



GUIDE NUTRITION DES ABEILLES



Ce guide a été rédigé grâce à la précieuse collaboration de **Pajuelo Consultores** (www.pajueloapicultura.com). Nous sommes heureux de pouvoir l'offrir **gratuitement aux apiculteurs**, afin de les aider dans l'art délicat de la nutrition des abeilles. Hippocrate disait : « **Que ta nourriture soit ton médicament et que ton médicament soit ta nourriture** », et ce proverbe s'applique également aux abeilles : de nombreuses **pertes de colonies pourraient être évitées** par une nutrition adéquate. Maintenant, c'est à vous ! **Analysez les ressources de vos butineuses et complétez** leur alimentation de manière adéquate, autant que nécessaire. Bonne lecture !



p°03

1

Introduction

1. Complexité de la nutrition dans la ruche

p°05

2

Besoins nutritionnels des abeilles

p°06

1. L'origine: le miel et le pollen p°06
2. Macronutriments et micronutriments
 1. Sucres p°10
 2. Protéines et acides aminés p°10
 3. Graisses p°14
 4. Vitamines et minéraux p°14
 5. Autres micronutriments p°14
 6. Eau p°15

3

L'importance du microbiote

p°16

1. Nutrition et microbiote p°16
2. Microbiote et digestion p°18
3. Probiotiques et prébiotiques p°19
4. Nutrition et immunité p°19

4

La nutrition des abeilles en pratique

p°20

1. Moments critiques p°20
2. Dynamique populationnelle de la colonie p°22
3. Quand et avec quoi supplémenter p°23
4. Points à prendre en compte p°24

6

Bibliographie p°26

5

Réflexion finale p°25



1. Introduction

Au cours de la riche histoire apicole, nous avons été témoins de **crises dévastatrices** qui ont frappé différentes régions du monde, toutes déclenchées par un ennemi commun : **la malnutrition des ruches**. Depuis les vastes champs des États-Unis¹ et même dans différentes régions d'Espagne², des mortalités ont été enregistrées en raison du **manque de pollen**.

Actuellement, la malnutrition émerge comme l'une des **principales causes du taux de mortalité alarmant dans les exploitations apicoles**, que ce soit en raison du manque d'aliments en **quantité ou en qualité**. Les parasites et les maladies infectieuses, comme le varroa et Nosema, ainsi que les attaques de prédateurs tel que le frelon asiatique, aggravent encore cette crise.

L'alimentation des abeilles repose sur le nectar et le pollen de certaines plantes, mais le **changement climatique** et les événements météorologiques extrêmes, comme les sécheresses, ont **considérablement réduit les ressources disponibles pour elles**.

De plus, des études récentes ont révélé **une réduction tant des périodes de floraison des plantes³ que du contenu nutritionnel du pollen⁴** (PHOTOS 1 ET 2), ce qui a exacerbé la pénurie de nourriture, en particulier dans les zones au climat méditerranéen.

PHOTOS 1 ET 2.
Pollen de bruyère normal (en haut) et déshydraté (en bas) en raison de la sécheresse.

© Pajuelo



PHOTO 3.
Abeille parasitée au stade d'émergence, plus petite et avec des ailes sous-développées en raison du virus des ailes déformées (DWV).
© Pajuelo



L'infestation par des acariens comme le **varroa** ne cause pas seulement des pertes importantes, principalement en hiver, mais elle affaiblit également les abeilles, les rendant plus sensibles à d'autres maladies et **réduisant leur espérance de vie**. Le varroa se nourrit des graisses des abeilles adultes et de l'hémolymphe des nymphes en développement, ce qui conduit à des **générations d'abeilles plus faibles, de moindre longévité, et plus susceptibles de souffrir d'autres problèmes sanitaires** qui sont toujours latents dans les ruches (loques, couvain plâtré, virus)⁵ (PHOTO 3).

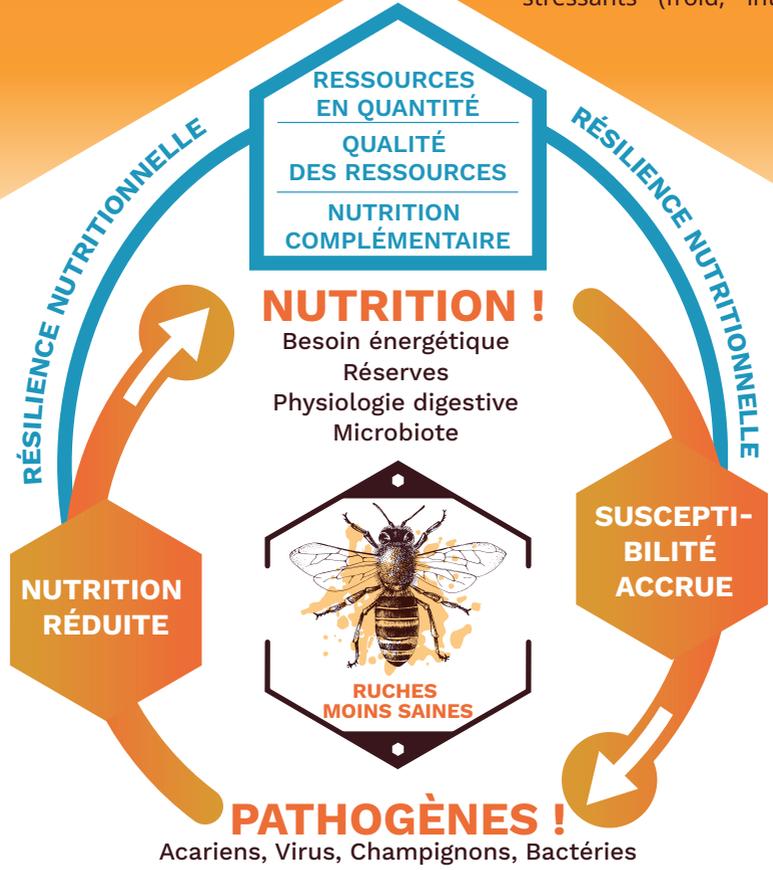
Les abeilles qui sont parasitées dès leur stade précoce de développement dans le couvain, ont une taille réduite, une durée de vie plus courte et sont plus sensibles aux intoxications par les résidus de produits chimiques. Cette situation altère la viabilité de la colonie et finit par provoquer sa disparition.



PHOTO 4.
Abeille saine
et abeille
atteinte de
nosemose.
© Pajuelo

L'infestation par le varroa réduit également l'activité des **glandes hypopharyngiennes**, en diminuant la surface acinaire, le nombre de vacuoles sécrétrices et la quantité de sécrétions dans le conduit glandulaire^{6,7}, ce qui **affectera la survie des générations futures d'abeilles**.

D'autre part, **Nosema** affecte le système digestif des abeilles en parasitant et détruisant l'épithélium intestinal. Il altère le bon fonctionnement de la paroi et **bloque l'absorption des nutriments**. Les abeilles attaquées ont également une taille sensiblement plus petite et **meurent facilement** en raison de l'action d'autres agents stressants (froid, intoxications...), (Photo 4).



Une bonne nutrition avec du **pollen** améliore la **résistance des abeilles** au varroa et à Nosema (FIGURE 1), et leur tolérance aux intoxications par les pesticides⁵.

FIGURE 1.
Relation entre nutrition
et pathogènes⁵.

PHOTO 5.

Réduction de l'activité de butinage des abeilles par la présence de frelon asiatique.

© A. Sirera.



Une situation similaire est causée par l'attaque des frelons, principalement le frelon asiatique, *Vespa velutina*. Le régime alimentaire de ces prédateurs sont en grande partie basés sur la consommation d'abeilles ; de plus, **leur présence dans la ruche affecte la capacité de butinage de la colonie**, entraînant une **réduction importante de l'entrée de nutriments** dans les ruches⁸. (Photo 5)

1

COMPLEXITÉ DE LA NUTRITION DANS LA RUCHE

La complexité de la nutrition dans la ruche est aggravée par la structure sociale des abeilles, avec différentes **castes et besoins nutritionnels**, ainsi que par la variabilité dans la dynamique populationnelle et l'environnement de chaque ruche.

Les abeilles sont des insectes sociaux qui ont développé un **superorganisme** comme forme de vie : la colonie, avec une structure sociale complexe. Dans celle-ci cohabitent des adultes de différentes castes (reine, abeilles, faux-bourdon), **ayant des besoins nutritionnels variés. Ainsi que des larves en développement**, qui elles aussi ont des besoins différents selon leur stade de développement (FIGURE 2). De plus, les nymphes en métamorphose, bien qu'elles ne consomment pas d'aliment, ont besoin d'un microclimat avec une température d'environ 35 °C et une humidité supérieure à 50 %⁹, **dont le maintien engendre un coût énergétique** et, par conséquent, des **besoins alimentaires pour le soutenir**.

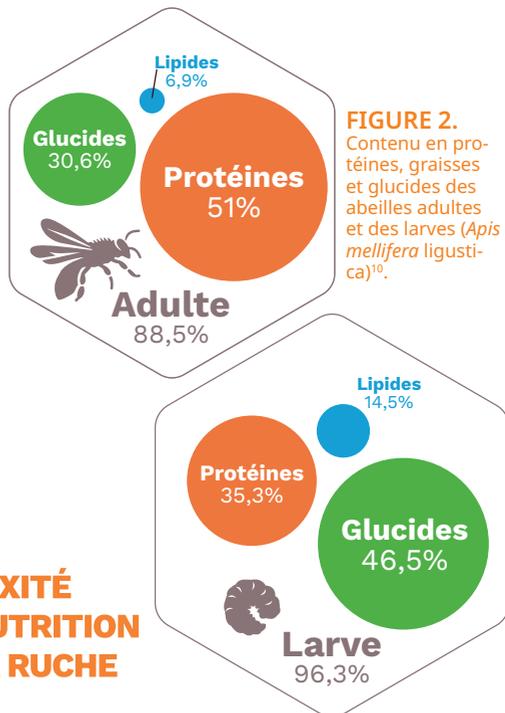


FIGURE 2. Contenu en protéines, graisses et glucides des abeilles adultes et des larves (*Apis mellifera ligustica*)¹⁰.

