

LA REDÉCOUVERTE D'UN LIEN MILLÉNAIRE

Les champignons aux petits soins pour les abeilles



Les raisons de changer notre regard sur les abeilles et sur leurs difficultés ne manquent pas...

Parmi les quelques-unes évoquées ici, celle de notre méconnaissance des sociétés d'insectes, de leur mode de fonctionnement intime, de leurs interactions bénéfiques avec le milieu. Les liens étroits entre abeille et forêt remontent à la nuit des temps, au point que des synergies insoupçonnées garantissent la vitalité des uns et des autres... C'est là tout un monde secret, mystérieux, que quelques rares esprits ouverts commencent à percevoir et tentent d'explorer, prenant le risque de passer pour de doux illuminés...

L'affection des abeilles pour les mycètes (face cachée du champignon – voir encadré) semble une formidable piste d'espoir sur laquelle Myriam Lefebvre nous entraîne...

UNE INCOMPRÉHENSION DE TROP

Je ne m'y attendais pas. Il y avait un peu de soleil et plus de chaleur en ce jeudi 3 mars 2016. Je suis partie rendre visite à mes abeilles. J'avais en moi la joie intense de retrouver des êtres chers après une longue absence. Elle est retombée bien vite. Sur mes six colonies, seules trois étaient actives. Pour être sûre que cette réalité était vraiment devenue la mienne, j'ai ouvert les ruches : plus aucune abeille vivante. Les moisissures avaient envahi les cadres et les planchers, et les provisions de miel étaient quasi intactes. Pas de doute, elles étaient mortes au début de l'hiver. Je ne comprenais pas. Dans ma région, les hypothèses allaient bon train. Produits toxiques, pesticides, trop de *varroas* ou

de virus ? Étaient-ce les cultures de fin de saison ou les conditions de butinage peu favorables qui avaient perturbé l'hivernage des colonies ? Certains apiculteurs avaient leur petite théorie personnelle mais la majorité d'entre eux était dans le brouillard. Ils ont donc fini, comme les années précédentes, par adhérer au fourre-tout de la thèse du "multifactoriel". C'est rassurant, mais ça ne donne pas de ligne directrice pour agir sur le réel.

SORTIR DU BROUILLARD

J'étais piquée au vif. Cette fois, je voulais comprendre pourquoi des colonies saines à l'hivernage, bien traitées contre la varroase, disparaissaient en quelques mois. Plus fondamentalement, je désirais aider les abeilles à survivre dans

l'environnement d'aujourd'hui toujours plus pollué malgré les grandes campagnes de pub en faveur des abeilles mellifères. Il faut être réaliste : ce n'est pas dans l'immédiat que la situation sanitaire va s'améliorer, le nombre de nouveaux pesticides qui entrent tellement facilement dans l'écosystème ne cessant de grandir. En attendant que les actions de la société civile pour la restauration des écosystèmes, la promotion d'une agriculture respectueuse de la planète et pour le développement de sources d'énergie non polluantes finissent par assainir l'environnement de manière significative, j'avais le sentiment qu'on pouvait déjà agir pour le bien-être des abeilles. Et si on parlait de leurs capacités biologiques propres, celles qu'elles avaient mis tant de soin à développer et qui sont à l'origine du succès de leur espèce ? Parmi ces aptitudes, j'en identifiais deux qui me semblaient pertinentes en rapport aux causes récentes de mortalités des abeilles : le système de détoxification et le système immunitaire.

J'avais trouvé un début de piste.

