des motifs dans ce brouhaha, que les chercheurs apprennent à lire à l'aide d'un capteur de vibrations et d'un logiciel approprié. Ainsi, une dizaine de jours avant l'essaimage, le motif vibratoire de la ruche change. Mais ce n'est pas tout : les chercheurs pensent que la vibration des ruches pourrait aussi permettre d'en connaître l'état de santé.

PRESE Dossier

Les phéromones : instructions chimiques

Une bonne part de l'ordre qui règne dans une colonie est à mettre sur le compte des phéromones. Toutes les abeilles émettent ces molécules et ce, dès leur plus jeune âge. Phéromones d'alerte, qui induisent les abeilles à défendre la colonie, y compris au prix de leur vie, phéromones de cohésion, qui servent à attirer les congénères soit vers la ruche soit vers un point d'eau ou une source de nourriture, phéromones de couvain, qui indiquent aux nourrices comment s'occuper des larves, il n'y a pas d'activité dans laquelle une phéromone ne soit pas impliquée. On distingue deux types de phéromones : les phéromones incitatrices, qui induisent des comportements chez les abeilles qui les perçoivent, et les phéromones modificatrices, qui agissent profondément sur leur physiologie. L'arsenal chimique de la reine est le plus riche, vu que c'est elle qui oriente le travail des ouvrières. Parmi les phéromones royales, citons la QMP (Queen mandibular phéromone), qui pousse les jeunes ouvrières à choyer leur reine, à rester près d'elle pour la nourrir et lui nettoyer le corps et les antennes.



Abeilles domestiques consommant un pain de pollen.

Tout le monde ne mange pas la même chose dans la ruche. Les ouvrières se nourrissent de miel, qui leur apporte l'essentiel des sucres, et de pollen, qui leur apporte les protéines, lipides et vitamines. Le pollen est consommé essentiellement durant les 9 premiers jours de leur vie. La reine peut aussi consommer le miel des réserves, mais elle préfère se laisser nourrir bouche à bouche par ses vassales, qui lui délivrent de la nourriture de couvain, qui contient entre autre de la gelée royale. Cette substance, sécrétée par les glandes nourricières des ouvrières contient une quantité considérable d'acides aminés, d'acides gras et de vitamines. La gelée royale entre aussi dans l'alimentation des larves d'ouvrières durant les 3 premiers jours après leur éclosion. Ensuite elles sont nourries à la bouillie larvaire. En revanche, les larves que les abeilles élèvent pour devenir reines, sont exclusivement nourries de gelée royale en très grande quantité, ce qui induit leur différenciation morphologique et physiologique. Les mâles d'abeille, quant à eux, sont nourris par les ouvrières durant les premiers jours de leur vie adulte puis, se servent eux-mêmes dans les réserves de miel. Ils sont incapables de butiner car leur langue est trop courte.

Pollens riches et pollens pauvres

Tous les pollens n'ont pas les mêmes qualités nutritionnelles. Les chercheurs ont l'habitude de les classer par leur teneur en protéines. Il existe des pollens pauvres, (pissenlit, tournesol), qui ne sont composés que de 13% de protéines. Les pollens moyens, comme ceux du maïs ou du trèfle, tournent autour des 20% de protéines. Enfin, les pollens haut de gamme (colza, moutarde, arbres fruitiers), présentent jusqu'à 30% de protéines. Pourtant, ce n'est pas seulement l'aspect nutritionnel qui attire les butineuses : c'est d'abord la facilité pour l'obtenir. Ainsi, les abeilles adorent le maïs, car son pollen à gros grains est abondant et très facile à ramasser. Les chercheurs de l'Inra d'Avignon ont montré que pour être en bonne santé, les abeilles doivent consommer 5 pollens différents par jour.



Abeille sauvage (Halictes mâle) sur fleur d'Eupatoire à feuilles de chanvre.

De bonnes bactéries pour défendre les abeilles

Utiliser les « bonnes » bactéries qui pourraient donner un coup de main au système immunitaire et à la santé des abeilles : voilà l'objectif d'un projet de recherche franco-suédois (Probee) dirigé par les chercheurs de l'Inra d'Avignon. Tout comme le nôtre, le système digestif des abeilles est peuplé d'une grande quantité de microorganismes qui remplissent des fonctions importantes dans la digestion, bien sûr, mais aussi dans la résistance aux pathogènes. De précédents travaux ont montré qu'en donnant à manger des probiotiques, des bactéries issues de leur propre système digestif, à des larves d'abeilles infectées par des pathogènes, leur mortalité diminuait notablement. À présent, les chercheurs suivent le développement, l'état sanitaire et la mortalité de colonies auxquelles on administre ou pas ces probiotiques.