Un autre facteur de variation est la dynamique de la population de la colonie : la croissance printanière, la construction des rayons, la préparation à l'hivernage. **Ces phases nécessitent des apports nutritionnels spécifiques.** L'alimentation optimale de la ruche est finalement complexe.

Il ne faut pas non plus oublier l'influence de l'environnement. Pour chaque rucher, les abeilles ont accès à des **sources de pollen et de nectar différentes de celles d'autres ruchers**. Cette variabilité, que nous ne pouvons contrôler, rend parfois difficile **l'évaluation des effets des apports nutritionnels** sur les colonies.

De plus, l'apiculture, en tant qu'élevage avec des objectifs de production, impose des exigences nutritionnelles spécifiques selon l'orientation de l'exploitation (essais, miel, pollen, reines, pollinisation...) et les besoins et protocoles de travail. Cela peut **parfois entraîner des carences nutritionnelles, malgré une apparente abondance de ressources.**

2. Besoins nutritionnels des abeilles

1

L'ORIGINE: LE MIEL ET LE POLLEN

Certaines plantes entomogames et les abeilles ont **coévolué morphologiquement et biochimiquement**, s'adaptant les unes aux autres pour assurer leur subsistance mutuelle et la transmission de leur patrimoine génétique. Les fleurs de ces plantes ont développé des couleurs et des odeurs pour être reconnues lorsqu'elles sont sexuellement réceptives. À ces moments-là, elles produisent du nectar et du pollen. Pour que les abeilles les récoltent, elles ont développé des **plateformes d'atterrissage** (pétales), des **mécanismes de libération contrôlée du pollen**, etc. De leur côté, les abeilles ont développé une perception des **couleurs et un odorat** leur permettant de différencier les fleurs riches en nutriments, ainsi que des **griffes et des ventouses pour s'accrocher aux pétales**, des poils adaptés à la **capture du pollen**, une biochimie basée sur les apports en nectar et en pollen, et un **comportement de fidélité** à une espèce florale tant qu'elle est en floraison. Ce dernier point favorise le transport du pollen d'une fleur à une autre de la même espèce, **assurant ainsi la pollinisation croisée**, la recombinaison génétique et la production de graines.

Les plantes, grâce à la photosynthèse, captent le CO₂ atmosphérique et synthétisent des sucres qu'elles transportent dans la sève. Chez les plantes mellifères, la **sève qui atteint les nectaires se transforme en nectar**, contenant environ **60 % d'eau et étant riche en sucres monosaccharides**, principalement le glucose et le fructose, mais également en certains disaccharides et, dans une moindre mesure, en polysaccharides et autres composés mineurs, tels que les phytoestérols et les

phyto composés (acides phénoliques et flavonoïdes), qui apparaîtront plus tard dans le miel¹¹. Les nectars varient en composition selon les espèces végétales.

Les abeilles récoltent le nectar, y ajoutent leurs **enzymes salivaires**, puis le ventilent et le transfèrent de cellule en cellule dans les rayons jusqu'à **stabilisation, en acidifiant et en le déshydratant**. Les enzymes salivaires transforment les disaccharides en monosaccharides et la glucose en acide gluconique ; tandis que la ventilation et le transfert abaissent le taux d'**humidité jusqu'à environ 18 %**.

La composition moyenne du miel est présentée dans le **TABLEAU 1**.

	Miel de fleurs	Miellats
	Moyenne	Moyenne
Teneur en eau	17.2	16.3
Fructose	38.2	31.8
Glucose	31.3	26.1
Saccharose	0.7	0.5
Autres disaccharides	5.0	4.0
Melecitose	<0.1	4.0
Erlose	0.8	1.0
Autres oligosaccharides	3.6	13.1
Sucres totaux	79.7	80.5
Minéraux	0.2	0.9
Acides aminés, protéines	0.3	0.6
Acides	0.5	1.1

TABLEAU 1. Composition moyenne du miel (valeurs en g/100 g)¹².

Le miel a une date de consommation **préférentielle**, comme tous les produits alimentaires, y compris pour les abeilles. Le **HMF (hydroxy-méthyl-furfural)** est l'un des paramètres qui indique la fraîcheur du miel, et peut être **toxique pour les abeilles**. Bien qu'il existe des différences dans cette estimation, il est indiqué qu'il peut être toxique à partir de **250 mg/kg¹³ jusqu'à 8 000 mg/kg¹⁴**, bien qu'il n'y ait pas encore de consensus sur ce sujet. Le HMF se forme par déshydratation des sucres, principalement du fructose, il est donc important de prêter attention à cet élément dans les aliments sucrés pour abeilles¹⁵. **Dans le miel, sa concentration augmente naturellement d'environ 1,7 mg/kg par mois** ; ce chiffre augmente davantage si le miel est plus acide et avec la température¹⁶. **Le HMF n'est pas toxique pour les humains**, le pain contient entre 40,5 et 151,2 mg/kg¹⁷, et le café instantané contient en moyenne 3 212,8 mg/kg¹⁸.

Le pollen se forme dans les anthères des fleurs. C'est une cellule qui contient le noyau reproducteur mâle et les substances de réserve qui permettront son voyage jusqu'aux ovules pour les fertiliser. Les poils des abeilles se chargent d'**électricité statique en volant**, et lorsqu'elles arrivent sur des fleurs avec du pollen, ce dernier s'y colle. Les abeilles le transportent sur leur **troisième paire de pattes** et le ramènent à la ruche. Là, il est déposé dans des **alvéoles proches du couvain**, puis compacté pour éliminer l'air et commencer une **fermentation aéro-anaérobie** (avec une prédominance de la fermentation lactique anaérobie), après mélange de sécrétions salivaires, nectar et souches bactériennes du **microbiote de l'abeille**. Ce produit est connu sous le nom de «**pain d'abeilles**».

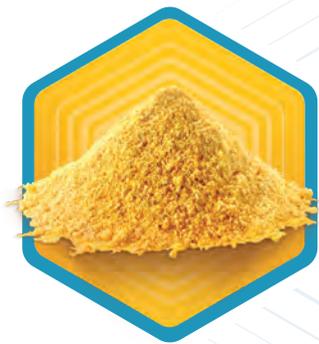
La composition moyenne du pollen est donnée dans le **TABLEAU 2**.

COMPOSITION DU POLLEN ET DU PAIN D'ABEILLE

COMPOSITION	Pollen	Pain d'abeille
Glucides	13-55 %	24-35 %
Protéines	10-40 %	14-23 %
Lipides	1-13 %	2-14 %
Fibres	14-31 %	3-20 %
Vitamines	0.02-0.7 %	0.4-3 %
Acides aminés	3.2 %	n.i.
Acides organiques	1 %	0.4
Flavonoïdes	0.2-3.2 %	n.i.
Acide lactique	0.6 %	3 %
Acidité	105-106	400
pH	4-6.3	3.8-4.2

TABLEAU 2. Composition du pollen sec et du pollen fermenté.¹⁹





Chaque plante produit un pollen avec une composition différente, comme indiqué dans le **TABLEAU 3**. En général, les abeilles préfèrent le récolter auprès de **plantes entomogames, car il est plus riche en nutriments**. Cependant, si ces plantes sont rares, elles peuvent **le récolter auprès d'autres plantes avec une composition nutritionnelle moins favorable**. Le **TABLEAU 3** présente une liste de l'importance nutritionnelle de certaines plantes mellifères en fonction de leur teneur en protéines. Actuellement, on pense que les abeilles n'ont pas de préférence pour un pollen ou un autre en fonction de leur teneur en protéines, mais qu'elles consomment un pollen varié pour **répondre aux besoins en protéines et en graisses de la colonie**²⁰.

TABLEAU 3

Pourcentage de protéines de certaines plantes à importance apicole.^{21,22,23}

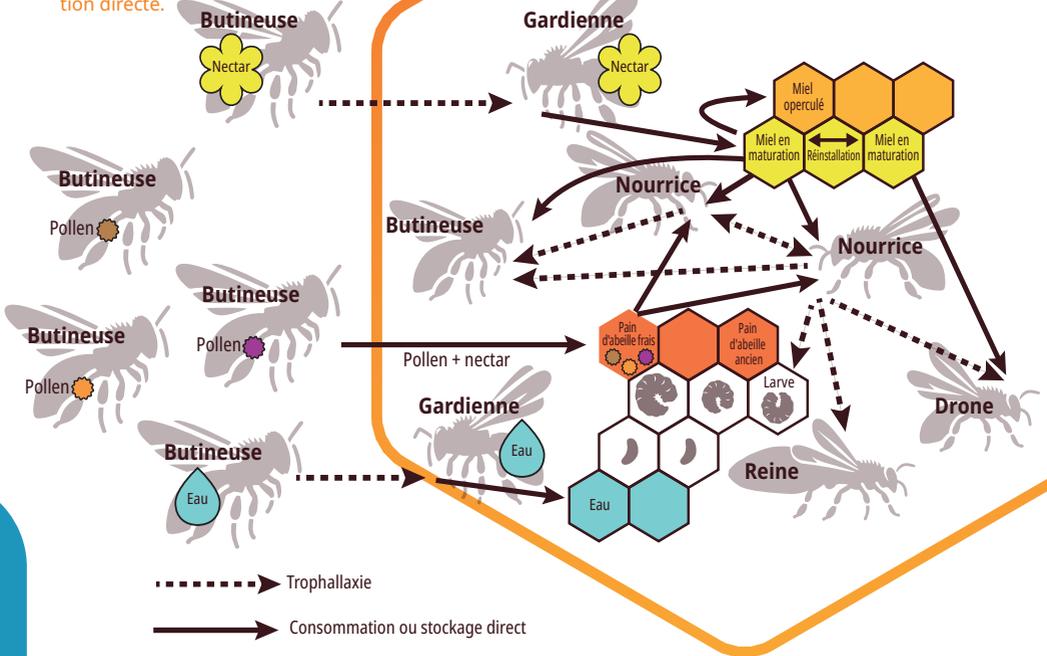
POURCENTAGE DE PROTÉINES DANS LE POLLEN.