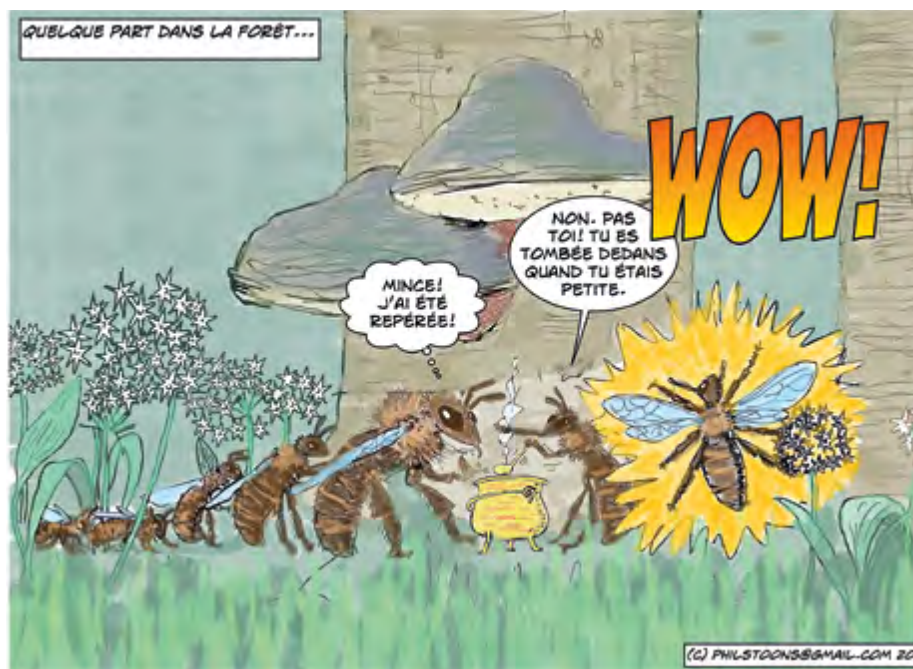
DES ABEILLES CHEZ LES MYCÈTES

Un an plus tard, dans le cadre d'un projet sur les bactéries et les mycètes (voir encadré p. 55), je m'installe bien confortablement pour visionner des petits films sur ces organismes fascinants de complexité et de capacité d'interconnexion. Qui s'intéresse aux mycètes aujourd'hui croise inévitablement la route de Paul Stamets, un mycologue expérimenté dont le charisme a fait le tour de la planète. Une vingtaine de minutes plus tard, je l'entends parler d'abeilles mellifères. Mon attention redouble. Que viennent faire des abeilles dans un exposé sur les myceliums* (voir encadré) ? Paul Stamets dévoile com-

ment il lui a fallu 30 ans pour comprendre le lien vital qui existe entre les abeilles et les myceliums.

L'histoire commence dans son jardin, au printemps 1984. Il y avait installé plusieurs cultures de myceliums dans des bacs d'expérimentation. Tout à coup, son regard est attiré par un petit groupe d'abeilles mellifères qui s'activaient à l'endroit où il avait fait pousser des champignons (voir encadré p. 55) géants, appelés aussi strophaires à anneaux rugueux. Intrigué par le comportement des abeilles, il s'arrête pour les observer. Avec beaucoup de détermination, elles déplacent les petits copeaux de bois posés à la surface des cultures pour les protéger et aspirent des gouttelettes sécrétées par les fils de mycelium. Avec l'enthousiasme du scientifique qui est sûr d'avoir fait une découverte inédite, il les observera butiner les fils de mycelium pendant 40 jours, depuis l'aube jusqu'au coucher du soleil. Il publie ses observations à plusieurs reprises, espérant avoir un succès immédiat. Curieusement, la communauté apicole et les scientifiques des abeilles l'ignorent.

Plus de deux décennies plus tard, Paul Stamets fera des observations qui lui donneront un 2^e indice. Il se déplaçait régulièrement dans une des dernières forêts primaires au nord-ouest des États-Unis pour y suivre le développement des champignons qui poussent sur les troncs des arbres, après que ceux-ci aient été entaillés par les ours. De la famille des basidiomycètes, ces champignons



© Philippe Martin



Les abeilles butinent le mycélium des strophaires à anneaux rugueux.

sont bien connus pour dégrader les pesticides, les herbicides et les fongicides. Lors d'une de ses visites, il verra des abeilles s'activer à la base d'un de ces champignons et récolter de la résine et du suc. Le 3^e indice arrivera via la publication d'un article scientifique sur les propriétés de détoxification du miel. Paul Stamets a le sentiment intérieur qu'il n'est pas loin de la solution. Un matin, encore au lit, il prolonge l'état de semi-éveil pour trouver le lien entre ces 3 indices. Et là, ça y est, un déclic foudroyant lui fait voir la scène entière : les abeilles ont besoin du suc des myceliums pour éliminer les produits toxiques et renforcer leur immunité !