Un label pour faire ami-ami avec les abeilles

Faire un geste pour les abeilles, tout en remplissant son caddy de supermarché, ce sera bientôt possible grâce au label « bee friendly ». Prêt à être lancé fin 2014, celui-ci certifiera au consommateur que le produit qu'il achète favorise les pratiques agricoles en harmonie avec le bien-être des pollinisateurs. Ainsi, l'usage de certains pesticides, comme les néocotinoïdes, est banni par le label. La création d'espaces de biodiversité et les méthodes de récolte limitant la mortalité des pollinisateurs sont favorisées. Pour commencer, ce sont des produits laitiers et des fruits et légumes qui seront étiquetés « aimable avec les abeilles ».

CONTACTS SCIENTIFIQUES

Unité Abeilles et Environnement, Avignon, centre Inra Paca

Son but premier : comprendre les phénomènes responsables du déclin des populations d'abeilles et des impacts de ce dernier sur la biodiversité et les productions végétales. Effets des pesticides et pathogènes, rôle des phéromones dans la communication, pollinisation et écologie des abeilles sauvages : voilà quelques-uns de ses axes thématiques. Unité de recherche Inra, elle rassemble 24 chercheurs et techniciens, ainsi qu'un atelier apicole expérimental.

DIRECTEUR D'UNITÉ : Yves Le Conte
(*Varroa*, Swarmonitor, communication chimique, butinage sur mines)
T. 04 32 72 26 01 - yves.leconte@avignon.inra.fr

Anne Dalmon (virus)
T. 04 32 72 26 27 - anne.dalmon@avignon.inra.fr

Bernard Vaissière
(pollinisation, écologie des abeilles sauvages)
T. 04 32 72 26 37 - bernard.vaissiere@avignon.inra.fr

Cédric Alaux (parasites, immunité, transcriptomique)
T. 04 32 72 26 19 - cedric.alaux@avignon.inra.fr

Claude Collet
(écotoxicologie, physiologie et comportement)
T. 04 32 72 26 49 - claude.collet@avignon.inra.fr

Didier Crauser (compteurs d'abeilles)
T. 04 32 72 26 59 - didier.crauser@avignon.inra.fr

Jean-Luc Brunet
(toxicologie, marqueurs physiologiques, élevage des mâles)
T. 04 32 72 26 29 - jean-luc.brunet@avignon.inra.fr

Luc Belzunces (écotoxicologie, effet des faibles doses)
T. 04 32 72 26 04 - luc.belzunces@avignon.inra.fr

Mickaël Henry
(paysages, néonicotinoïdes et désorientation)
T. 04 32 72 26 25 - mickael.henry@avignon.inra.fr

Maryline Pioz (épidémiologie)
T. 04 32 72 26 89 - maryline.pioz@paca.inra.fr

Nicolas Morison
(interaction abeilles mellifères - flore : FlorApis)
T. 04 32 72 26 38 - nicolas.morison@avignon.inra.fr

Unité Mixte Technologique Protection des Abeilles dans l'Environnement

Lancé en 2009, ce partenariat qui associe l'Inra, l'Institut de l'abeille (ITSAP), l'Adapi et l'Acta cherche à intégrer les connaissances en termes de protection des abeilles dans les agrosystèmes. Le but : constituer une source d'informations permettant de mieux comprendre le déclin des abeilles et de concevoir des solutions techniques capables de l'enrayer. Solutions techniques qui doivent être assimilables par les utilisateurs afin de contribuer à la protection des pollinisateurs.

CONTACTS : Yves Le Conte (Inra) et **Axel Decourtye** (Acta)
yves.leconte@avignon.inra.fr
axel.decourtye@acta.asso.fr

Unité Expérimentale Entomologie, Le Magneraud, centre Inra Poitou-Charentes

Cette unité Inra cherche à mettre au point des tests pour évaluer les effets des insecticides sur les abeilles, et à étudier la biologie des pollinisateurs dans l'environnement. Les 12 ingénieurs et techniciens de l'unité recherchent les facteurs susceptibles d'influencer la biologie des abeilles en vue d'apporter des améliorations aux pratiques agricoles pour mieux préserver les insectes pollinisateurs. L'unité gère le dispositif Ecobee d'observation des abeilles en milieu ouvert, outil de recherche unique au monde.