Faible teneur, < 20 %		Teneur moyenne, 20-25 %		Teneur élevée, >25 %	
Myrtille	14	Acacias	22-25	Aulne (<i>Ulex</i>)	28
Fleur d'oranger	19	Chicorée jaune* (<i>Chondrilla juncea</i>)	23	Amandier	25
Astéracées*	16	Brassicacées	23	Lupin (<i>Lupinus</i>)	34
Chardons*	15-17	Asphodèle* (<i>Asphodelus fistulosus</i>)	23	Eucalyptus*	26-30
Carthame	18	Centaurée	21	Poirier	26
Cistacées	13	Colza et ronces	22-24	Trèfles	25-26
Fabacées	20	Eucalyptus*	20-25	Vipérine, Chupamiel (<i>Echium</i>)	33-35
Tournesol	13	Saules	22-25	Camélia, Phacélie, Millepertuis, Pommier, Pêcher, Navets, Rave (<i>Raphanus raphanistrum</i>)	
Lavande*	20	Vesces	24		
Maïs	15	Érables, Astéracées, Convolvulus, Pissenlit, Chênes, Lierre, Fenouil, Citronnier, Chênes, Romarin, Thym, Trèfle blanc			
Saules*	15				
Sarrasin					
Verge d'or* (<i>Sénéçon</i>)	12				

*Déficient en un ou plusieurs acides aminés

FIGURE 3. Flux de nourriture et d'eau dans la colonie d'abeilles²⁶.

Les abeilles butineuses transportent le nectar des fleurs et le transfèrent aux abeilles manutentionnaires, qui le déposent dans les alvéoles, où il mûrira pour devenir du miel. Le pollen arrive dans la ruche dans les corbicules de la troisième paire de pattes. Dans la ruche, il est stocké dans les alvéoles proches du couvain, pour être ensuite transformé en pain d'abeille (fermenté). Les flèches en pointillé indiquent la trophallaxie (échange entre les abeilles), tandis que les flèches continues représentent le dépôt ou la consommation directe.



Le pollen apporte des protéines et ses composants, les acides aminés. De plus, **il est la seule source de graisses dans l'alimentation des abeilles**, et il fournit également des minéraux et d'autres micronutriments.

Les abeilles butineuses sont responsables de la collecte du nectar, du pollen, de l'eau et de la résine (qui servira pour la production de propolis) en fonction des besoins de la colonie (FIGURE 3). Certaines abeilles ne collectent que du nectar, d'autres seulement du pollen, et d'autres les deux nutriments. **La collecte de pollen dépend de la quantité de jeunes couvains**, car ces derniers produisent une phéromone qui stimule ce comportement²⁴.

Au niveau individuel, chaque abeille tend à montrer une spécialisation temporaire dans la collecte de nectar ou de pollen d'une espèce végétale particulière, induite par les danses réalisées par les abeilles butineuses précédemment sorties de la ruche. Cependant, au niveau de la colonie, le pollen est collecté à partir de diverses sources florales, plus abondantes au printemps et en automne et **moins en été dans un climat méditerranéen**, ce qui garantit généralement que les apports couvrent l'ensemble des nutriments nécessaires²⁵.

2

MACRONUTRIMENTS ET MICRONUTRIMENTS.

Le miel et le pollen sont les seuls composants de l'alimentation des abeilles ; ils fournissent les macronutriments (sucres, protéines, graisses) et les micronutriments (minéraux, vitamines, stérols, flavonoïdes) nécessaires.

Lors des périodes de ponte, le miel représente 80 % de ces apports, et le pollen 20 % ; en l'absence de ponte, ces apports changent respectivement à 90 % pour le miel et 10 % pour le pollen.

1. SUCRES

Le miel est principalement constitué de sucres (fructose, glucose, saccharose et maltose), mais il contient également de **petites quantités de polysaccharides que les abeilles ne digèrent pas bien**, bien que leur microbiote puisse aider à les métaboliser. Il a été décrit que certains de ces polysaccharides, comme le mannose, l'arabinose, le xylose ou la rhamnose, sont **toxiques pour les abeilles**²⁷.

Les sucres sont facilement métabolisés pour produire de l'énergie, utilisée pour les **mouvements musculaires** des abeilles et, dans la ruche, pour **maintenir une température adéquate au développement du couvain** ($35 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$) et **à l'activité des abeilles** ($> 12 \text{ }^\circ\text{C}$)⁹.

Leur métabolisation **génère des fragments moléculaires qui conduisent à la formation de graisses**, stockées par les abeilles dans leur **tissu adipeux**, sous le 5^e segment dorsal abdominal (le 3^e visible, PHOTO 6). Ces graisses **sont utilisées en période de pénurie** pour maintenir la vitalité de la ruche, lorsque les floraisons extérieures sont absentes



PHOTO 6.
Tissu adipeux (corps gras) de l'abeille.
Archive Pajuelo.

et qu'il n'y a plus de réserves internes dans les rayons. Elles servent également à la **production de cire**, à la formation des longues chaînes de chitine de l'exosquelette et font partie de certaines molécules comme les glycoprotéines des membranes cellulaires.

Dans les glandes hypopharyngiennes des jeunes abeilles, les sucres entrent dans la composition de la **gelée royale**, en association avec d'autres composants issus du pollen.

2. PROTÉINES ET ACIDES AMINÉS

Le pollen est la principale source de protéines, **TABLEAU 2**. En général, sa teneur varie de **2,5 % à 61 %**. Il apporte également des sucres, mais surtout d'autres composants qui ne se trouvent pas dans le miel, ou seulement en très faibles quantités, comme **les acides aminés, les graisses, les fibres, les minéraux, les vitamines et les composés phénoliques**.

La qualité des protéines du pollen est déterminée en fonction de la proportion d'acides aminés essentiels (ceux que les abeilles ne peuvent pas synthétiser et doivent donc obtenir par leur alimentation). En 1953, de Groot²⁸ a établi les proportions de ces acides aminés pour les abeilles en relation avec le tryptophane (acide aminé essentiel) (**TABLEAU 3**). Cependant, ces dernières années, de nouvelles propositions ont émergé, prenant en compte les besoins nutritionnels

des abeilles **en fonction de leur phase de développement**. Un exemple serait celui proposé par Ricigliano et al.²⁹ où la **leucine** devient l'acide aminé limitant, représentant 16 % du total des acides aminés essentiels pour une alimentation optimale. Il est également suggéré de prendre en compte, lors de la formulation de suppléments protéiques, **les acides aminés qui ne sont pas essentiels pour les abeilles adultes mais qui le sont pour les larves**, comme l'alanine, l'asparagine, la glycine ou le glutamate³⁰.

ACIDES AMINÉS ESSENTIELS	PROPORTION (en relation avec le tryptophane)
ARGININE	3
HISTIDINE	1,5
ISOLEUCINE	4
LEUCINE	4,5
LYSINE	3
MÉTHIONINE	1,5
PHÉNYLALANINE	2,5
THRÉONINE	3
TRYPTOPHANE	1
VALINE	4

TABLEAU 4. PROPORTION DES ACIDES AMINÉS ESSENTIELS ÉTABLIE PAR DE GROOT EN 1953.

Les besoins nutritionnels en acides aminés **sont plus élevés chez les jeunes abeilles ouvrières**, responsables du soin du couvain. Selon une étude menée par DeGrandi-Hoffman et al.³¹, **au printemps**, période de croissance de la colonie, **le pollen** consommé par les abeilles **contient une proportion d'acides aminés différente de celui consommé**

en automne. Le pollen printanier serait plus **riche en acides aminés et en acides gras favorisant le développement du couvain**, tels que l'asparagine, la glutamine, l'isoleucine, la sérine, le tryptophane, la valine, ainsi que les acides arachidique, laurique, lignocérique, Y-linolénique et myristique. **En automne** en revanche, prédominent les **acides aminés impliqués dans la thermorégulation hivernale**, comme la proline et l'hydroxyproline. Ce phénomène est lié à la **coévolution** entre les plantes et les pollinisateurs au cours de millions d'années.

De plus, la teneur en protéines du pollen d'une floraison spécifique peut être plus élevée au début, puis diminuer avec le temps, entraînant **une perte de vigueur chez les abeilles lors de floraisons monoflorales prolongées, comme celle de l'eucalyptus**. Ce pollen est souvent utilisé en recherche pour **induire un stress nutritionnel**, car il est également déficient en isoleucine (acide aminé essentiel), pauvre en lipides et en oméga-3 (acide gras essentiel). Ces carences nutritionnelles **augmentent le risque d'apparition de maladies, comme la nosebose**³².

Vitellogénine

Protéine précurseur du vitellus. Chez les abeilles, elle remplit de multiples fonctions, notamment la nutrition de l'embryon, le stockage des protéines, le soutien du système immunitaire, ainsi qu'un rôle clé dans la transition des nourrices en butineuses et dans la longévité des individus.

Peptides antimicrobiens (AMPs)

Molécules de petite taille contenant entre 12 et 60 acides aminés, impliquées dans la réponse immunitaire de différents organismes.

Les protéines et les acides aminés sont utilisés par les abeilles au niveau individuel pour la **formation des tissus** (muscles, glandes hypopharyngiennes, glandes à cire, autres glandes) et la **production de molécules azotées** (peptides antimicrobiens du système immunitaire, hormones, enzymes, vitellogénine).