UNE BOMBE, RIEN DE MOINS

Avec l'aide de deux vétérans de la recherche sur l'abeille, les premières expériences en laboratoire sont menées tambour battant. Les sécrétions de trois espèces de champignons sont testées sur des abeilles en cagettes : le reishi rouge, l'amadou et le chaga. Les résultats et leurs implications me laissent sans voix. Paul Stamets et ses collègues ont mis en évidence trois effets très significatifs de la consommation des suc de myceliums : 1) une augmentation de la durée de vie des abeilles ; 2) une diminution de la concentration de produits toxiques dans leur lymphes et, 3) une diminution de

la quantité de virus présents dans les abeilles. Pour ce dernier effet, en fonction de l'espèce de mycélium testé, les abeilles éliminent jusqu'à 90 % des virus et cela en un temps record d'une semaine !

Un questionnement profond m'envahit. Comment des centaines de laboratoires de recherche sur les abeilles mellifères, y compris ceux dont j'ai fait partie, ont-ils pu ne pas voir qu'elles se nourrissaient du suc des myceliums présents dans leur environnement ? À la décharge des scientifiques de l'abeille, la recherche fondamentale en mycologie est restée pendant longtemps très discrète. L'essentiel du financement public et privé a été, et est toujours, consacré à la lutte contre les quelques mycètes ravageurs des récoltes humaines. C'est grâce au charisme et à la motivation d'un petit nombre de chercheurs que le grand public a finalement entendu parler de mycètes et de leur rôle fondamental dans l'évolution de la vie sur notre planète. La tâche des mycologues est loin d'être terminée car, sur les 5 millions d'espèces qu'ils estiment exister, ils n'en ont identifié que 130 000 !

RETOUR SUR LES DÉFENSES NATURELLES DES ABEILLES

Revenons à la découverte magistrale de Paul Stamets et de son équipe : les sécrétions de mycéliums font partie de l'alimentation des abeilles et sont tout aussi indispensables au maintien de leur survie et de leur bonne santé que le pollen et le miel. Que ce comportement soit aussi vieux que la présence des abeilles sur la planète est une hypothèse plausible bien que pas encore étudiée. En effet, une grande partie de l'évolution des colonies d'abeilles mellifères a eu lieu dans l'écosystème forestier. On l'oublie trop souvent. On ne connaît rien des premières interactions entre les abeilles et les myceliums mais il serait étonnant que ces insectes, qui ont passé des centaines de milliers d'années à rechercher des gouttelettes de nectar, d'eau, de miellat ou les sécrétions des bourgeons des arbres, soient passé à côté d'une source de nourriture présente sous la même forme, des gouttelettes, et extrêmement bénéfique à la santé de la colonie. Comprendre le succès écologique des abeilles mellifères invite à explorer le fonctionnement de leur système immunitaire. Au cours de l'évolution, elles ont d'abord développé une immunité individuelle, ensuite une immunité sociale. L'immunité individuelle s'exprime au travers de deux

