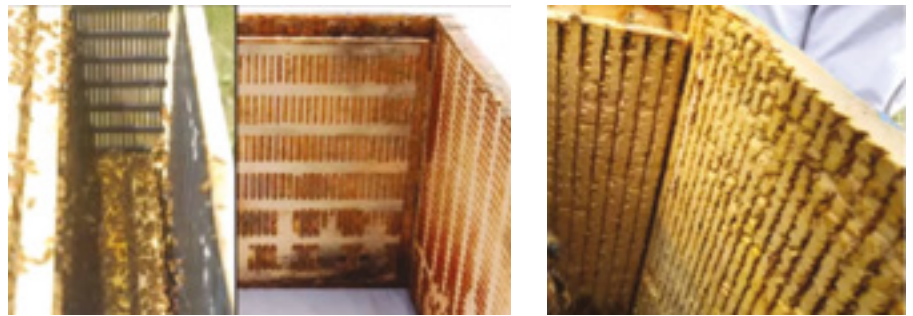


Propolis, source d'immunité pour les abeilles

La propolis est un produit que les apiculteurs considèrent le plus souvent comme une gêne au travail et dont ils cherchent à se débarrasser. Pourtant, si l'abeille dépense tant d'énergie à la collecter, c'est qu'elle en tire certainement un avantage. Marla Spivak et des chercheurs de son équipe à l'USDA aux USA analysent depuis une dizaine d'années l'impact de la propolis sur le système immunitaire des abeilles et leurs résultats sont si intéressants qu'ils devraient modifier notre conduite apicole. Voici une brève compilation de leurs travaux qu'ils (M. Spivak, M. Simone-Finstrom, M. Goblirsch, M. Shanahan) ont présenté lors du récent congrès sur la propolis organisé par l'IPRG (International Propolis Research Group) ce 28 mai.

Les abeilles domestiques s'appuient sur des défenses comportementales collectives qui produisent des caractéristiques (phénotype) qui vont favoriser l'immunité de la colonie, son immunité sociale, qui à son tour va avoir un impact sur la réponse immunitaire des individus. La collecte et le dépôt de propolis dans le nid font partie de cette défense comportementale complexe.



Une enveloppe de propolis

A l'état naturel, les abeilles enveloppent leur nid de propolis. Ce phénomène s'observe facilement dans les cavités des arbres qu'elles occupent. Elles collectent de grandes quantités de résines végétales antimicrobiennes et les déposent sous la forme d'une fine couche continue (0,3 à 0,5 mm) [Simon et al 2010] recouvrant les parois intérieures rugueuses de la cavité du nid que nous appellerons ici « enveloppe de propolis ». Elles en rajoutent constamment lors du développement de la colonie. La présence de stries dans les parois (1,6 mm) [Bankova 2019] va en stimuler la récolte par les abeilles. Dans la pratique apicole, les apiculteurs ont tout fait pour réduire cette couche de résine. Les ruches aux parois très lisses ne stimulent pas la récolte de cette résine. Le rainurage ou la pose d'une grille sur les parois de la ruche va stimuler la récolte de propolis (voir photo ci-dessus) [Borba et al 2015].

On sait depuis plusieurs années qu'une telle enveloppe de propolis présente des avantages pour la santé de la colonie et sa résistance aux maladies.

L'équipe de chercheurs de l'USDA a favorisé la mise en place d'une enveloppe en plaçant temporairement le long des parois des grilles à propolis. On peut voir que la quantité de propolis récoltée augmente au fil du temps dans celles où cette récolte était favorisée (Fig. 1) [Simone 2021].

Afin de mieux cerner l'effet de cette enveloppe sur des colonies de production, les chercheurs ont suivi le développement et la survie de ces colonies, leur production, leur charge en pathogènes et parasites, et l'impact sur l'activité du système immunitaire, les niveaux de virus et de protéines de stockage (vitellogénine) des abeilles individuelles au cours d'une année.