Les abeilles possèdent différentes glandes exocrines, parmi lesquelles on trouve les **glandes hypopharyngiennes** (FIGURE 4), situées dans la tête. Ces glandes sont responsables de la production de **la gelée royale, riche en protéines, chez les abeilles nourrices**.

Pour un **bon développement de ces glandes**, les abeilles nouvellement écloses **doivent se nourrir de pollen durant leurs premiers jours de vie**. Environ entre 5 et 10 jours d'âge, les abeilles nourrices commencent à s'occuper du soin du couvain (PHOTOS 7 ET 8), au moment où les glandes atteignent leur taille maximale et leur capacité sécrétrice. **Leur taille dépend de l'alimentation**. Ainsi, il existe **une corrélation positive entre la consommation de pollen et la taille de ces glandes**, ce paramètre étant utilisé dans les travaux de recherche pour estimer l'état physiologique des nourrices³⁴. Il est donc important de prendre en compte **que les effets d'une bonne alimentation se manifestent sur le long terme, en raison de son impact sur les générations suivantes**.

FIGURE 4.

A) Schéma des glandes hypopharyngiennes (en rouge). Source : www.honeybee.drawing.org;

B) Glandes hypopharyngiennes de l'abeille nourrice³³.

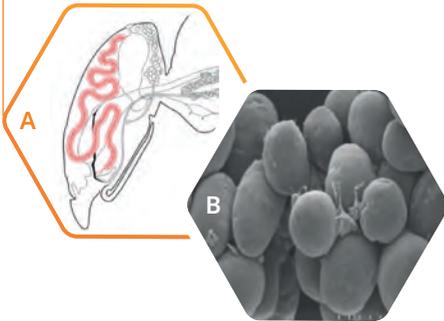


PHOTO 7.

Larves mal nourries, «à sec», sans gelée royale.

© Pajuelo

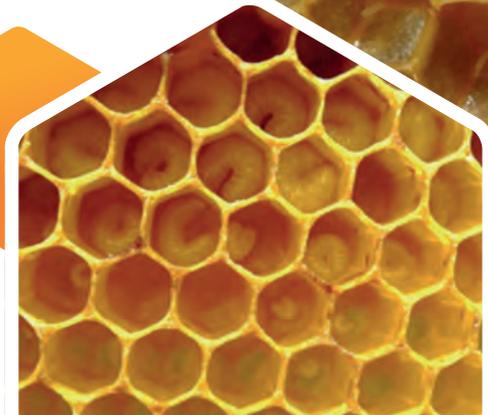
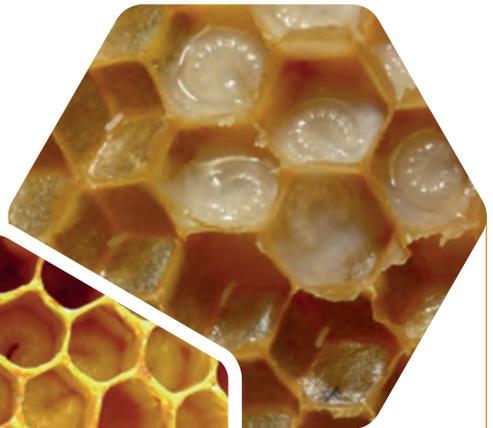


PHOTO 8.

Larves bien nourries, avec gelée royale abondante.

© Pajuelo

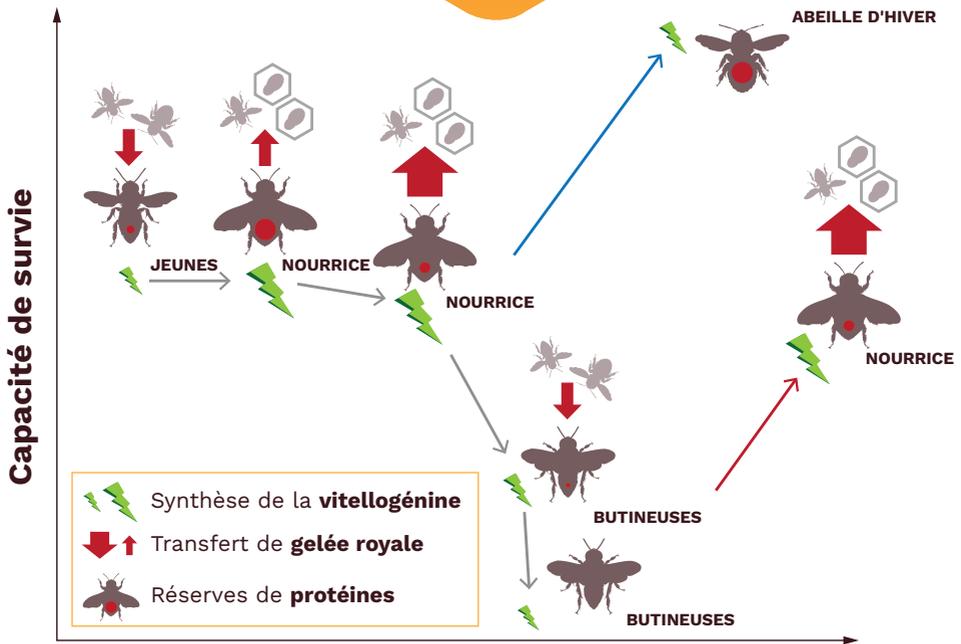


Un autre marqueur : la vitellogénine

Un autre marqueur utilisé pour estimer l'état nutritionnel des abeilles est la **vitellogénine**. Cette protéine **est stockée dans les corps gras** et est essentielle à la **production de gelée royale**. Elle est impliquée dans le **transport des nutriments dans l'hémolymphe**. De plus, elle est liée à la réponse immunitaire, à la division des tâches chez les abeilles ouvrières (elle est antagoniste de l'hormone juvénile, qui diminue avec l'âge) et à la longévité des abeilles.

FIGURE 5.

Représentation schématique du rôle de la vitellogénine dans la division des tâches.³⁵



Les nourrices, chargées de la production de gelée royale, ont une forte synthèse de vitellogénine (⚡ éclairs verts). Les larves, les jeunes abeilles et les abeilles butineuses, ainsi que la reine, sont les principales réceptrices de gelée royale (↓↑ flèches rouges). En revanche, les abeilles butineuses ont de faibles réserves dans leurs corps gras (● points rouges) et une faible production de vitellogénine (⚡ en vert). Cependant, les abeilles butineuses ont

la capacité de renverser leur phénotype si nécessaire pour la survie de la colonie (→ flèche rouge fine), en retrouvant les caractéristiques des abeilles nourrices, **en développant à nouveau leurs glandes hypopharyngiennes (hypertrophiées) pour produire de nouveau de la gelée royale**. L'abeille d'hiver (→ flèche bleue), a un métabolisme caractéristique (diutinus), c'est elle qui passera l'hiver et commencera à nourrir le couvain au printemps.

3. GRAISSES

En plus des protéines, le pollen apporte d'autres composants importants pour la nutrition des abeilles, notamment **les graisses ou lipides**. Le contenu en lipides du pollen varie de **1 à 20 %**. Parmi eux, l'acide palmitique, l'acide linoléique (oméga-6) et l'acide α -linoléique (oméga-3) représentent entre **60 à 80 % des acides gras du pollen**. Ces deux derniers sont des acides gras essentiels qui, tout comme les acides aminés essentiels, **doivent être acquis par l'alimentation**. Dans le pollen, la relation entre ces deux acides gras (rapport oméga-6 : oméga-3) est généralement d'environ 0,8²⁰.

Outre leur rôle clé dans le bon fonctionnement de la physiologie, diverses études montrent que l'oméga-3 est impliqué dans l'apprentissage des abeilles et **dans le développement des glandes hypopharyngiennes**^{20,36,37}.

Parmi les graisses, on trouve les **stérols**, précurseurs de différentes hormones et impliqués dans la formation des **membranes cellulaires**. Le plus important chez les abeilles est le 24-métiléncholestérol. Des études récentes ont démontré son rôle dans l'augmentation de la graisse abdominale et dans la **longévité des abeilles**³⁸.

4. VITAMINES ET MINÉRAUX

Les **vitamines** sont également essentielles pour le bon fonctionnement de la colonie. Les vitamines du **groupe B** sont très importantes pour le **développement du couvain et la différenciation de la reine**. De plus, la **vitamine C** est impliquée dans la **réponse immunitaire** et possède des **antioxydantes**. Certaines de ces vitamines sont **produites par le microbiote** intestinal des abeilles.

Les **minéraux** sont également nécessaires en petites quantités pour le **développement et la croissance des abeilles**, bien que des niveaux élevés de certains



d'entre eux puissent devenir toxiques. **Le pollen fournit une plus grande diversité de minéraux** (K, P, S, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn) et en plus grande quantité que le nectar. En période de pénurie de pollen, les abeilles récoltent **de l'eau riche en minéraux pour compenser leur manque**.

Il faut également prendre en compte que tous **les sols n'ont pas la même teneur en minéraux** et, par conséquent, **la composition de ces minéraux dans le pollen et le nectar peut varier**, ce qui peut entraîner des carences dans certaines zones³⁹.

5. AUTRES MICRONUTRIMENTS

Le nectar et le pollen apportent **des métabolites secondaires**, comme la quercétine, un polyphénol que se trouve dans le pollen et dont le rôle dans la nutrition apicole n'est pas encore bien défini. L'acide p-coumarique, présent dans le nectar et également dans le pollen (monomère dérivé de l'esporepollénine, le principal composant de la paroi cellulaire du pollen), est impliqué dans la régulation positive des gènes liés à **la détoxification et aux peptides antimicrobiens**⁴⁰.

Dans la littérature, on trouve des études qui évaluent la capacité antioxydante du pollen, comme celle réalisée par Di Pasquale et al.⁴¹, qui **améliorerait l'immunité contre les pathogènes, notamment *Nosema ceranae***.

6. EAU

L'eau est indispensable à la vie.

C'est le composant majoritaire dans tous les êtres vivants.

Dans le corps de ruche contenant le couvain, **un taux d'humidité relative de plus de 50 % est nécessaire à son développement**¹⁰. Sa diminution entraînera une paralysie totale du couvain, c'est pourquoi, en l'absence de disponibilité à proximité des ruches et en périodes sèches (climat méditerranéen, sécheresses...), **il est impératif de l'apporter** (PHOTO 9).

Dans des conditions normales, les abeilles fourniront l'humidité relative nécessaire à la ruche à partir de deux sources : **l'approvisionnement direct et l'évaporation du nectar dans les rayons**. Les deux sont complémentaires ; voir des abeilles collecter de l'eau à l'extérieur est un indicateur clair de l'augmentation du couvain dans les ruches.

L'eau est également nécessaire pour la **dissolution des cristaux de sucres présents dans certains miels stockés**, particulièrement ceux ayant une forte tendance à cristalliser (lierre, miellat de pin...) et dans certains **aliments complémentaires** fournis sous forme de pâte plus ou moins dense. **L'abeille est un animal suceur, qui forme un tube de succion avec ses pièces buccales et sa langue, et ne peut se nourrir que de liquides**. Les pollens trouvés dans les miels ont un **diamètre ne dépassant pas 200 microns**, il est donc probable que ce soit la **taille maximale des particules pouvant passer dans son appareil digestif**.



PHOTO 9.
Abreuvoir pour abeilles.
© Pajuelo



C'est pourquoi il est important que les particules solides fournies dans les **aliments complémentaires** pour les abeilles soient micronisées afin d'atteindre une **taille inférieure à 200 microns**. Cette petite taille favorise également l'**hygroscopicité** de ces particules, ce qui leur permet d'entrer dans l'appareil buccal des abeilles.

3. L'IMPORTANCE DU MICROBIOTE

1

NUTRITION ET MICROBIOTE

On associe de plus en plus l'importance du **microbiote intestinal** à la santé des abeilles. Cet ensemble d'espèces bactériennes est acquis principalement par **l'interaction sociale** (trophallaxie). Le noyau principal est formé par *Bifidobacterium*, *Bombilactobacillus*, *Gilliamella apicola*, *Lactobacillus* et *Snodgrassella alvi*, et est présent chez **toutes les abeilles adultes en bonne santé**. D'autres bactéries des genres *Bartonella*, *Apibacter*, *Frischella*, et plusieurs autres, peuvent être présentes ou non⁴².

Chaque bactérie a une distribution caractéristique dans le tractus intestinal (FIGURE 6). La plus grande charge bactérienne se trouve dans le rectum, dominée principalement par des bactéries

des genres *Lactobacillus* spp. et *Bifidobacterium* spp., impliquées dans la digestion et l'activation du **système immunitaire** des abeilles²⁷.

Le microbiote remplit différentes fonctions (FIGURE 7) : il est lié au **système immunitaire**, en modulant les gènes associés à l'immunité et ceux responsables de la formation de peptides antimicrobiens ou de la vitellogénine. De plus, il est impliqué dans **la nutrition et le métabolisme des nutriments**, car il est capable de métaboliser différents polysaccharides et autres composants de l'alimentation. Il joue également un rôle important dans la **protection contre les pathogènes**, tels que les bactéries opportunistes, les champignons ou les virus.

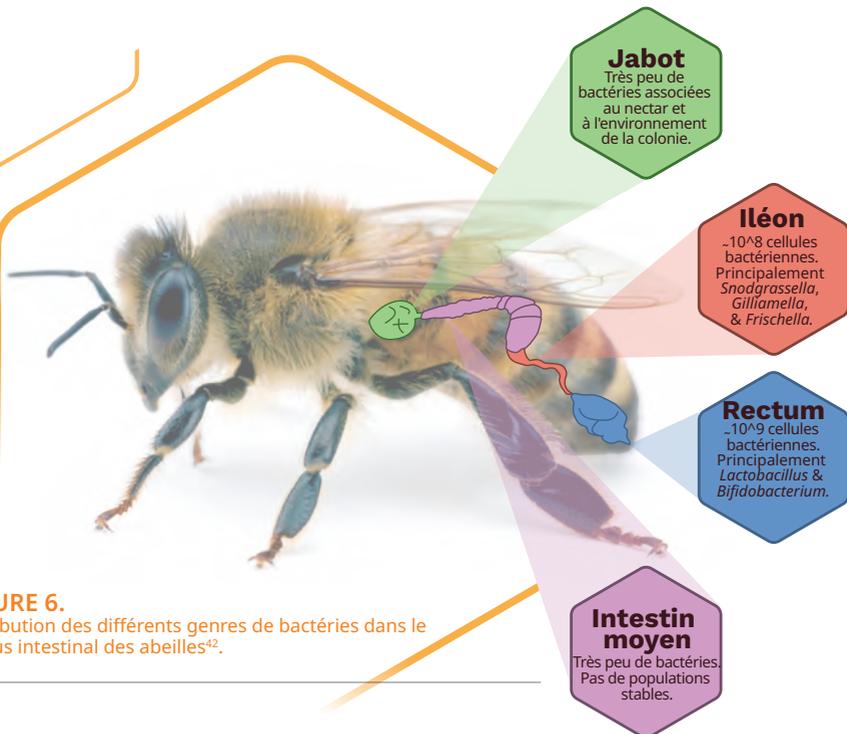
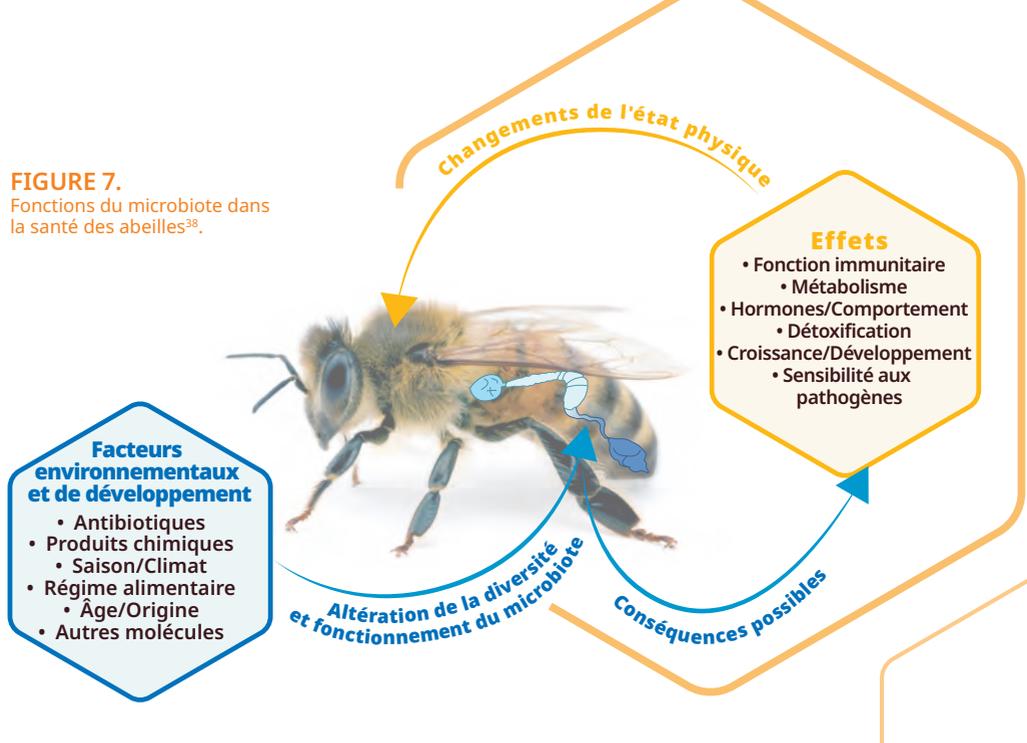


FIGURE 6. Distribution des différents genres de bactéries dans le tractus intestinal des abeilles⁴².

FIGURE 7.

Fonctions du microbiote dans la santé des abeilles³⁸.



Enfin, il a également été associé au **développement des abeilles** et à certains comportements. Par exemple, il joue un rôle dans l'expression des gènes liés au **système olfactif** et à ceux impliqués dans le **polyéthisme** (changement de la répartition des tâches en fonction de l'âge)⁴³.

Comme chez d'autres animaux, divers facteurs, qu'ils soient environnementaux ou propres aux abeilles, peuvent **modifier le microbiote**. Parmi ces facteurs, résumés dans la **FIGURE 7**, figure l'alimentation. Lorsque les abeilles subissent un **stress nutritionnel**,

leur **microbiote est perturbé**, ce qui entraîne une augmentation de leur **sensibilité aux pathogènes et de leur mortalité**. Par exemple, une étude récente menée par Castelli et coll.⁴⁴, a montré que lorsque les abeilles étaient nourries avec du **pollen de faible qualité**, comme celui d'*Eucalyptus grandis*, l'expression du gène de la vitellogénine et de ceux liés au système immunitaire diminuait, tandis que la prolifération de *Nosema ceranae* augmentait.



2

MICROBIOTE ET DIGESTION

Chez les abeilles adultes, les composés facilement assimilables provenant du nectar (certains polysaccharides et sucres simples) et du pollen (acides aminés, lipides et vitamines) **sont absorbés ou métabolisés par les enzymes** de l'abeille dans l'intestin antérieur ou le gros intestin (FIGURE 8). Cependant, des molécules complexes comme certains **polysaccharides peuvent être décomposées en sucres simples** par des souches spécifiques du microbiote

(*Gilliamella* spp., *Bifidobacterium* spp., *Bombilactobacillus* spp. et *Lactobacillus* spp.) dans l'intestin postérieur ou grêle ainsi que dans le rectum, grâce à la production de certaines enzymes (lyases et hydrolases).