mécanismes. Dans le 1^{er}, elles produisent des cellules sanguines qui, en circulant librement dans la lymphe, phagocytent les envahisseurs étrangers. Comme 2^e mécanisme, elles sécrètent dans la cavité interne de petits composés toxiques qui tuent les micro-organismes qui s'y sont infiltrés. Progressivement, les abeilles mellifères forment des colonies de plus en plus peuplées qui nécessitent d'autres mécanismes de protection. Le tapissage du nid par la propolis en est un exemple, laissons-les donc propoliser abondamment ! Les transformations complexes du nectar en miel, du pollen en pain d'abeille ou en gelée royale participent aussi à une bonne immunité de toute la colonie. Quand les abeilles expulsent, parfois de manière très déterminée, les débris, les larves ou des individus malades, elles empêchent aussi les micro-organismes pathogènes de se développer. Enfin, le comportement d'agressivité, que les humains essaient par tous les moyens d'adoucir, participe également à la défense des colonies contre les envahisseurs. L'éliminer complètement du patrimoine génétique des abeilles mellifères peut les exposer à des risques futurs qu'on ne soupçonne pas actuellement. Tous ces mécanismes de défense développés par les abeilles au cours de leur évolution ont contribué à faire prospérer l'espèce jusqu'à la fin du xx^e siècle sans aucun problème. Puis, en quelques années, les colonies se sont effondrées un peu partout en Europe et aux États-Unis. Actuellement, face à la récurrence de ces mortalités et affaiblissements de colonies, les autorités sanitaires, impuissantes à apporter la moindre solution à long terme, préfèrent parler de "surmortalité". Comment expliquer qu'une espèce si prospère en soit venue à être menacée d'extinction en moins de 30 ans ? Dans un premier temps, l'arrivée des *varroas* dans toutes les ruches d'Europe a décimé les ruchers et a obligé les apiculteurs à recourir à un ou plusieurs traitements acaricides annuels pour éliminer ces parasites et leurs virus associés. Très rapidement des résidus toxiques se sont accumulés dans les cires, créant des problèmes sanitaires supplémentaires pour les larves et les jeunes abeilles. Aujourd'hui, tout le monde sait ça. Par contre, ce qu'on sait beaucoup moins, c'est que la présence permanente d'acaricides au creux du nid des abeilles va solliciter leur système de détoxification 24 heures sur 24, créant un grand stress physiologique. Quelques années après l'arrivée des *varroas*, une deuxième grande vague toxique va s'abattre sur tous les ruchers d'Europe via une nou-

velle génération de pesticides : les néonicotinoïdes. Par conséquent, des abeilles, souvent déjà affaiblies par la varroase et les produits de traitements associés, vont ramener à la ruche une dose supplémentaire de pesticides présents dans le nectar et le pollen des fleurs butinées. L'affaiblissement, la maladie ou la mort de la colonie ou d'une partie de celle-ci sont les conséquences directes de ces empoisonnements répétés. Malheureusement, l'immunité que les abeilles avaient développée durant des centaines de milliers d'années ne les avait pas préparées à une overdose de produits toxiques. Les travaux récents de la professeure Mary Berenbaum, de l'université de l'Illinois, vont nous éclairer sur cette inadaptation immunitaire des abeilles à l'environnement actuel. Mais surtout, ils nous donnent des clés pour comprendre les effets bénéfiques rapides des extraits de mycelium.

LE P-450, UN SYSTÈME ENZYMATIQUE INCONTOURNABLE

L'équipe de Mary Berenbaum est en charge depuis 10 ans de trouver les causes du CCD (*Colony Collapse Disorder*), l'effondrement massif et répété année après année de centaines de milliers de colonies d'abeilles aux États-Unis. La partie de son travail qui est pertinente dans la compréhension des effets positifs des sucres de mycelium concerne le mode d'action physiologique des produits toxiques. Pour aller à l'essentiel, quand des produits toxiques arrivent dans le corps des abeilles, ils perturbent leur santé de trois manières différentes :

Les trous d'aération de l'entrée de la ruche sont progressivement bouchés par de la propolis pour lutter contre les microbes et éliminer les courants d'air.



© Myriam Lefebvre

- 1) en bloquant le système de détoxification ;
- 2) en ralentissant les processus de l'immunité et
- 3) en les empêchant de digérer le pollen, ce qui les rend bien sûr immédiatement malades.

Le chef d'orchestre du maintien de la santé de l'abeille est un système enzymatique très complexe, appelé P-450, qui existe sous des versions différentes dans tout le règne animal y compris chez les humains. Il en existe 3 classes chez les abeilles mais, par souci de clarté, ils ne seront pas détaillés dans cet article. C'est donc un système robuste, qui a eu le temps de faire ses preuves pour des modes de vies très variés dans tous les écosystèmes de la planète. Le système P-450 assure la biotransformation et la détoxification des composés toxiques. Il régule aussi le bon fonctionnement de l'immunité.

L'ACIDE COUMARIQUE COMME CARBURANT

Chez les abeilles, la présence d'acide coumarique est fondamentale pour faire fonctionner le système P-450. Cette molécule est présente dans un grand nombre de plantes, ainsi que dans la paroi des grains de pollen. Sa concentration augmente donc de manière significative dans le corps de l'abeille suite à la digestion du pollen par des champignons bénéfiques dans la fabrication du pain d'abeilles par

exemple. L'acide coumarique se retrouve aussi dans le miel, ce qui fait dire à Mary Berenbaum que si nous voulons que nos abeilles survivent aux agressions chimiques actuelles, celles-ci doivent consommer exclusivement du miel. Parfois il faut repasser par les laboratoires pour découvrir une évidence !

Quatre types de problèmes (voir développement dans encadré ci-dessous) vont enrayer le bon fonctionnement du système P-450, mettant à mal la capacité des abeilles mellifères à se maintenir en bonne santé.

- 1) Blocage du système P-450 par les pesticides.
- 2) Synergie toxique des acaricides
- 3) Perturbation de la digestion de l'abeille par les produits toxiques.
- 4) Haute-toxicité des fongicides qui inhibent le système de détoxification, agissent en synergie avec les autres pesticides et perturbent la digestion des abeilles.

LA BOUCLE EST BOUCLÉE

C'est dans ce contexte de toxicité environnementale chronique qu'il faut comprendre l'importance des travaux de Paul Stamets. Les premiers résultats publiés par son équipe montrent que c'est la présence d'acide coumarique dans les sucs des myceliums qui sont à l'origine des effets bénéfiques de ces der-

L'EFFET COCKTAIL DES PESTICIDES, COMMENT ÇA MARCHE ?

- 1) Quand les pesticides (acaricides, fongicides, herbicides et insecticides) arrivent dans le corps des abeilles, ils vont rapidement bloquer ou ralentir le système enzymatique P-450 en prenant la place de l'acide coumarique. Par conséquent, les abeilles se retrouvent non seulement dans l'impossibilité de se détoxifier, c'est-à-dire à se débarrasser de fipronil ou de l'amitraz par exemple, mais aussi d'éliminer les virus associés aux *varroas*. Une diète riche en acide coumarique peut faire pencher l'équilibre vers la santé.
- 2) Certains acaricides agissent en synergie. Par exemple, aux États-Unis les résidus de tau-fluvalinate (Apistan) coexistent fréquemment dans les cires avec les résidus de coumaphos. Arrivés dans le corps de l'abeille, la présence d'un des acaricides va freiner la détoxification de l'autre.
- 3) Le 3^e problème est encore plus préoccupant : les produits toxiques interfèrent avec la digestion et le biote de l'abeille. Un exemple très utile à connaître pour les accompagnateurs d'abeilles est celui de la quercétine. Présente en abondance dans le nectar et le pollen, la quercétine est indispensable à la production d'ATP, "la" molécule par excellence qui donne de l'énergie là où le corps des abeilles en a besoin. Or, pas de chance pour celles-ci, les acaricides vont occuper sur le système enzymatique P-450 le même site actif que celui de la quercétine ! Pire encore, si les abeilles sont en contact avec des fongicides (toutes marques confondues), on retrouve très peu de molécules d'ATP dans les muscles thoraciques des abeilles, ce qui les rend inaptes à voler.
- 4) Les fongicides se révèlent être hautement toxiques pour les abeilles et cela de 3 manières différentes. Ils inhibent le système de détoxification des abeilles, ils agissent en synergie avec les autres pesticides c'est-à-dire qu'ils amplifient la toxicité de ces pesticides et, cerise sur le gâteau, ils bloquent la digestion de la quercétine qui s'accumule alors dans l'hémolymphe de l'abeille.

niers sur la santé des abeilles. Les sucres de mycéliums agissent donc sur l'immunité et le système de détoxification des abeilles. Est-ce le seul composé actif ? Certainement pas. C'est celui qui a été identifié car on sait qu'il est essentiel pour les abeilles. Il est très probable qu'il y ait dans le suc des mycéliums un ensemble de composés actifs, différents pour chaque espèce, qui soient tout aussi indispensables à la santé des abeilles que l'acide coumarique.

AGIR POUR AIDER NOS ABEILLES À SURVIVRE

En découvrant l'existence d'un lien thérapeutique entre les abeilles et les champignons, Paul Stamets n'a fait que soulever une partie du voile. Il reste pas mal de questions sans réponses. Par exemple, quel est le nombre d'espèces de champignons butinées par les abeilles dans chaque écosystème, quelle est la quantité de suc que les butineuses ramènent à la ruche et où le stockent-elles ? Si c'est dans les cellules à miel, cela ne le rendrait que plus précieux pour les abeilles ! Au-delà de l'intérêt immense pour la santé et la survie des abeilles, les travaux de Paul Stamets et de Mary Berenbaum remettent la responsabilité de la santé des abeilles entre les mains des apicultrices et des apiculteurs. Il n'y a plus aucun doute que non seulement nos abeilles ont besoin de cires libres de tout produit toxique mais aussi d'une seule diète : leur propre miel. C'est ce que nous pouvons faire dès aujourd'hui pour les aider à survivre dans le monde de demain.

BONUS : MYCOBEEES, UN PROJET DE SCIENCE CITOYENNE

Ayant trouvé une piste solide pour aider les abeilles à se maintenir en bonne santé, il fallait agir rapidement. Avec l'aide de deux collègues, Mycobees, un projet de science citoyenne a été lancé fin juin 2018. Mycobees vise à tester les expériences de laboratoire de l'équipe de Paul Stamets directement sur le terrain, c'est-à-dire sur des colonies d'abeilles entières. C'est un projet de science citoyenne dans la mesure où les expériences sont menées par des passionnés d'abeilles, volontaires, capables de faire des observations pertinentes, de suivre un protocole scientifique et d'analyser les changements de comportement et/ou de santé suite à un traitement.

>> À SUIVRE

dans le n°2 d'Abeilles en liberté

MYCÈTE OR NOT MYCÈTE ?

Les champignons ne sont ni des animaux ni des plantes, ils constituent un règne à part qui accueille aussi les levures et les lichens. Ils se composent du mycélium qui est l'appareil végétatif de l'organisme, c'est-à-dire celle qui assure toutes les fonctions sauf celles de reproduction. Le mycélium est lui-même composé d'un ensemble de filaments blancs, plus ou moins ramifiés, appelés hyphes. Ce mycélium végétatif va produire un champignon dit "aérien", le champignon, appelé aussi sporophore, qui est chargé de la production et de la maturation des spores issus d'une reproduction sexuée ou asexuée. Les champignons assurent une fonction tellement essentielle sur notre planète, que sans eux il n'y aurait pas de sols et donc pas de vie terrestre ! Pendant des centaines de millions d'années, ils vont en quelque sorte digérer la pierre. Par la sécrétion continue d'enzymes et d'acides, les hyphes s'introduisent à l'intérieur des roches et la dissolvent lentement. Petit à petit, du sol friable s'accumule et attire d'autres micro-organismes qui vont, tout aussi lentement, complexifier la qualité de ces sols.

Ensuite les champignons vont aider les plantes à sortir de l'eau et à conquérir la terre ferme. Les champignons transfèrent aux plantes des éléments nutritifs auxquels elles n'avaient pas accès et, en retour, les plantes leur fournissent des sucres et des molécules de carbone. Peu à peu, les plantes augmentent considérablement de taille et développent toutes les grandes forêts de la planète, ce qui, en retour, modifiera la composition de l'atmosphère terrestre. Aujourd'hui, plus de 90 % des plantes terrestres sont associées aux champignons. Elles ne pourraient pas vivre sans eux. Ces derniers ont fini par développer un vaste réseau souterrain d'échanges et de communication entre eux et entre les plantes parfois sur des centaines d'hectares. Le plus grand organisme au monde est un champignon qui vit dans le sol de l'Oregon aux US. Il est âgé de 2000 ans et couvre une surface de 1 100 hectares.

Une abeille sur phacélie.



© Myriam Lefèvre