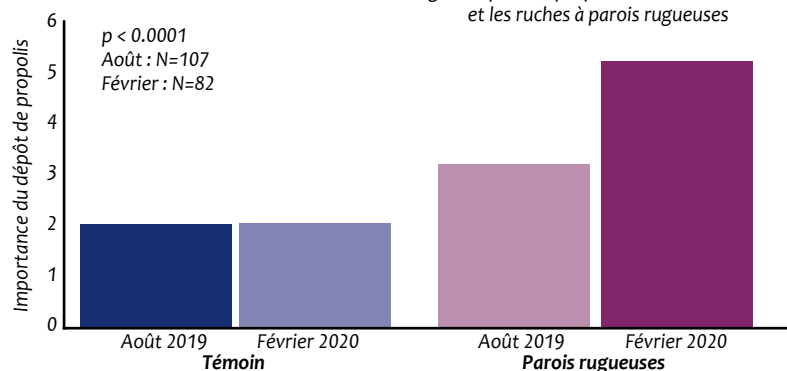
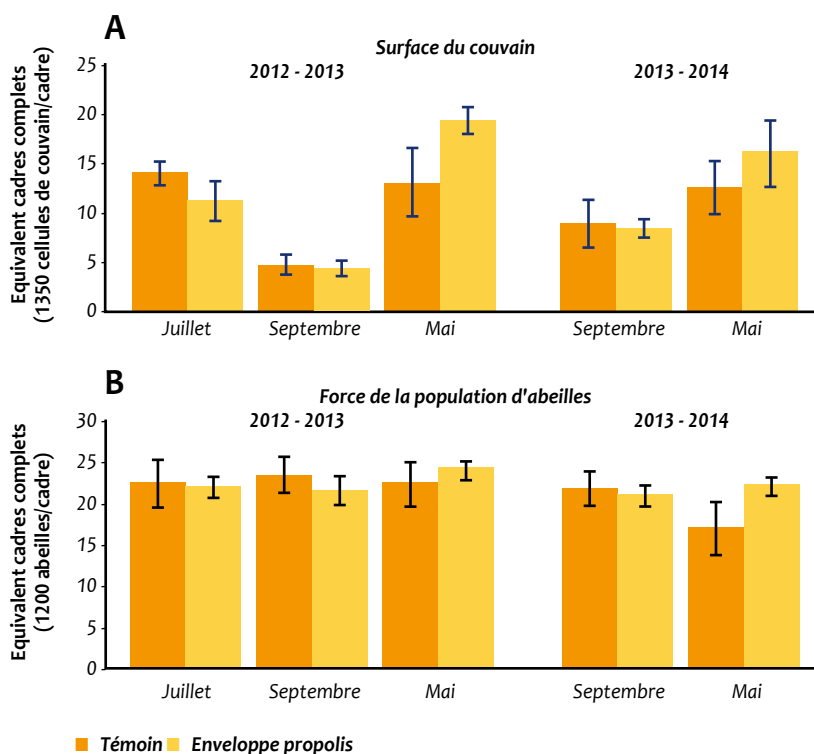


Fig. 1 Dépôts de propolis sur les ruches témoins et les ruches à parois rugueuses

Fig. 2 : Impact de l'enveloppe de propolis sur la surface de couvain et la taille de la colonie



La force de la colonie.

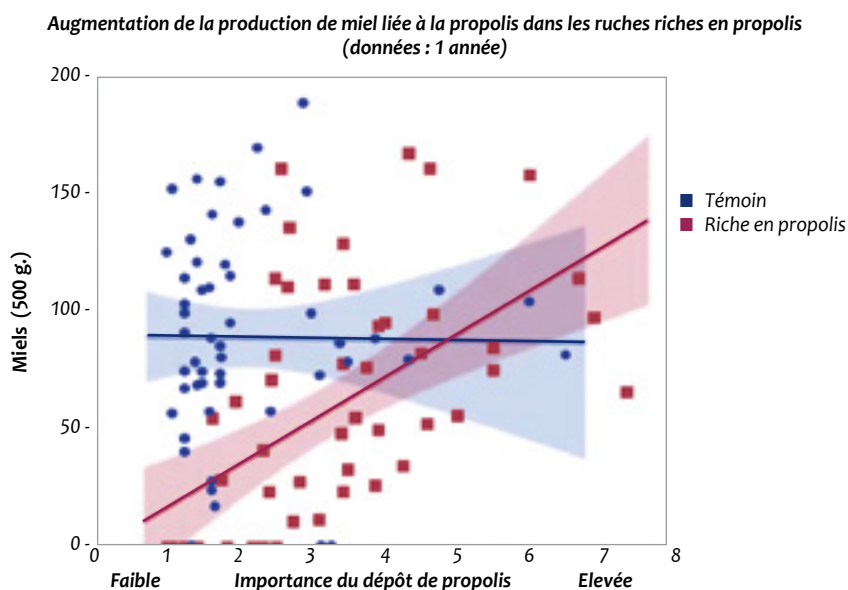
La présence d'une enveloppe de propolis favorise la force de la colonie au début du printemps. Les moyennes (\pm s.e.m.) des équivalents cadre entier sont indiquées pour (A) la taille de la population de couvain (1350 cellules de couvain ouvrier/cadre) et (B) la taille de la population d'abeilles adultes (1200 abeilles adultes/cadre), pour les mois de juillet 2012 (N=19 colonies), septembre 2012 (N=17 colonies), mai 2013 (N=14 colonies), septembre 2013 (N=24 colonies) et mai 2014 (N=16 colonies). Les différences significatives entre les colonies témoins et les colonies traitées par l'enveloppe de propolis sont indiquées par un astérisque (* $P < 0,05$) [Borba et al 6].

de la propolis malgré une infestation par *Varroa destructor* similaire [Drescher et al 2017]. D'autres publications mentionnent que des colonies enveloppées de propolis soumises à une pression pathogène expérimentale, présentaient moins de signes cliniques de la loque américaine [Borba, Spivak 2017] et du couvain plâtré [Simone, Spivak 2010] que les colonies sans enveloppe de propolis. Dans ce dernier cas, lorsque des colonies ont été infectées artificiellement avec l'ascosphérose, le nombre de butineuses à propolis a augmenté, ce qui laisse entendre une certaine automédication par les abeilles avec les résines végétales [Simone et Spivak 2012]. Cela peut également se produire face à une infection de varroas et de ses virus associés [Simone et al 2017].

La publication de Borba et Spivak [2017] montre clairement que l'activité antimicrobienne de la nourriture des larves est plus élevée dans les colonies avec une enveloppe de propolis par rapport aux colonies sans enveloppe, réduisant de ce fait les signes cliniques de loque américaine deux mois après une contamination artificielle (Fig. 4).

Lors de l'essai de terrain, l'effet principal de l'enveloppe de propolis a été de réduire et d'uniformiser l'expression de base des gènes immunitaires (hyménoptacine, abaecine, defensine-1, defensine-2 et relish) chez les abeilles pendant les mois d'été et d'automne de chaque année. La fonction la plus importante de l'enveloppe de propolis peut ainsi être la modulation de l'activité coûteuse du système immunitaire en agissant directement sur lui, réduisant le besoin des abeilles d'activer la production physiologiquement coûteuse de réponses immunitaires humorales (réponses par production d'anticorps) [Borba et al 2015].

Fig. 3 : Impact de la propolis sur la production de miel



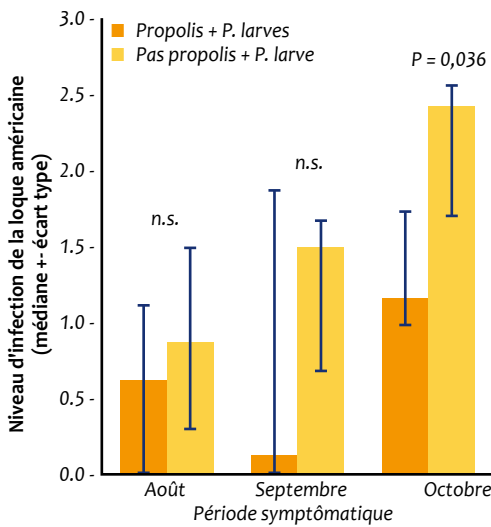
Les colonies avec une enveloppe de propolis naturelle avaient une force et des niveaux de vitellogénine plus élevés après avoir survécu à l'hiver, bien que l'activité biologique de la propolis ait diminué au cours de l'hiver (Fig. 2) [Borba et al 2015].

Ils ont également constaté qu'il existe une liaison entre la moyenne des productions de miel des colonies et la quantité

de propolis déposée par les abeilles dans la ruche (Fig. 3) [Simone 2021].

Lors de l'essai en champs, aucune différence significative n'a été trouvée au niveau des virus (DWV, IAPV, BQCV), des pathogènes (*Nosema* sp) et parasites (*Varroa*). Par contre, une équipe germano-suisse, dans un autre test, a observé un niveau de virus des ailes déformées (DWV) plus réduit dans les colonies avec

Fig. 4 : Niveau d'infection de loque américaine dans des colonies avec et sans enveloppe de propolis



Les niveaux de gravité globale (0 = 0 cellule dans le rayon contenant des signes de BAAR (bacilles acido-alcoolo-résistants); 1 = 1-5 cellules; 2 = 6-25 cellules; et 3 = ≥ 26 cellules par rayon) ont été comparés entre les colonies contaminées avec et sans enveloppe de propolis à l'aide du test U de Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$). Trois colonies contaminées sur cinq avec une enveloppe de propolis et quatre colonies contaminées sur cinq sans enveloppe de propolis ont montré des signes d'infection par la loque Américaine en août et en septembre. Toutes en présentaient en octobre.

On peut donc dire que la présence de propolis dans la colonie est corrélée ou associée à une augmentation : de la force de la colonie, des niveaux de vitellogénine, de l'activité antimicrobienne de la nourriture des larves, de la longévité des abeilles adultes, des taux de survie du couvain, du comportement hygiénique et de la production de miel [Borba et al 2015].

L'immunité individuelle de l'abeille

Vu que les colonies avec une enveloppe de propolis peuvent se permettre d'investir moins dans la fonction immunitaire des abeilles individuelles, l'équipe de Marla Spivak a émis l'hypothèse que la propolis réduisait la quantité de bactéries opportunistes et/ou pathogènes dans le nid, ce qui réduirait ensuite la nécessité pour les abeilles d'activer le système immunitaire physiologiquement coûteux [Evan et Pettis 2005]. Récemment, le séquençage du microbiome d'abeilles [Borba et al 2015] a révélé qu'une enveloppe de propolis modifie de manière significative la présence de plusieurs membres clés du microbiome intestinal (anciennement appelé micro-

flore intestinale) et réduit sa diversité microbienne. Cela suggère que la propolis peut favoriser un microbiome intestinal sain [Saelao et al 2020].

Une étude a permis de constater que la propolis semble maintenir une composition stable de la communauté microbienne et réduit la diversité taxonomique (nombre d'espèces) globale du microbiome de l'abeille. Plusieurs membres clés du microbiote intestinal ont été significativement modifiés en absence de propolis, ce qui suggère que celle-ci peut jouer un rôle important dans le maintien d'une abondance et d'une composition favorables des symbiotes intestinaux. Globalement, ces résultats suggèrent que la propolis peut aider à maintenir la santé microbienne des colonies d'abeilles en limitant les changements de la communauté microbienne globale.

Cependant, peu de choses sont connues sur la façon dont la propolis peut interagir avec les symbiotes microbiens de l'abeille (organismes associés à l'abeille) et si la propolis modifie la structure de la communauté microbienne. Les recherches ont examiné la composition de la communauté microbienne des abeilles mellifères dans des environnements riches en propolis et pauvres en propolis. Les abeilles collectées dans des environnements enrichis en propolis ont montré qu'elles abritaient moins de bactéries [Simone et al 2009, Borba et al 2015]. Le microbiote des abeilles mellifères des

colonies riches en propolis était plus proche en termes de composition taxonomique que celui des colonies pauvres en propolis. Les chercheurs [Saelao et al 2020] ont constaté une plus grande diversité taxonomique du microbiote des abeilles mellifères dans les colonies pauvres en propolis (Fig. 5). De plus, plusieurs groupes bactériens présentaient des abondances relatives différentes en fonction de la quantité de propolis dans les colonies (Fig. 6). Ils en déduisent que la propolis peut soutenir la régulation du microbiote de la colonie en maintenant une communauté microbienne stable ou homéostatique (phénomène par lequel un facteur clé est maintenu autour d'une valeur bénéfique pour le système considéré, grâce à un processus de régulation). Ces résultats fournissent un aperçu intéressant et nouveau et suggèrent un mécanisme supplémentaire par lequel la propolis peut contribuer à la santé globale de la colonie.

Fig 6 : Effet stabilisant sur le Microbiome

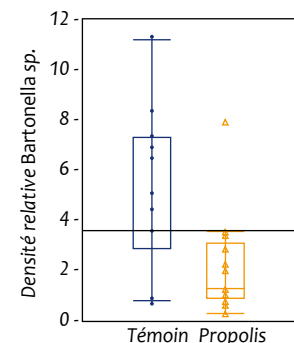
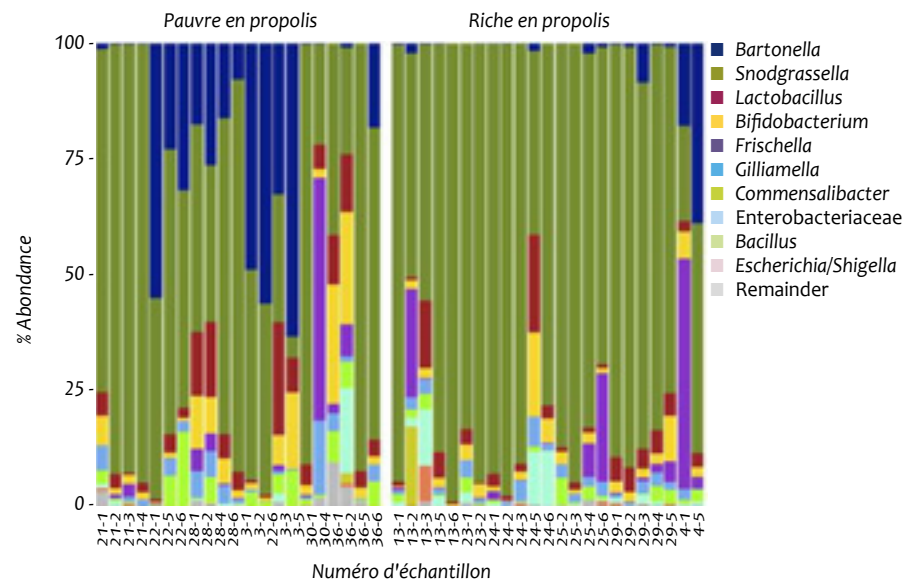


Fig 5 : Composition taxonomique des communautés microbiennes de colonies riches et pauvres en propolis.



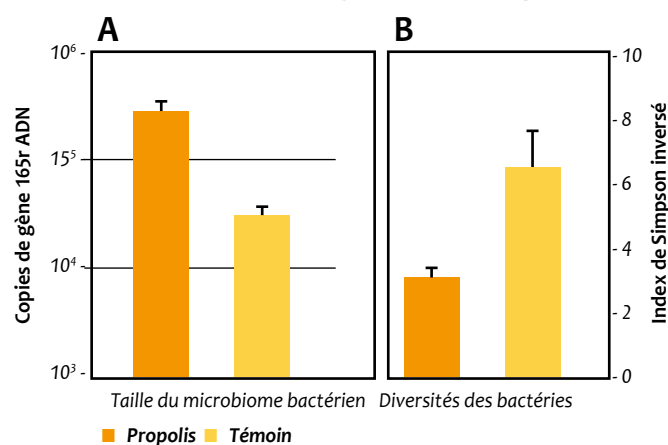


Propolis et pièces buccales

Comme les pièces buccales des abeilles sont utilisées pour collecter et stocker le nectar et le pollen, pour le toilettage et la trophallaxie entre adultes, pour l'alimentation des larves et le nettoyage de la colonie, elles sont une interface importante entre l'environnement externe et interne des abeilles et servent de voie de transmission des bactéries intestinales et des agents pathogènes. Le microbiome de la partie buccale est prédictif d'un déséquilibre dans l'ensemble de l'intestin de l'organisme avec des conséquences possibles sur la protection contre les opportunistes, l'adhésion et colonisation de l'hôte, la régulation du système immunitaire et des hormones et le métabolisme enrichi des sucres complexes et toxiques. Ainsi, une modification du microbiome des pièces buccales qui entrent directement en contact avec la propolis pendant la collecte et l'application de la résine, peut être un indicateur fiable de la santé de l'abeille.

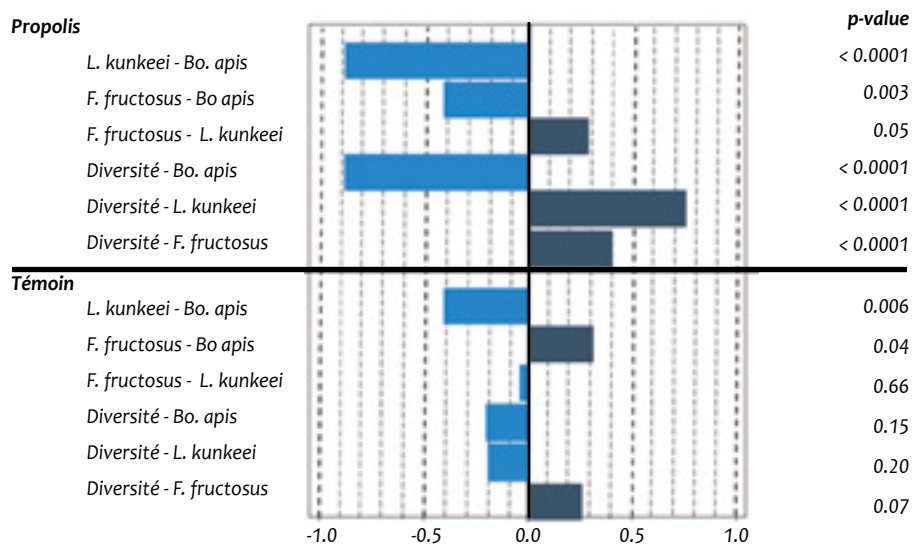
De ce fait, il était utile de vérifier si la présence d'une enveloppe de propolis dans les colonies de terrain modifie la diversité et l'abondance des bactéries dans le microbiome des parties buccales des abeilles. C'est ce qu'a fait une équipe américaine de chercheurs [Dalenberg et al 2020]. Ils ont constaté que la présence d'une enveloppe de propolis dans la cavité du nid modifie de manière significative l'abondance et la diversité des bactéries présentes sur les pièces buccales des abeilles (Fig. 7 et 8). Dans les colonies enveloppées de propolis, la langue des abeilles ouvrières avait une abondance bactérienne plus élevée mais une diversité bactérienne plus faible, par rapport aux colonies témoins.

Fig. 7 : Abondance (A) et diversité (B) bactériennes [Dalenberg et al 2020].



Le traitement à la propolis a augmenté l'abondance bactérienne mais a réduit la diversité bactérienne dans les pièces buccales des abeilles ouvrières. Les moustaches représentent l'erreur standard de la moyenne. (A) Le nombre total de copies du gène eubactérien 16S rRNA était significativement plus élevé sur les pièces buccales des abeilles ouvrières dans les colonies avec une enveloppe de propolis que sur celles des abeilles dans les colonies sans enveloppe de propolis. (B) L'indice inverse de Simpson était significativement plus faible sur les pièces buccales des abeilles ouvrières dans les colonies avec une enveloppe de propolis comparé aux pièces buccales des abeilles ouvrières dans les colonies sans enveloppe de propolis.

Fig. 8 : Abondance absolue des unités taxonomiques opérationnelles (OTUs) et diversité du microbiome [Dalenberg et al 2020].



Les corrélations de Spearman comparant les traitements, l'abondance absolue des unités taxonomiques opérationnelles (OTUs) et la diversité du microbiome. Les traitements sont la propolis et le contrôle (pas de propolis). Les corrélations d'espèces par paire dépeignent une association positive (gris foncé) ou négative (bleu) entre l'abondance absolue de chaque espèce. La diversité du microbiome des pièces buccales est calculée comme l'inverse de Simpson, qui augmente avec les valeurs numériques. Par conséquent, les corrélations positives entre espèces et la diversité (en gris foncé) représentent une plus grande abondance absolue d'espèces associée à diversité buccale accrue. Les corrélations négatives (en bleu) décrivent une plus faible abondance absolue des espèces associée à une plus grande diversité des parties buccales.

La propolis a changé de manière significative la structure de la communauté du microbiome des pièces buccales, réduisant diverses bactéries potentiellement pathogènes et favorisant la prolifération de bactéries commensales et bénéfiques sur les pièces buccales des abeilles.

Cela indique que la propolis agit comme un agent sélectif atténuant la structure et la taille de ce microbiome. Tant l'augmentation de la taille du microbiome que l'augmentation de la croissance de la bactérie dominante présente sur les pièces buccales sont liées avec l'ajout de la propolis. Ceci suggère que ces deux facteurs travaillent de concert pour promouvoir un environnement hygiénique de la ruche.

Ce constat montre un autre moyen par lequel la propolis peut améliorer la santé de la colonie. Plus concrètement, la propolis permet de modifier le microbiome de la colonie, en favorisant les bactéries bénéfiques ou commensales qui vont surpasser les bactéries potentiellement pathogènes.

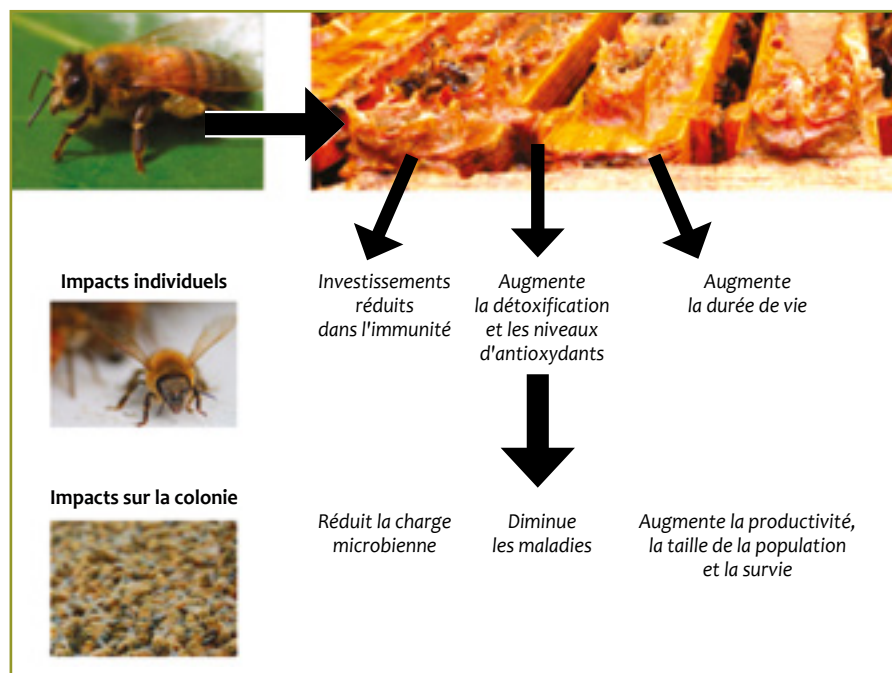
Le microbiome des pièces buccales constitue une première ligne de défense contre les bactéries et les champignons opportunistes et pathogènes pour les abeilles, et cet effet peut être renforcé lorsque les abeilles sont exposées à une enveloppe de propolis dans la cavité du nid.

Tout ceci illustre clairement l'importance de la propolis dans la colonie. La figure 9 résume bien les bienfaits qu'elle peut constituer pour une colonie.

La propolis joue autant au niveau individuel en diminuant l'investissement lié à l'immunité, en augmentant les niveaux de détoxification et d'antioxydants et en augmentant la durée de vie des abeilles qu'au niveau de la colonie, l'enveloppe de propolis réduisant la charge microbienne et les maladies et augmentant la productivité, la taille de la population et la survie de la colonie.

Tout ceci devrait nous inciter à maintenir ou plutôt à stimuler dans nos ruches la présence d'une enveloppe de propolis et surtout, à ne plus tout faire pour en limiter la présence.

Fig. 9 : Schéma général de l'impact de la récolte d'extraits végétaux par les abeilles sur leur santé individuelle et au niveau de la colonie [Simone et al 2017].



Références

Bankova V, Bertelli D, Renata Borba R, Conti B, Barbosa da Silva Cunha I, Danert C, Nogueira Eberlin M, I Falcão S, Isla M, Nieva Moreno M, Papotti G, Popova M, Basso Santiago K, Salas A, Frankland Sawaya A, Vilczaki Schwab N, Sforzin J, Simone-Finstrom M, Spivak M, Trusheva B, Vilas-Boas M, Wilson M, Zampini C. Standard methods for *Apis mellifera* propolis research, *Journal of Apicultural Research*, 2019 58:2, 1-49, DOI: 10.1080/00218839.2016.1222661

Borba RS, Klyczek KK, Mogen KL, Spivak M. 2015 Seasonal benefits of a natural propolis envelope to honey bee immunity and colony health. *J. Exp. Biol.* 218(Pt 22), 3689-3699. (doi:10.1242/jeb.127324)

Borba R.S, Spivak M. 2017 Propolis envelope in *Apis mellifera* colonies supports honey bees against the pathogen, *Paenibacillus* larvae. *Sci. Rep.* 2017, 7, 11429.

Dalenberg H., Maes P., Mott B., Anderson K.E., Spivak M. Propolis envelope promotes beneficial bacteria in the honey bee (*Apis mellifera*) mouthpart microbiome. *Insects*. 2020;11:453. doi: 10.3390/insects11070453.

Drescher N, Klein A-M, Neumann P, Yañez O, Leonhardt SD. 2017 Inside Honeybee Hives: Impact of Natural Propolis on the Ectoparasitic Mite *Varroa destructor* and Viruses. *Insects* 2017, 8, 15.

Evans J.D, Pettis J.S. 2005 Colony-Level Impacts of Immune Responsiveness in Honey Bees, *Apis mellifera*. *Evol. Int. J. Org. Evol.* 2005, 59, 2270–2274.

Saelao P, Borba R.S, Ricigliano V, Spivak M, Simone-Finstrom M. 2020 Honey bee microbiome is stabilized in the presence of propolis. *Biology letters* 16 (5) 20200003

Simone-Finstrom M, Evans JD, Spivak M. 2009 Resin collection and social immunity in honey bees *Evol. Int. J. Org. Evolution* 63, 3016–3022. (doi:10.1111/j.1558-5646.2009.00772.x)

Simone-Finstrom M, Spivak M. 2010 Propolis and bee health: The natural history and significance of resin use by honey bees. *Apidologie* 41, 295–311.

Simone-Finstrom M, Spivak M. 2012. Increased resin collection after parasite challenge: a case of self-medication in honey bees? *PLoS ONE* 7, e34601 (10.1371/journal.pone.0034601)

Simone-Finstrom M, Borba R.S, Wilson M, Spivak M. 2017 Propolis Counteracts Some Threats to Honey Bee Health. *Insects* 2017, 8, 46. <https://doi.org/10.3390/insects8020046>

Simone-Finstrom M, Spivak M, Shanahan M. 2021 Impact of propolis on colony health and exposure in agroecosystem presentation IPRG 2021

Spivak M, Simone-Finstrom M. 2019 C Starr - 2019 - beelab.umn.edu

MOTS CLÉS :

propolis, immunité, ruches et rucher, pathologie

RÉSUMÉ :

état des connaissances sur l'importance de l'enveloppe de propolis pour l'immunité sociale et individuelle des abeilles mellifères.