La capacité de ces bactéries à métaboliser les polysaccharides et d'autres composants a des conséquences importantes sur la **nutrition** des abeilles ainsi que sur leurs mécanismes de **détoxification**.

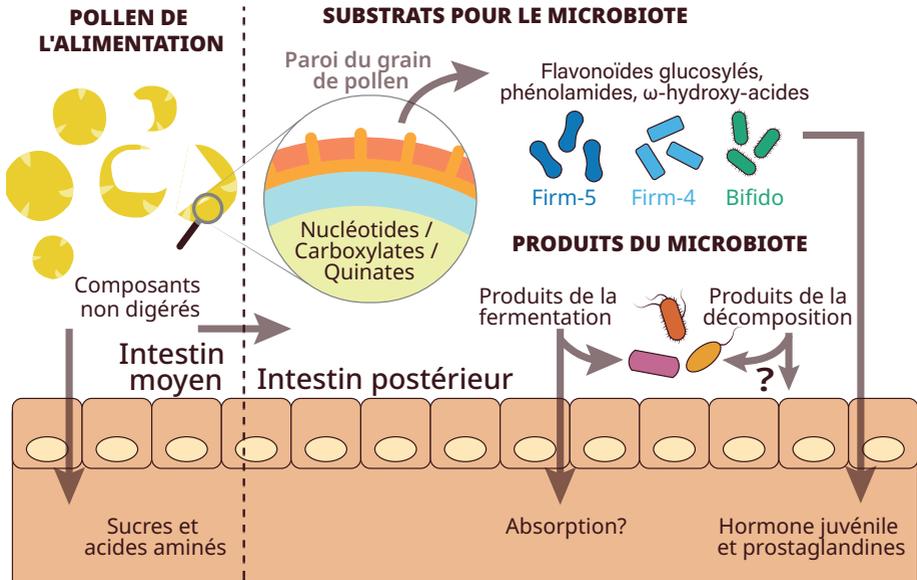


FIGURE 8. Implication du microbiote dans la digestion⁴⁵.

3

PROBIOTIQUES ET PRÉBIOTIQUES

Des recherches sont actuellement menées sur des micro-organismes bénéfiques agissant comme des **probiotiques** afin d'améliorer la santé des abeilles et de renforcer leurs **mécanismes de défense** contre divers agents pathogènes. Les bactéries lactiques ont été largement étudiées comme probiotiques chez les animaux et les humains en raison de leurs propriétés bénéfiques. Chez les abeilles, elles font partie du microbiote intestinal, non seulement chez les adultes, **mais aussi chez les larves**.

Il a été démontré que ces bactéries sont impliquées dans la **détoxification des métaux lourds**, la réduction des **effets négatifs des pesticides** et qu'elles participent aux processus digestifs et antioxydants. De plus, elles possèdent une activité antimicrobienne en **stimulant le système immunitaire des abeilles**, en exerçant une exclusion compétitive des micro-organismes pathogènes par la consommation de nutriments ou de molécules nécessaires à leur croissance, ou encore par la production de **substances antimicrobiennes et la formation de biofilms sur les membranes intestinales**⁴⁶.

L'utilisation de différentes espèces de lactobacilles provenant du tractus intestinal des abeilles ou de métabolites produits par ces bactéries (post-biotique) pourrait améliorer la santé des abeilles. Des études supplémentaires sont encore nécessaires, mais à l'avenir, cette approche pourrait constituer une alternative pour renforcer la vitalité et la santé des colonies.

Un exemple serait l'utilisation de probiotiques pour le contrôle de *Nosema* spp. Plusieurs études montrent que l'administration de probiotiques tels que *Bacillus* sp⁴³, *Parasaccharibacter apium*⁴⁷ ou *Pediococcus acidilactici*⁴⁸ entre autres, ainsi que l'utilisation de consortiums bactériens^{49,50}, peuvent **réduire la charge en spores de *Nosema* spp. et accroître la longévité des abeilles**.

4

NUTRITION ET IMMUNITÉ

La connexion entre **nutrition et immunité** devient de plus en plus évidente, notamment en raison de l'association entre **la perte de colonies et la malnutrition**, ainsi que de son impact sur la santé des abeilles. Les abeilles possèdent deux niveaux d'immunité : **sociale et individuelle**. Les deux sont indispensables pour faire face aux menaces susceptibles de compromettre la viabilité de la colonie.

L'**immunité individuelle** des abeilles repose sur un ensemble de gènes impliqués dans la production de **peptides antimicrobiens et le système de détoxification**⁵¹. L'**immunité collective**, quant à elle, repose sur une série de gènes codant des comportements **permettant d'identifier, par l'odeur, les individus malades** dans la ruche et de les expulser.

L'**apport en protéines (pollen)** fournit les acides aminés essentiels nécessaires à la **synthèse des peptides antimicrobiens**. De plus, l'immunité individuelle est renforcée par l'énergie issue des glucides présents dans le **nectar et le miel**⁵¹. Des études récentes suggèrent qu'une **nutrition insuffisante** peut **aggraver l'impact des maladies** et, inversement, que les **parasites et agents pathogènes** affectent négativement la physiologie nutritionnelle des abeilles⁵.

4. LA NUTRITION DES ABEILLES EN PRATIQUE

1 MOMENTS CRITIQUES

Dans une exploitation apicole, différents besoins alimentaires peuvent survenir à certaines périodes critiques, nécessitant une **attention particulière** pour éviter l'affaiblissement des colonies lié à la **malnutrition**.

On peut dire que **la saison apicole commence à l'automne**, avec la préparation à l'hivernage. Si cette phase est réussie, les colonies **survivent à l'hiver** et auront la **vigueur** nécessaire pour entamer leur croissance démographique au printemps. Il existe une relation directe entre le niveau des **réserves à la fin de l'été et la survie hivernale**⁵².



PHOTO 6.
Tissu adipeux
de l'abeille.
Archives Pajuelo.



PHOTO 10.
Cadre avec couvain
et réserves de pollen
et de miel.
© Pajuelo

Après la dernière récolte de l'été, les colonies doivent **rajeunir leur population et accumuler des réserves**, tant au niveau individuel des abeilles que collectivement dans les rayons. Pour cela, elles profitent des dernières floraisons résultant des pluies automnales. Elles auront **besoin d'un apport important et varié en pollen**. Les abeilles préfèrent consommer le **pollen récemment stocké**

(3 à 10 jours)⁵³ et accumuleront des réserves dans leur corps (**PHOTO 6**) ainsi que dans les rayons proches du couvain (**PHOTO 10**).

Il est également essentiel, à cette période, de disposer d'**une source continue de nectar**, qui stimule la ponte de la reine et encourage les abeilles à constituer des réserves de miel afin de **maintenir la température** en hiver⁹.

D'autre part, **l'impact du niveau d'infestation varroa** en fin de saison est un facteur clé à prendre en compte, car il **entraîne une malnutrition des abeilles**, augmentant l'incidence des **virus et du Nosema**, et par conséquent un **taux de mortalité hivernale plus élevé**.

Obtenir un nombre **suffisant de jeunes abeilles** permettant de constituer une population capable de **bien former la grappe hivernale** sera essentiel pour survivre à l'hiver, car le **couvain nécessite une température d'environ 35 °C** pour son développement.



Les ruches avec une population clairsemée déplaceront le couvain vers la zone la plus chaude (généralement la partie avant, PHOTO 11). De même, la **température de la zone d'alimentation** est un autre facteur critique à prendre en compte. La consommation de miel dépendra de la température extérieure, du volume à chauffer dans la ruche et de l'activité des abeilles. Les **ruches avec une faible population et un volume excessif** n'auront pas une activité suffisante pour se nourrir et **périront facilement en hiver** (PHOTO 12).

Le **printemps** étant la période de **croissance et de reproduction** des colonies, c'est **le moment où les besoins nutritionnels des abeilles sont les plus élevés**. Avec l'augmentation de la photopériode (durée d'exposition à la lumière pendant 24h), les ruches commencent à se préparer à accroître leur population dans le but de se reproduire et d'assurer la survie de leur génome. C'est aussi la période naturelle de reproduction de nombreuses plantes, ce qui, si les conditions météorologiques sont favorables, entraînera une **bonne entrée de nectar et de pollen varié**.

Les premières larves augmenteront le nombre d'**abeilles nourrices**, améliorant ainsi l'utilisation du pollen entrant, qui sera transformé en **gelée royale** pour nourrir les larves, la reine et les autres abeilles de la ruche. **La croissance sera très rapide**. Ces exigences nutritionnelles élevées peuvent être compromises par des **gelées ou des pluies excessives**.

PHOTO 12.
Ruche morte de froid.
© Pajuelo

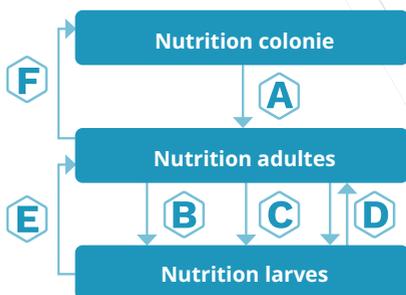
PHOTO 11.
Déplacement du couvain vers la partie la plus chaude en raison d'une pénurie d'abeilles.

Les abeilles possèdent des mécanismes d'adaptation : si nécessaire, elles peuvent aller jusqu'à **cannibaliser une partie des œufs et des larves** pour obtenir les nutriments dont elles ont besoin et maintenir un minimum d'expansion de leur population (FIGURE 9).

FIGURE 9.

Représentation schématique des trois niveaux de nutrition de l'abeille, des dépendances et des effets possibles de la malnutrition protéique.

- A** dépendance des adultes aux aliments stockés dans la colonie;
- B** relation avec la qualité des larves;
- C** régulation du nombre de larves;
- D** cannibalisme;
- E** impact de la nutrition larvaire sur la génération adulte suivante;
- F** impact des adultes sur la nutrition de la colonie³⁴.



D'autres périodes critiques incluent les épisodes de sécheresse ou l'apparition de gelées qui éliminent la floraison, situations dans lesquelles il est essentiel d'évaluer la nécessité d'une alimentation de soutien.



L'utilisation de ruches pour la **pollinisation des cultures** peut également nécessiter des actions d'alimentation. Tout d'abord, parce que l'efficacité pollinisatrice d'une ruche dépend principalement de son **instinct de collecte du pollen**. Celui-ci est fortement influencé par la **quantité de couvain ouvert**, qui produit une phéromone activant ce comportement chez les abeilles butineuses.

2

DYNAMIQUE DE POPULATION DE LA COLONIE.

Une colonie d'abeilles mellifères est constituée de plusieurs **générations d'abeilles qui se chevauchent**. Plus une abeille individuelle vit longtemps, plus **ce chevauchement des générations est important**, ce qui permet à la colonie d'être plus peuplée et aux **nourrices** et abeilles d'intérieur de rester plus longtemps dans la ruche pour accomplir leurs tâches.

À l'inverse, une durée de vie plus courte des abeilles **réduit le chevauchement des générations**, diminue la population de la colonie et génère du stress pour maintenir la production de couvain, assurer les tâches de la ruche et réguler la température de la colonie. Les chercheurs ont découvert qu'une **augmentation du taux d'hormone juvénile dans l'hémolymphe** des abeilles est le signal déclenchant leur passage aux activités de butinage.

Différents facteurs de stress, tels que la maladie causée par **Nosema**, **les virus** et **le stress nutritionnel**⁵⁶ **peuvent accélérer cette transition**. Or, un passage précocé aux activités de butinage est **néfaste pour les jeunes abeilles**, qui ne sont pas encore physiologiquement prêtes pour ce travail, ce qui entraîne leur **disparition prématurée**.

Ensuite, les cultures à polliniser **peuvent ne pas offrir un pollen couvrant l'ensemble des nutriments essentiels** pour les colonies (**TABLEAU 3**). Dans ce cas, il est nécessaire de prévoir **une alimentation complémentaire** avec un aliment spécifique pour compenser cette carence²⁹. Le cas de la **myrtille** en est un exemple frappant : son pollen déficient augmente l'apparition de la **loque européenne** après la période de pollinisation⁵⁵.

Une bonne nutrition, y compris une **alimentation complémentaire**, a démontré sa **capacité à prolonger la durée de vie des abeilles**, ce qui se traduit **par une production de miel plus élevée**.⁵⁷ Cela s'explique en grande partie par le fait que les abeilles vivent plus longtemps et consacrent plus de temps au butinage. Des **butineuses ayant une plus grande longévité permettent aux nourrices de rester plus longtemps** dans la colonie pour assurer leurs tâches. Un **rapport élevé entre le nombre d'abeilles nourricières et le couvain** est un indicateur de bonne santé de la colonie. À l'inverse, un faible rapport entraîne un **covain mal nourri**, donnant naissance à des abeilles adultes en situation de stress nutritionnel.

À mesure que le stress environnemental exerce une pression croissante sur nos colonies d'abeilles, **l'alimentation complémentaire peut devenir encore plus nécessaire** pour aider à réduire ce stress et améliorer la santé générale de la colonie.



QUAND ET AVEC QUOI SUPPLÉMENTER

Compte tenu des besoins nutritionnels et des moments critiques pour les ruches, nous pouvons envisager quelques stratégies de base **pour éviter le stress nutritionnel**.

Pour éviter le stress nutritionnel :

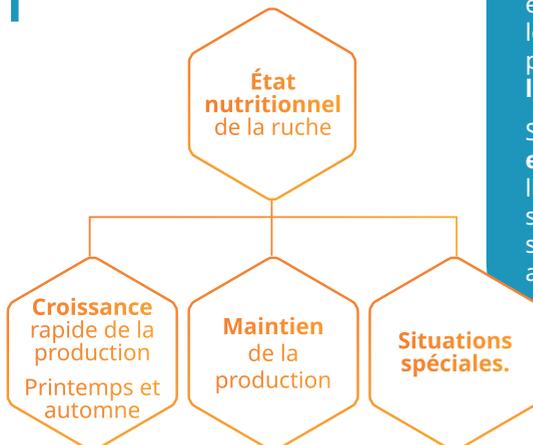
- Les carences nutritionnelles d'aujourd'hui ont des effets à **long terme**, il est donc préférable de les prévenir.
- Lorsque l'on nourrit, cela doit se faire pendant un **minimum de 4 à 6 semaines (2 cycles de couvain)** pour assurer le développement de la génération suivante d'abeilles.
- **Nous comblons des carences nutritionnelles** ponctuelles, nous ne nourrissons pas les abeilles.
- En apiculture, il faut prévoir plusieurs possibilités et **prendre des décisions rapides** si les **floraisons échouent** ou **si les réserves s'épuisent** en raison d'un changement météorologique.
- Nous devons être clairs sur l'objectif et **les carences possibles**.

Si nous **sommes en période de croissance de la population** et que la source de nectar a échoué ou est en retard, nous pouvons la remplacer en fournissant une alimentation liquide riche en sucres, **pour continuer à stimuler la ponte, pendant au moins 4 à 6 semaines**, ou jusqu'à ce qu'il y ait un flux de nectar continu. C'est une bonne pratique en début de printemps, en automne ou à la fin de l'été, selon la région.

Si l'**apport en pollen est faible ou peu varié**, nous devons prévoir un **supplément protéiné**, qui contienne également des graisses, des vitamines et des minéraux.

Si notre objectif est de maintenir la population **entre les récoltes ou entre les services de pollinisation** et que nous ne sommes pas sûrs que les réserves soient suffisantes, nous pouvons utiliser des **suppléments solides sucrés**.

Si nous prévoyons des **apports faibles en pollen**, tant en quantité qu'en qualité, il sera nécessaire de les fournir sous forme de **pâte protéinée** ou de suppléments contenant des acides aminés et des vitamines.



Non seulement la composition des suppléments est importante lors de la planification de l'alimentation, mais il convient également de prendre en compte les éléments suivants :

- Les abeilles ont un appareil buccal suceur, donc la **taille des particules** indissolubles **ne doit pas dépasser 200 µm**.
- Les cristaux de sucre se dissolvent grâce à l'humidité et à la température ambiante, et l'abeille les suce. Si le nombre d'abeilles dans la ruche n'est pas suffisant pour maintenir ces conditions d'**humidité et de température**, **les pâtes sucrées se dessècheront et ne seront pas utilisées**.
- Les suppléments doivent toujours être placés **très près du cœur de la colonie**, de préférence au-dessus, pour recevoir la chaleur et l'humidité de la ruche et ainsi maintenir la **texture optimale**.
- Il faut tester **l'appétence** de la nourriture.
- Le supplément doit couvrir, dans la mesure du possible, **les carences prévues**.
- Toutes les **racés d'abeilles** ne réagissent pas de la même manière aux suppléments.
- Certains **types de ruches** compliquent l'utilisation optimale des suppléments nutritionnels. Dans la ruche **Layens** (typiquement utilisée en Espagne), l'absence d'ouverture entre les cadres et la ventilation dans le couvercle **assèchent les pâtes**, rendant leur utilisation difficile par basses températures.
- Les suppléments ou aliments doivent être apportés **à distance des périodes d'entrée de nectar dans la ruche** pour éviter toute contamination du miel.
- La **qualité** des matières premières, **l'hygiène** dans tout le processus d'alimentation, **l'enregistrement des interventions effectuées**, ainsi que la conservation d'un échantillon du supplément utilisé, garantiront de bonnes pratiques de nourrissage.
- Régénérer la population d'une ruche **prend du temps**, donc il faut au minima essayer de la **maintenir**.
- Lors d'un **apport alimentaire liquide**, il faut prendre en compte la **température extérieure** ; tôt le matin ou tard le soir, elle peut provoquer la **mort par noyade** si les abeilles se refroidissent.

5. Réflexion finale



Nous sommes ce que nous mangeons.
Comme le disait Hippocrate :

“ Que ton aliment soit ta médecine, et que ta médecine soit ton aliment ”



BLOG



Les abeilles se nourrissent de leur environnement, **mais celui-ci peut présenter des carences**, et nous pouvons avoir **besoin de les compléter**. Ces carences en ressources se sont accentuées récemment avec le **changement climatique**, l'augmentation des nuisibles et l'**augmentation de la densité** de ruche.

De nos jours, l'apiculteur doit endosser le rôle de **nutritionniste** pour comprendre l'état nutritionnel de sa colonie et savoir comment y remédier. Nous espérons que ce guide a pu vous fournir des clés pour déchiffrer les différentes situations de **stress nutritionnel** auxquelles vous pourriez être confronté.

N'hésitez pas à consulter nos **ressources supplémentaires sur la nutrition des abeilles** sur notre blog : www.blog-veto-pharma.com/fr

Nous publions régulièrement des « **cas cliniques** » expliqués par des vétérinaires. Certains de ces cas mettent en évidence l'effondrement des colonies en raison d'un stress nutritionnel avancé.



Vous pouvez également nous trouver sur www.veto-pharma.fr



6. Bibliographie

- Steinhauer, N., Wilson, M., Aurell, D., Bruckner, S., Williams, G. Preliminary results from the Bee Informed Partnership. United States Honey Bee Colony Losses 2022-2023.
- Programa de vigilancia sobre las pérdidas de colonias de Abejas 2023-2024. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Flo, V., Bosch, J., Arnan, X., Primante, C., Martín González, A. M., Barril-Graells H., Rodrigo, A. 2018. Yearly fluctuations of flower landscape in a Mediterranean scrubland: consequences for floral resource availability. PLoS ONE 13(1): e0191268. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191268>
- Ziska, L. H., Pettis, J. S., Edwards, J., Hancock, J. E., Tomecek, M. B., Clark, A., Dukes, J. S., Loladze, I., Polley, H. W. 2016. Rising atmospheric CO₂ is reducing the protein concentration of a floral pollen source essential for North American bees. Proceedings of the Royal Society B, 283: 20160414. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0414>
- Dolezal, A. G., Toth, A. L. 2018. Feedbacks between nutrition and disease in honey bee health. Current Opinion in Insect Science, 26:114-119. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.02.006>
- Yousef, S. I., El Basheer, Z. M., Teleb, S. S., Ibraheem, E. N. 2014. Effect of varroa infestation on the morphological and histological structure of the hypopharyngeal glands of *Apis mellifera* workers. Journal of American Science, 10(2).
- Ayoub, Z. N., Ahmed, D. S., Abdulla, M., Mosa, M. H. 2015. Impact of varroa mite infestation on the mandibular and hypopharyngeal glands of honey bee workers. Acarina: Russian Journal of Acarology, 23(1):92-97.
- Bota, G., Traba, J., Sardà-Palomera, F., Giralt, D., Pérez-Granados, C. 2022. Passive acoustic monitoring for estimating human-wildlife conflicts: The case of beekeepers and apiculture. Ecological Indicators, 142. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109158>
- Gil-Lebrero, S., Navas González, F. J., Gámiz López, V., Quiles Latorre, F. J., Flores Serrano, J. M. 2020. Regulation of microclimatic conditions inside native beehives and its relationship with climate in Southern Spain. MDPI 12:16. DOI: 10.3390/su12166431
- Gosh, S., Jung, C., Meyer-Rochow, V. B. 2016. Nutritional value and chemical composition of larvae, pupae, and adults of worker honey bee, *Apis mellifera ligustica* as a sustainable food source. Journal of Asia-Pacific Entomology, 19:487-495. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2016.03.008>
- Tsuruda, J. M., Chakrabarti, P., Sagili, R. R. 2021. Honey bee nutrition. Vet. Clin. Food Anim. 37:505-519. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2021.06.006>
- Bogdanov, S. 2009. Honey composition. In: The Honey Book, Chapter 5. Bee Product Science.
- LeBlanc, B. W., Eggleston, G., Sammataro, D., Cornett, C., Dufault, R., Deeby, T., Cyr, E. S. 2009. Formation of hydroxymethylfurfural in domestic high-fructose corn syrup and its toxicity to the honey bee (*Apis mellifera*). JAFc. 57:7369-7376.
- Krainer, S., Brodschneider, R., Vollmann, J., Creilsheim, K., Riessberger-Galle, U. 2016. Effect of hydroxymethylfurfural (HMF) on mortality of artificially reared honey bee larvae (*Apis mellifera carnica*). Ecotoxicology, 25:320-328.
- Frizzera, D., Del Fabbro, S., Ortis, G., Zanni, V., Bortolomeazzi, R., Nazzi, F., Annoscia, D. 2020. Possible side effects of sugar supplementary nutrition on honey bee health. Apidologie, 51:594:608. DOI: 10.1007/s13592-020-00745-6
- Bosch, J., Serra, J. 1986. Evolución del contenido de hidroximetilfurfural en las mieles procesadas y situadas en el mercado español. Alimentaria, XXIII(175):59-61.
- Kowalski, S., Lukasiewicz, M., Duda-Chodak, A., Zięć, G. 2013. 5-Hydroxymethyl-2-Furfural (HMF) – Heat-Induced Formation, Occurrence in Food and Biotransformation—a Review. Polish Journal of Food and Nutrition Science, 63(4):207-225. DOI: 10.2478/v10222-012-0082-4
- Czerwonka, M., Opiłka, J., Tokarz, A. 2018. Evaluation of 5-hydroxymethylfurfural content in non-alcoholic drinks. Eur. Food Res. Technol. 244:11-18.
- Aylanc, V., Falcão, S. I., Ertosun, S., Vilas-Boas, M. 2021. From the hive to the table: nutrition value, digestibility and bioavailability of the dietary phytochemicals present in the bee pollen and bee bread. Trends in Food Science & Technology, 109:464-481. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.042>
- Corby-Harris, V., Snyder, L., Meador, C., Ayotte, T. 2018. Honey bee (*Apis mellifera*) nurses do not consume pollens based on their nutritional quality. PLoS ONE 13(1): e0191050. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191050>
- Somerville, D. C. 2001. Nutritional value of bee collected pollens. Rural Industries Research and Development Corporation, 01/047.
- Cordón, C. 2005. Palinología y caracteres físico-químicos del polen apícola producido en España. Propuesta de parámetros objetivos de calidad. [Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca].
- Trees for Bees. Trees for Bees NZ Results for Protein Content of Pollen in selected plant species found to be visited by honey bees in New Zealand (2014).
- Orantes-Bermejo, F.J., Gómez-Pajuelo, A. (2014). Uso de feromonas de la cría en el manejo productivo de la colmena. Producción de polen. VII Congreso Apícola Hispánico. 59.
- Gonell, F., Fuertes, E., Blanc, R. 2022. Plantas con aporte de polen en primavera tardía y Verano en Huesca y Teruel, 2018. 10º Congreso Nacional de Apicultura, febrero 2022.
- Wright, G. A., Nicolson, S. W., Shafir, S. 2018. Nutritional physiology and ecology of honey bees. Annu. Rev. Entomol. 63:327-3244. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043423>
- Motta, E. V. S., Moran, N. A. 2024. The honeybee microbiota and its impact on health and disease. Nature Reviews Microbiology, <https://doi.org/10.1038/s41579-023-00990-3>
- De Groot, A.P. 1952. Amino acid requirements for growth of the honeybee (*Apis mellifera* L.). Cellular and Molecular Life Sciences 8(5):192-194.
- Ricigliano, V.A., Williams, S.T., Oliver, R. (2022). Effects of different artificial diets on commercial honey bee colony performance, health biomarkers, and gut microbiota. BMC Veterinary Research, 18:52. DOI: 10.1186/s12917-022-03151-5.
- Castaños, C. E. 2022. The dynamic metabolome of honey bee (*Apis mellifera*) under starvation and suboptimal nutrition. [Doctoral Thesis, University of Western Australia]. Research Repository-University of Western Australia.

31. DeGrandi-Hoffman, G., Gage, S. L., Corby-Harris, V., Carrol, M., Chambers, M., Graham, H., deJong, E. W., Hidalgo, G., Calle, S., Azzouz-Olden, F., Meador, C., Snyder, L., Ziolkowski, N. 2018. Connecting the nutrient composition of seasonal pollens with changing nutritional needs of honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies. *Journal of Insect Physiology*. 109:114-124. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2018.07.002>
32. Branchiccela, B., Castelli, L., Corona, M., Díaz-Cetti, S., Invernizzi, C., Martínez de la Escalera, G., Mendoza, Y., Santos, E., Zunino, P., Antúnez, K. 2019. Impact of nutritional stress on the honeybee colony health. *Scientific Reports*. 9:10156. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46453-9>
33. Ahmad, S., Khan, S. A., Khan, K. A., Li, J. 2021. Novel insight into the development and function of hypopharyngeal glands in honey bees. *Frontiers in Physiology*, 11:615830. doi: 10.3389/fphys.2020.615830
34. Omar, E., Abd-Ella, A. A., Khodairy, M. M., Moosbeckhofer, R., Crailsheim, K., Brodschneider, R. Influence of different pollen diets on the development of hypopharyngeal glands and size of acid gland sacs in caged honey bees (*Apis mellifera*). 2017. *Apidologie*, 48:425-436.
35. Münch, D., Amdam, G. V. 2010. The curious case of aging plasticity in honey bees. *FEBS Letters*, 584:2496-2503. doi:10.1016/j.febslet.2010.04.007
36. Arien, Y., Dag, A., Shafir, S. (2018). Omega-6:3 ratio more than absolute lipid level in diet affects associative learning in honey bees. *Frontiers in Psychology* 19. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01001>
37. Arien, Y., Dag, A., Shafir, S. (2018). Omega-6:3 ratio more than absolute lipid level in diet affects associative learning in honey bees. *Frontiers in Psychology* 19. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01001>
38. Chakrabarti, P., Lucas, H. M., Saqili, R. R. 2020. Novel insights into dietary phytosterol utilization and its fate in honey bees (*Apis mellifera* L.). *Molecules*, 25:571. doi:10.3390/molecules25030571
39. Oliver, R. 2021. Honey bee nutrition en Kane, T. R. & Faux, C. M. (Eds.), *Honey bee medicine for the veterinary practitioner* (Wiley Blackwell)
40. Mao, W., Schuler, M. A., Berenbaum, M. R. 2013. Honey constituents up-regulate detoxification and immunity genes in the western honey bee *Apis mellifera*. *PNAS*, 110 (22):8842-8846. <https://doi.org/10.1073/pnas.1303884110>
41. Di Pasquale, G., Salignon, M., Le Conte, Y., Belzunces, L. P., Decourtye, A., 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. doi:10.1371/journal.pone.0072016
42. Raymann, K., Moran, N. A. 2018. The role of the gut microbiome in health and disease of adult honey bee workers. *Current Opinion in Insect Science*, 26:97-104.
43. Nowak, A., Szczuka, D., Górczyńska, A., Motyl, I., Kregiel, D. 2021. Characterization of *Apis mellifera* gastrointestinal microbiota and lactic acid bacteria for honeybee protection-a review. *Cells*, 10(3):701 <https://doi.org/10.3390/cells10030701>
44. Castelli, L., Branchiccela, B., Garrido, M., Invernizzi, C., Porrini, M., Romero, H., Santos, E., Zunino, P., Antúnez, K. 2020. Impact of nutritional stress on honeybee gut microbiota, immunity, and *Nosema ceranae* infection. *Microbiol. