Auteur : Emilie VANESSE (CARI)

La nutrition : premier rempart sanitaire de la colonie

par Abderrahim Hammaidi, Responsable technique Véto-pharma

La qualité de l'environnement dans son ensemble affecte les ressources polliniques et leur richesse. L'interaction entre différents facteurs tels que l'infestation par *Varroa destructor* ou par *Nosema*, la présence de pesticides et le changement climatique, peut induire un stress cumulatif pesant sur les abeilles. L'ensemble de ces facteurs doit donc être pris en considération pour élaborer des stratégies de nutrition optimale visant à améliorer le bien-être des colonies.

BESOINS NUTRITIONNELS DES ABEILLES

Les **besoins nutritionnels** des abeilles reposent sur plusieurs composés :

- Des **protéines** et des acides aminés, qui sont principalement issus du pollen et sont stockés en pain d'abeille. Ces composés sont particulièrement utiles pour le bon fonctionnement de la glande hypopharyngienne et la production de vitellogénine, principale protéine dans le corps gras dont découle un certain nombre de mécanismes liés directement à l'immunité.
- Des **glucides**, qui sont le principal carburant pour les abeilles (permettant de maintenir les activités de vol, de thermorégulation, de survie hivernale…). Ces glucides proviennent du nectar et sont stockés dans le miel.
- Des **lipides** et stérols : les lipides sont directement liés aux membranes de cellules. Ils peuvent aussi conditionner la synthèse de certaines hormones et constituent une certaine forme de réserve énergétique ; notamment sous la forme de corps gras pour les abeilles d'hiver.
- Des **oméga 3 et 6**, également impliqués dans la fonction immunitaire. Certains déficits de ces oméga peuvent, par exemple, entraîner des déficits cognitifs pour l'abeille.
- Des **micronutriments** (vitamines, minéraux, polyphénols) présentant des activités anti-oxydantes.

Une grande partie de ces composés sont produits à partir **de pollen** (source protéique) **ou de nectar** (source glucidique), disponibles dans la nature. Mais, au-delà du pollen et du nectar, les **abeilles ont également besoin d'eau**. Les récentes vagues de chaleur en 2026 témoignent de l'importance de cette ressource pour les colonies, qui ont dû consommer une grande quantité d'eau pour réguler leur température. L'ensemble de ces composés et composants représente la macro-nutrition des colonies et forme une certaine harmonie. Dès lors, ***tout déséquilibre au sein de la macro-nutrition peut compromettre la physiologie du métabolisme et du système immunitaire des abeilles***.

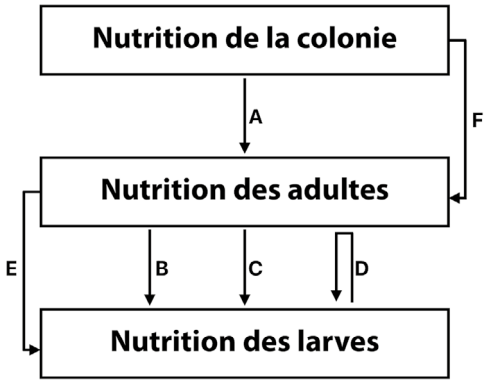

***Figure 1** : Interactions de la nutrition entre différentes strates de la colonie*

La conférence à laquelle nous avons assisté a permis de présenter la relation de nutrition qui existe entre différentes strates : à l'échelle de la colonie, à l'échelle des abeilles et à l'échelle des larves (**Figure 1**).

(**A**) La nutrition des abeilles adultes dépend directement des réserves de la colonie. Et inversement (**F**), le statut nutritionnel des abeilles adultes influence leur activité et donc, influence l'état des réserves de la colonie. Ainsi, au plus les ressources intéressantes pour les abeilles sont disponibles, au mieux ce système sera enclenché et entretenu.

(**B**) La qualité des larves est dépendante de la nourriture reçue par les nourrices qui les entretiennent. Dès lors, si les nourrices ne sont pas bien nourries, elles peuvent compromettre directement le développement et la qualité des larves. De plus (**E**), la nutrition des larves impacte le statut nutritionnel de la génération suivante.

(**C**) La quantité de couvain dépend de la quantité de nourriture reçue par les nourrices. La réduction des ressources alimentaires entraîne une diminution du nourrissement des abeilles adultes et impacte le développement du couvain, ce qui peut compromettre le développement des prochaines générations.

(**D**) Lorsque le système est compromis en termes d'équilibre ; les mâles sont chassés et des épisodes de cannibalisme peuvent apparaître : les ouvrières peuvent désoperculer le couvain et se nourrir des larves afin de combler un manque de protéines. Ce processus est ainsi directement lié à la disponibilité des ressources externes.

L'IMMUNITÉ CHEZ L'ABEILLE

Le système immunitaire de l'abeille est très complexe (**Fig. 2**). Le premier rempart de défense de l'abeille adulte est d'ordre **physique** : la cuticule et l'épithélium intestinal protègent l'organisme de certains composés lors de la réalisation des échanges avec le milieu externe. Les sécrétions antimicrobiennes, émises par le métabolisme, permettent également de lutter contre des agresseurs. Dans le cas où l'une de ces barrières faiblit, l'abeille déclenche deux autres mécanismes agissant de manière simultanée :

- la **réponse cellulaire**, lorsque des cellules spécialisées s'attaquent aux intrus.
- la **réponse humorale**, lorsque des molécules spécifiques (ex. les peptites antimicrobiens) sont produites et envoyées dans certaines voies de signalisation immunitaires. Ce type de défense repose sur une **activité antioxydante** et participe ainsi à la protection cellulaire.

Si l'abeille ne possède pas de système immunitaire adaptatif ou d'anticorps spécifiques, elle possède néanmoins une **immunité sociale**. Cette immunité dépend de la qualité de la génétique, elle est donc principalement liée à la qualité de la reine. C'est une protection à l'échelle de la colonie, qui concerne notamment le comportement hygiénique, la capacité à exprimer certaines caractères sociaux (ex. le toilettage), l'utilisation de certaines ressources (ex. résine) pour la synthèse de la propolis à l'intérieur de la colonie permettant à la fois d'envelopper certains parasites/agents et de servir d'antiseptique. L'ensemble de ces mécanismes de défense immunitaire (barrière physique, réponses cellulaire et humorale ainsi que l'immunité sociale) forme **un système de défense robuste** et permet d'assurer une **immunité innée performante et équilibrée**.

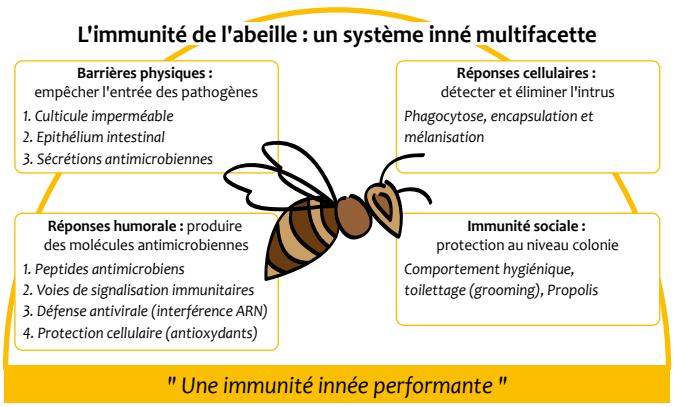

***Figure 2** : Schématisation des composants de l'immunité des abeilles*

Le pollen : immunocompétence et longévité de l'abeille

L'expression des gènes impliqués dans les défenses immunitaires est notamment stimulée par l'ingestion du pollen. De fait, le pollen est une source protéique permettant la synthèse de certains composés actifs dans la défense. Par exemple, la vitellogénine, principale protéine de réserve dans l'abdomen de l'abeille, sert de modulateur de l'immunité. La production de certains peptides antimicrobiens est également influencée par la qualité et l'origine du pollen. Certains polyphénols contenus dans le pollen permettent aussi d'activer le système enzymatique de l'abeille, enclenchant des phénomènes de défense antioxydants.