DIRECTEUR D'UNITÉ : Pierrick Aupinel
(élevage larvaire *in vitro*, test larvaire, test sur glandes hypopharyngiennes)
T. 05 46 68 30 02 - pierrick.aupinel@magneraud.inra.fr

Dominique Fortini (test larvaire)
T. 05 46 68 30 01 - dominique.fortini@magneraud.inra.fr

Jean-François Odoux (écologie du butinage, CSI Pollen, agriculture et abeilles, Ecobee, extraits de pollen)
T. 05 46 68 30 07 - jean-francois.odoux@magneraud.inra.fr

Santé et agroécologie du vignoble, centre Inra Bordeaux-Aquitaine

Cette unité mixte de recherche Inra-Bordeaux Sciences Agro conduit des recherches sur la compréhension du comportement de chasse du frelon à pattes jaunes et des comportements assurant les régulations sociales au sein de la colonie de frelons. L'objectif appliqué de ces recherches est d'élaborer des méthodes de protection des abeilles sans effets néfastes sur l'environnement, en particulier en développant les pièges de diversion autour des ruches.

DIRECTEUR D'UNITÉ : Denis Thiéry
(éco-éthologie du frelon asiatique à pattes jaunes)
T. 05 57 12 26 18 - Denis.Thiery@bordeaux.inra.fr

Dominique Blancard (application Agiir)
T. 05 57 12 26 08 - Dominique.Blancard@bordeaux.inra.fr

Jean-Marc Armand (chef projet informatique)
T. 05 57 12 26 09 - Jean-Marc.Armand@bordeaux.inra.fr

Olivier Bonnard
(écologie chimique et collecte de nids dans la nature)
T. 05 57 12 26 39 - olivier.bonnard@bordeaux.inra.fr



© Inra - Nicolas Morison

Varroa

• Le Conte Y., Ellis M., Ritter W. (2010). *Varroa* mites and honey bee health: can *Varroa* explain part of the colony losses? *Apidologie*, 41(3): 353-363. DOI: 10.1051/apido/2010017

Utilisation du compteur d'abeilles

• Dussaubat C., Maisonnasse A., Crauser D., Beslay D., Costagliola G., Soubeyrand S., Kretzschmar A., Le Conte Y. (2013) Flight behavior and pheromone changes associated to *Nosema ceranae* infection of honey bee workers (*Apis mellifera*) in field conditions. *Journal of Invertebrate Pathology*, 113: 42-51. DOI: /10.1016/j.jip.2013.01.002

Abeilles sauvages et pollinisation des cultures

• Bartomeus I., Potts S.G., Steffan-Dewenter I., Vaissière B.E., Woyciechowski M., Krewenka K.M., Tscheulin T., Roberts S.P.M., Szentgyörgyi H., Westphal C., Bommarco R. (2014). Contribution of insect pollinators to crop yield and quality varies with agricultural intensification. *PeerJ*, 2:e328 DOI: 10.7717/peerj.328

• Breeze T.D., Vaissière B.E., Bommarco R., Petanidou T., Seraphides N., Haurris M., Kozák L., Scheper J., Biesmeijer J.C., Kleijn D., Gyldekenærne S., Holzschuh A., Steffan-Dewenter I., Stout J., Pärtel M., Zobel M. & Potts S.G. (2014). Mismatch of supply and demand of honeybee pollination services across Europe: Implications for service security. *PLoS ONE*, 9(11): e82996 DOI:10.1371/journal.pone.0082996

Importance de l'activité pollinisatrice des abeilles sur la production agricole

Bommarco R., Marini L., Vaissière B.E. (2012). Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. *Oecologia*, 169: 1025-1032 DOI: 10.1007/s00442-012-2271-6 URBANBEES: www.urbanbees.eu

RESEAU APIFORMES: http://www.reseau-biodiversite.educagri.fr/wakka.php?wiki=Apiforme5

FLORAPIS: www.florapis.org

Nutrition pollinique/qualité/diversité

• Alaux C., Ducloz F., Crauser D., Le Conte Y. (2010). Diet effects on honeybee immunocompetence. *Biology Letters*, 6: 562-565

• Di Pasquale G., Salignon M., Le Conte Y., Belzunces L.P., Decourtye A., Kretzschmar A., Suchail S., Brunet J.L., Alaux C. (2013). Influence of pollen nutrition on honey bee health: Do pollen quality and diversity matter? *PLoS One*, 8(8): e72016

Immunité sociale

• McDonnell C., Alaux C., Parrinello H., Devignes J.P., Crauser D., Durbesson E., Beslay D., Le Conte Y. (2013). Ecto- and endoparasite induce similar chemical and brain neurogenomic responses in the honey bee (*Apis mellifera*). *BMC Ecology*, 13:25

• Alaux C., Kemper N., Le Conte Y. (2012). Brain, physiological and behavioral modulation induced by immune stimulation in honeybees (*Apis mellifera*): a potential mediator of social immunity? *Brain Behavior and Immunity*, 26(7), 1057-1060. DOI: 10.1016/j.bbi.2012.01.004

• Le Conte Y., Alaux C., Martin J.F., Harbo J.R., Harris J.W., Dantec C., Séverac D., Cros-Arteil S., Navajas M. (2011). Social immunity in honey bees (*Apis mellifera*): transcriptome analysis of varroa-hygienic behaviour. *Insect Molecular Biology*, 20:399-408

Nosema

• Dussaubat C., Brunet J.L., Higes M., Colbourne J., Lopez J., Choi J.H., Martin-Hernandez R., Botias C., Cousin M., McDonnell C., Bonnet M., Belzunces L.P., Moritz R.F.A., Le Conte Y., Alaux C. (2012). Gut pathology and responses to the microsporidium *Nosema ceranae* in the honey bee *Apis mellifera*. *PLoS One*, 7(5): e37017

Écotoxicologie, physiologie et comportement

• Kadala A., Charreton M., Jakob I., Le Conte Y., Collet C. (2011). A use-dependent sodium current modification induced by type I pyrethroid insecticides in honeybee antennal olfactory receptor neurons. *Neurotoxicology*, 32: 320-330

• Cens T., Roussel M., Collet C., Raymond V., Demares F., Quintavalle A., Bellis M., Le Conte Y., Chahine M., Charne P. (2013). Characterization of the first honeybee Ca²⁺ channel subunit reveals two novel species- and splicing-specific modes of regulation of channel inactivation. *Pflügers Arch*, 465: 985-996

Élevage des mâles

• Ben Abdelkader F., Kairo G., Tchamitchian S., Cousin M., Senechal J., Crauser D., Vermandere J.P., Alaux C., Le Conte Y., Belzunces L.P., Brunet J.L. (2014). Semen quality of honey bee drones reared to sexual maturity under laboratory, semi-field and fields conditions. *Apidologie*, 45:215-223

Interactions Nosema/pesticides

Alaux C., Brunet J.L., Dussaubat C., Mondet F., Tchamitchian S., Cousin M., Brillard J., Baldy A., Belzunces L.P., Le Conte Y. (2010). Interactions between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). *Environmental Microbiology*, 12(3), 774-782 DOI:10.1111/j.1462-2920.2009.02123.x

• Aufaure J. et al. (2012). Parasite-insecticide interactions: a case study of *Nosema ceranae* and fipronil synergy on honeybee. *Sci. Rep.*, 2, 326; DOI:10.1038/srep00326

• Vidau C., Diogon M., Aufaure J., Fontbonne R., Viguès B., et al. (2011). Exposure to Sublethal Doses of Fipronil and Thiacloprid Highly Increases Mortality of Honeybees Previously Infected by *Nosema ceranae*. *PLoS ONE*, 6(6): e21550. DOI:10.1371/journal.pone.0021550

Pesticides et vol de retour

• Vandame R., Meled M., Colin M.E., Belzunces L. Alteration of the homing-flight in the honey bee *Apis mellifera* L. exposed to sublethal dose of deltamethrin. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol 14, N°5, pp. 855-860, 1995

Pesticides et thermoregulation

• Vandame R., Belzunces L.P. (1998). Joint actions of deltamethrin and azole fungicides on honey bee thermoregulation. *Neuroscience Letters*, 251 57-60

Biomarqueurs

• Badiou A., Meled M., Belzunces L.P. (2008). Honeybee *Apis mellifera* acetylcholinesterase-A biomarker to detect deltamethrin exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 69, 246-253

• Badiou-Bénéteau A., Carvalho S.M., Brunet J.L., Carvalho G. A., Buleté A., Giroud B., Belzunces L. P. (2012). Development of biomarkers of exposure to xenobiotics in the honey bee *Apis mellifera*: Application to the systemic insecticide thiamethoxam. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 82, 22-31

• Badiou-Bénéteau A., Benneveau A., Gélet F., Delatte H., Becker N., Brunet J.L., Reynaud B., Belzunces L.P. (2013). Honeybee biomarkers as promising tools to monitor environmental quality. *Environment International*, 60, 31-41

• Carvalho Stephan M., Belzunces L.P., Carvalho Geraldo A., Brunet J.L., Badiou-Bénéteau A. (2013). Enzymatic biomarkers as tools to assess environmental quality: A case study of exposure of the honeybee *Apis mellifera* to insecticides. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 32, No. 9, pp. 2117-2124

Synergie

• Colin M.E., Belzunces L.P. (1992). Evidence of Synergie between Prochloraz and Deltamethrin in *Apis mellifera* L. *Pestic. Sci.*, 36,115-119

• Meled M., Thrasvoulou A., Belzunces L.P. (1998). Seasonal variations in susceptibility of *Apis mellifera* to the synergistic action of prochloraz and deltamethrin. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 17, No. 12, pp. 2517-2520

Effets à très faibles doses

• Suchail S., Guez D., Belzunces L.P. (2001). Discrepancy between acute and chronic toxicity induced by imidacloprid and its metabolites in *Apis mellifera*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 20, No. 11, pp. 2482-2486

• Cousin M., Silva-Zacarin E., Kretzschmar A., El Maataoui M., Brunet J.L., et al. (2013). Size Changes in Honey Bee Larvae Oenocytes Induced by Exposure to Paraquat at Very Low Concentrations. *PLoS ONE*, 8(5): e65693. DOI:10.1371/journal.pone.0065693

Méthode d'analyse très performante des pesticides

• Paradis D., Bérail G., Bonmatin J.M., Belzunces L.P. (2014). Sensitive analytical methods for 22 relevant insecticides of 3 chemical families in honey by GC-MS/MS and LC-MS/MS. *Anal Bioanal Chem*, 406:621-633 DOI:10.1007/s00216-013-7483-z

Paysage, néonicotinoides et désorientation

Henry M., Beguin M., Requier F., Rollin O., Odoux J.F., Aupinel P., Aptel J., Tchamitchian S., Decourtye A. (2012). A common pesticide decreases foraging success and survival in honeybees. *Science*, 336 (6079), 348-350

• Deguines N., Jono C., Baude M., Henry M., Julliard R., Fontaine C. (2014). Large-scale trade-off between agricultural intensification and crop pollination services. *Front Ecol Environ*, 12(4): 212-217, DOI:10.1890/130054

Élevage larvaire in vitro, test larvaire, test sur glandes hypopharyngiennes

OECD (2013), Essai n° 237 : Essai de toxicité larvaire chez l'abeille domestique (*Apis mellifera*), par exposition unique. Lignes directrices de l'OCDE pour les essais de produits chimiques, Section 2, OECD Publishing. DOI: 10.1787/9789264203754-fr

• Medrzycki P., Giffard H., Aupinel P., Belzunces L.P., Chauzat M.P., Classen C., et al. (2013). Standard methods for toxicology research in *Apis mellifera*. *J Apic Res*, 52(4)

• Crailsheim K., Brodschneider R., Aupinel P., Behrens D., Genersch E., Vollmann J., et al. (2013) Standard methods for artificial rearing of *Apis mellifera* larvae. *J Apic Res*, 52(1)

ECOBEE

• Odoux J.F., Aupinel P., Gateff S., Requier F., Henry M., Bretagnolle V. (2014). ECOBEE: a tool for long-term bee colony monitoring at landscape scale in West European intensive agrosystems. *Journal of Apicultural Research*, 53 (1): 57-66. DOI: 10.3896/IBRA.1.53.1.05

Pollens

• Odoux J.F., Feuillet D., Aupinel P., Loublier Y., Tasei J.N., Mateescu C. (2012). Territorial biodiversity and consequences on physico-chemical characteristics of pollen collected by honey bee colonies. *Apidologie*, 43: 561-575. DOI:10.1007/s13592-012-0125-1

Frelon asiatique

• Monceau K., Bonnard O., Thiéry D. (2014). *Vespa velutina*, a new invasive predator of honeybees in Europe: a review. *Journal of Pest Sciences*, 87, 1-16

Monceau K., Maher N., Bonnard O., Thiéry D. (2013). Predation pressure dynamics study of the recently introduced honeybee killer *Vespa velutina*: learning from the enemy. *Apidologie*, 44, 209-221

Application Agiir

http://ephytia.inra.fr/fr/P/128/Agiir
 https://play.google.com/store/apps/details?id=com.inra.Agiir



Vincent Albouy, Yves Le Conte. Collection Carnets de sciences. 2014, Editions Quæ, 2014, 192 p.



147 rue de l'Université
75338 Paris - Cedex 07
France



Tél. : +33(0)1 42 75 91 86
Fax : +33(0)1 42 75 91 72
inra.fr