Au-delà de son rôle nutritionnel classique, **le pollen contribue à l'immunocompétence de l'abeille** : il lui permet d'acquérir un véritable « savoir-faire » défensif. Il agit en augmentant la concentration de plusieurs paramètres biologiques impliqués dans la défense, ce qui préserve la capacité de résistance de l'abeille aux agresseurs et, par conséquent, prolonge sa longévité.
Une étude, réalisée par *Danihlik et al.* en 2018, a étudié l'impact de la diversité des pollens sur la production de certains composés impliqués dans les mécanismes de défense immunitaire de l'abeille.

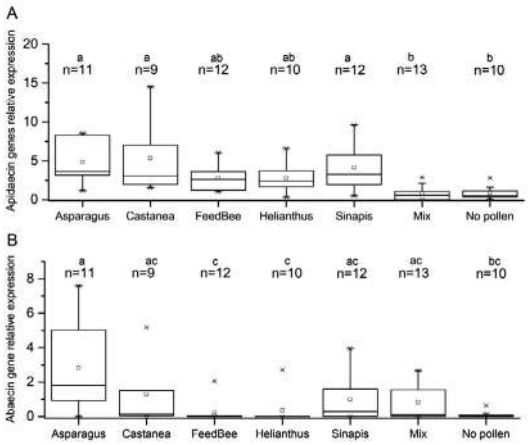

***Figure 3** : Expression relative des peptides « Apidaécine » et « Abaécine » selon différents régimes alimentaires.*

Résultats ? L'expression de l'« *apidaécine* », un peptide antimicrobien, (**Fig. 3**) est significativement plus élevée chez les abeilles nourries au pollen d'asperge, de châtaignier et de moutarde que celles d'un lot « mélange » et d'un lot non supplémenté. Pour l'« *abaécine* » (autre peptide antimicrobien), aucune différence significative n'est observée, à l'exception du pollen d'asperge. Les pollens de châtaignier et de moutarde induisent des niveaux d'expression de la molécule de défense quasi-équivalents.

On sait depuis longtemps que la diversité et la composition des protéines diffèrent considérablement d'un pollen à l'autre. Cette étude met en évidence le fait que **la réponse immunitaire varie selon l'origine botanique du pollen**, ce qui suggère que toutes les ressources protéiques n'ont pas la même valeur fonctionnelle. La qualité de la ressource protéique conditionnerait directement l'expression de ces molécules immunitaires.

Une autre étude réalisée par *Alaux et al.* en 2010 s'est intéressée à l'impact de différents suppléments protéiques à plusieurs stades larvaires (de la nymphe jusqu'à l'émergence).

Résultats ? La phénoloxydase et la glucose oxydase, soit des enzymes impliquées dans la réponse cellulaire et la fonction antiseptique respectivement, présentent des niveaux protéiques globalement faibles (**Fig. 4**). Cependant, au stade 10 jours, leur expression et leur production est davantage stimulée en présence d'un supplément diversifié, comparé aux régimes monofloraux étudiés. De plus, la quantité d'hémocytes et la masse relative des corps gras augmentent de manière significative à 5 jours puis diminuent vers les 10 jours. Cette observation s'expliquerait par une spécialisation cellulaire : **l'énergie comprise dans les corps gras est progressivement mobilisée et orientée vers une réponse cellulaire contre les agents intrus.**

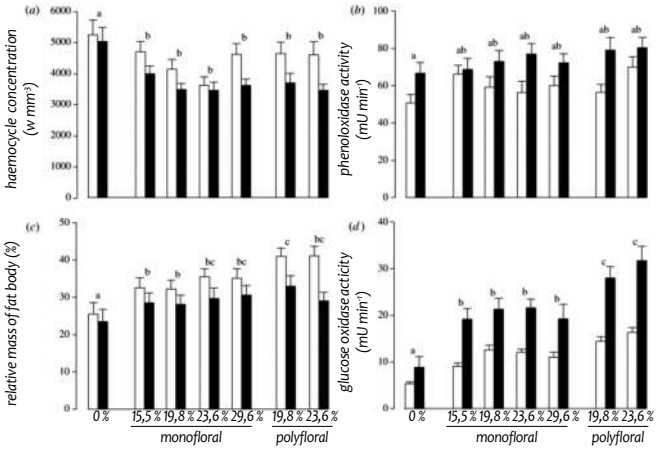

***Figure 4** : Effet de la supplémentation en pollen sur les indicateurs immunitaires d'abeilles âgées de 5 ou 10 jours*

Cette étude appuie donc l'hypothèse selon laquelle le pollen influence directement plusieurs marqueurs physiologiques distincts : entre autres, le développement du corps gras, la concentration en hémocytes et les réserves de l'organisme.

L'ensemble de ces travaux confirme le postulat de base selon lequel **une meilleure nutrition améliore l'état physiologique de l'abeille et renforce sa capacité à répondre aux stress environnementaux. Plus important encore, la diversité des ressources protéiques semble impacter davantage les processus physiologiques que leur seule teneur en protéines.**

Quels sont les mécanismes d'action des carences nutritionnelles ?

En général, lorsque l'abeille dispose de ressources suffisantes, en quantité comme en qualité, éventuellement complétées par un apport complémentaire, son immunocompétence est préservée. Dès qu'un déséquilibre survient, sa capacité de défense s'amenuise : l'abeille devient alors nettement plus vulnérable aux agents pathogènes.

Une fois introduits dans l'organisme de l'abeille, les pathogènes déclenchent une réponse immunitaire chez l'abeille qui tente de réagir à l'agression. Or, plus cette réponse est intense, plus elle sollicite les réserves de l'abeille et accélère le cycle de consommation des nutriments. Cette réaction en cascade conduit à une diminution de la teneur en protéines dans l'hémolymphe. Celle-ci entraîne à son tour une baisse de production de la vitellogénine, protéine de réserve, et augmente la sensibilité de l'abeille aux pesticides et aux pathogènes. **Le déséquilibre nutritionnel et les carences alimentaires agissent comme un facteur d'amplification de la sensibilité de l'abeille aux autres stress.**

Nutrition protéique et infestation par *V. destructor* : quels liens ?

La présence de *V. destructor* impacte négativement les différents niveaux de l'immunité de l'abeille. À travers les piqûres qu'il provoque, l'acarien :

(1) rompt l'intégrité de la cuticule, barrière physique, en y formant une porte d'entrée pour d'autres pathogènes, bactéries et virus ;

(2) puise dans les réserves de l'abeille infestée, réduisant davantage sa capacité à solliciter ses systèmes de défense et à lutter contre l'infestation.

Ainsi, les dommages provoqués par l'acarien sur l'abeille peuvent avoir **plusieurs conséquences** :

- **réduction des réserves énergétiques de l'abeille**, notamment une baisse de teneur en corps gras et une baisse de capacité de production de la vitellogénine ;
- **affaiblissement de la capacité de réponse immunitaire** (baisse de production de molécules de défense) et dégradation physiologique de l'état de santé de l'abeille (augmentation des infections virales notamment) :
- **génération d'un état de stress chez l'abeille**, aboutissant à une baisse de productivité, une abeille parasitée voyant son activité de butinage réduite.
- **baisse de l'espérance de vie des abeilles**.

Comment la nutrition protéique impacte-t-elle les capacités de défense des abeilles, en cas d'infestation par *V. destructor* ?

Une étude de 2022 (*Frizzera et al.*) a tenté d'étudier l'impact d'une nutrition sucrée supplémentée en protéines sur des abeilles infestées et des abeilles saines. Les résultats sont plutôt interpellants :

- les **abeilles infestées et supplémentées** survivent à peu près aussi bien que les abeilles saines supplémentées ; tandis que les **abeilles infestées et non-supplémentées** déclinent le plus vite. La supplémentation en pollen améliorerait la résilience de l'abeille face au stress induit par *V. destructor* (**Fig. 5**) ;

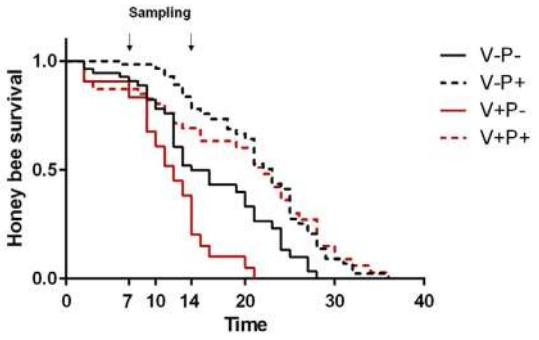

***Figure 5** : Survie des abeilles infestées (ou non) et supplémentées (ou non)*

- l'**expression de la vitellogénine est significativement plus élevée chez les abeilles supplémentées, qu'elles soient infestées ou non**. Les abeilles parasitées répondent donc bien à l'apport protéique. En cas d'infestation ou non, l'apport en pollen stimule la production de vitellogénine (**Fig. 6**).

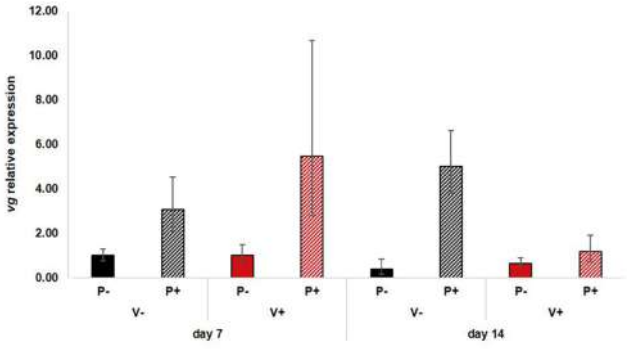

***Figure 6 :** Expression relative de la vitellogénine dans les groupes expérimentaux.*

- la supplémentation en pollen chez les abeilles infestées semble réduire la réplication du virus des ailes déformées (DWV), tandis que les abeilles infestées et non supplémentées présentent les charges virales les plus élevées (**Fig. 7**).

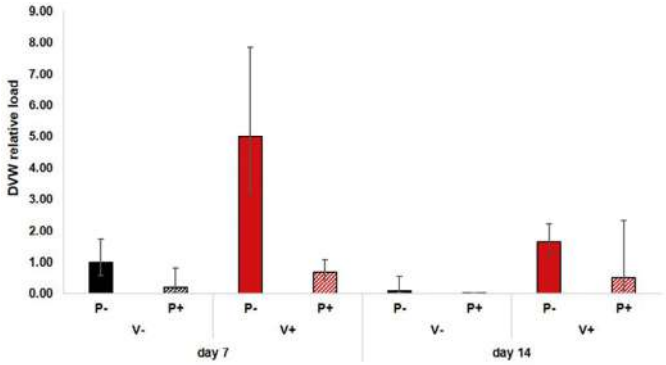

Figure 7 : *Charge relative du virus (DWV) dans les différents groupes.*

Cette étude permet de **renforcer l'hypothèse selon laquelle une alimentation supplémentée en protéines améliore la résilience de l'abeille face à *V. destructor*** : elle soutient la longévité de l'abeille en cas d'infestation en maintenant la résistance au stress et la production de vitellogénine, tout en limitant la multiplication du virus DWV.

Tous les pollens n'ont pas la même valeur

S'il est maintenant évident qu'un apport protéique à partir de pollen soutient le système immunitaire de l'abeille, il est important de nuancer que tous les pollens ne contribuent pas de la même façon au maintien de l'immunité. Le pollen est composé de lipides, de sucres et d'acides aminés dont des acides aminés essentiels (a.a.e).

Il existe 10 a.a.e chez l'abeille - ces molécules ne peuvent pas être synthétisées par l'abeille et doivent être puisées dans l'alimentation. Elles conditionnent à leur tour la synthèse des protéines impliquées dans divers processus physiologiques et immunitaires (dont la production de vitellogénine, la synthèse des peptides antimicrobiens, le développement des glandes hypopharyngiennes et la synthèse de la gelée royale).

Cependant, le type d'acides aminés et leurs teneurs respectives dans les pollens dépend de leur origine botanique. En effet, deux pollens de teneur protéique similaire peuvent présenter une valeur nutritionnelle très différente. La diversité des pelotes de pollens de couleurs différentes ramenées à la ruche témoigne de ce principe : l'abeille recherche elle-même un apport varié dans son environnement, permettant de récolter un spectre complet d'a.a.e.

Tenant compte de cet aspect, lors d'une supplémentation protéique en pollen, il faut donc veiller à la bonne diversité en acides aminés essentiels au-delà de la simple teneur en protéines.

Une étude de référence (*De Groet et al.*, 1952) a d'ailleurs mis en évidence les besoins protéiques quantitatifs et qualitatifs de l'abeille, en suivant sa longévité sous différents régimes polliniques (**Tab. 1**) :
- le **colza** (22 à 24 % de protéines) et le **trèfle** présentent de bons profils en acides aminés essentiels (selon des proportions idéales définies).
- l'**eucalyptus** présente un taux protéique intéressant, mais un profil en acides aminés essentiels insuffisant par rapport aux proportions idéales définies.

Tableau 1 : *Taux protéique de différentes plantes et leur profil en a.a.e*

Pollen	% protéines	Acides aminés
Tournesol	13 %	Déficitaire
Colza	22 - 24 %	Bon profil
Trèfle	25 - 26 %	Bon profil
Eucalyptus	25 - 30 %	Déficitaire
Vipérine	33 - 35 %	Très riche

Le microbiote intestinal : interface entre nutrition et immunité

Le microbiote est l'ensemble des micro-organismes vivants dans l'intestin de l'abeille, il est considéré comme un véritable organe et sa composition et son fonctionnement chez l'abeille sont très spécifiques.Le microbiote intestinal représente l'interface entre l'apport protéique et la mise en place de fonctionnalités biologiques.

Il permet de :
(**1**) dégrader le pollen et libérer ses nutriments, sans quoi l'abeille serait incapable de digérer le pollen ;
(**2**) synthétiser un certain nombre d'acides gras, dont les acides gras à courte chaîne tels que les butyrates acidifiant le milieu intestinal et participant à la mobilisation cellulaire pour la neutralisation d'agents intrus ;
(**3**) interagir avec le système immunitaire, grâce à ses capacités d'identification et d'évacuation rapides des pathogènes ;
(**4**) participer à la détoxification de l'organisme, une fonction particulièrement importante.

Réelle interface entre la nutrition et l'immunité, le microbiote optimise la physiologie de l'abeille et soutient l'efficacité du système immunitaire de l'abeille.

L'IMPACT DE L'ENVIRONNEMENT SUR LA NUTRITION ET L'IMMUNITE DE L'ABEILLE

Les colonies d'abeilles font face à de nombreux stress : endoparasites, micro-organismes, autres insectes, produits agrochimiques, changement climatique, polluants environnementaux, gestion apicole...Pour pouvoir survivre face à ces différents stress, l'abeille dispose d'un système immunitaire dont l'efficacité repose sur un réseau complexe d'interactions entre génétique, nutrition, pathogènes et environnement. Parmi ces paramètres, l'apiculteur a la possibilité d'influencer directement la qualité de l'environnement via le choix de l'emplacement du rucher. Ce choix détermine ainsi les ressources pollinifères et mellifères disponibles pour les colonies et donc la qualité de leur alimentation. Or, comme nous l'avons vu tout au long de cet article, la nutrition et, plus précisément la nutrition protéique, conditionne la capacité de l'abeille à faire face aux stress :
- **Immunocompétence** : un pollen de qualité soutient l'expression de molécules de défense (peptides antimicrobiens, enzymes de défense).
- **Réserves et longévité** : le pollen permet la production de vitellogénine et la synthèse des corps gras, qui soutiennent des mécanismes liés notamment à l'immunité et la longévité.

- **Résilience face à *Varroa destructor*** : une bonne alimentation protéique compense en partie les dommages du parasite et limite la réplication de virus.
- **Microbiote** : une alimentation diversifiée permet au microbiote de dégrader le pollen et de produire des métabolites bénéfiques pour l'immunité.

Il est donc facile d'imaginer que des carences alimentaires affaiblissent les défenses de l'abeille et amplifient les stress qu'elle subit. Pour agir à ce niveau, l'apiculteur peut :

- **Identifier la diversité des ressources** : il convient d'analyser le potentiel pollinique et nectarifère de la région. Chaque ressource pollinifère se traduit par des proportions protéiques et une richesse d'acides aminés différentes.
- **Valider son choix sur le terrain** : le seul moyen d'identifier un bon emplacement est de le tester, en observant comment les abeilles interagissent avec lui.

À noter que d'autres paramètres impactent la qualité du pollen ou son assimilation sans que l'apiculteur ne dispose de moyens pour agir sur eux. D'une part, une étude a mis en évidence une corrélation entre l'augmentation de CO_2 atmosphérique et la réduction du taux de protéines dans le pollen. D'autre part, il est admis que le microbiote est sensible à la qualité de l'environnement notamment à la présence de pesticides, ce qui altère sa capacité à digérer le pollen et donc, à soutenir l'immunité de l'abeille.

Mais alors, quand et comment supplémenter ?

Même si l'abeille est exposée en quasi-permanence à différents stress, il ne faut pas supplémenter tout le temps ! La supplémentation doit intervenir à certains moments clés particuliers qui exigent un effort supplémentaire aux abeilles, tels que :

- En période d'élevage ;
- En sortie d'hiver pour le redémarrage printanier ;
- Lors de la création d'essaims par division de colonies ;
- Lors d'une période de sécheresse ou de disette ;
- Lorsque les ruches sont en conditions de stress (ex. présence de *Vespa velutina*) ;
- Après l'application du traitement contre *Varroa destructor* ;
- À l'automne, pour la préparation d'abeilles d'hiver.

Il est recommandé de ne pas dépasser une période de **6 semaines** de supplémentation : cette durée permet de soutenir le développement d'au moins 2 générations de couvain.

Différents critères doivent être vérifiés pour choisir la bonne supplémentation :

- **Vérifier l'absence de certains composants non adaptés pour les abeilles**, qui peuvent paradoxalement réduire l'absorption des protéines. Par exemple, éviter les farines de soja qui contiennent des sucres toxiques et des inhibiteurs de trypsine[1] qui empêchent l'assimilation des protéines. Certains produits contiennent également des protéines d'œuf, dont l'albumine qui contient un anti-nutriment bloquant l'absorption des protéines par l'épithélium intestinal.
- **Vérifier la composition en acides aminés essentiels**, au-delà du pourcentage des protéines ! Un produit présentant un taux protéique élevé peut s'avérer inutile si les acides aminés essentiels ne sont pas présents dans de bonnes proportions.
- **Éviter les arômes ajoutés**. Certaines marques ajustent l'appétence de leurs produits en ajoutant des saveurs qui n'attirent pas les abeilles, au contraire.

[1] *La trypsine est une enzyme de dégradation des protéines.*

Selon Monsieur Hammaidi, la règle d'or de la nutrition est la suivante: **protéine = longévité**. Il explique qu'une supplémentation en protéines peut soutenir la capacité de production de gelée royale et de cette manière, soutenir l'élevage du couvain, assurant ainsi la longévité de la colonie.

Dans le cadre du développement de leur produit (mégabee), les techniciens de Véto-pharma ont étudié le taux de protéines dans l'hémolymphe de 4 groupes d'abeilles : un groupe d'abeilles non supplémentées ; un groupe d'abeilles supplémentées avec du pollen brut ; un groupe d'abeilles supplémentées avec du mégabee et un groupe d'abeilles supplémentées avec un produit contenant des protéines de soja. Les mesures de ces taux ont été réalisées à 4 moments : 0, 15, 30 et 60 jours. Au terme des 60 jours, le groupe non-supplémenté présente un taux de protéine mesuré à 0 - ce qui est la « normale » attendue. Au bout de 30 jours, le taux de protéines du groupe recevant le supplément à base de protéines de soja est *inférieur* à celui du groupe non-supplémenté. Ce résultat est expliqué par M. Hammaidi comme illustrant la mauvaise absorption des protéines « non-adaptées ».
À l'inverse, le taux de protéines du groupe supplémenté au mégabee présente, à partir du 30ème jour, un taux *supérieur* à celui du groupe supplémenté par du pollen brut (**Fig. 8**).

Les résultats présentés mettent ainsi en évidence des différences de taux de protéines dans l'hémolymphe entre les groupes étudiés. Ils soulignent l'importance de la composition des suppléments apportés aux abeilles sur le taux de protéines mesuré dans l'hémolymphe.

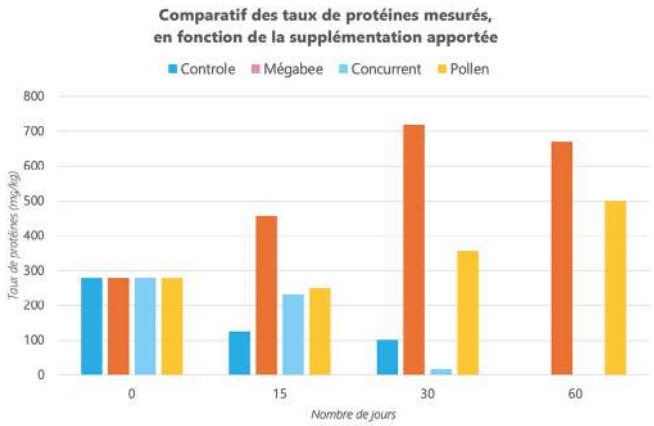

Figure 8 : *Taux de protéines mesurés dans l'hémolymphe des abeilles supplémentées de manières différentes.*

CONCLUSION

En conclusion, cette conférence permet de mettre en évidence les différents éléments clés devant faire l'objet d'une attention particulière lors du choix du supplément en protéines : la composition, le taux de protéines et le profil en acides aminés adaptés. Aujourd'hui, il existe beaucoup de suppléments sur le marché dont il est important de vérifier les caractéristiques avant achat. La qualité des suppléments apportés est d'autant plus importante qu'elle permet de renforcer l'immunocompétence des abeilles, leur permettant de faire face aux divers stress extérieurs (pathogènes et environnement) et d'assurer une bonne défense immunitaire à l'échelle de la colonie.

Financé par l'Union européenne
Avec le soutien de la Wallonie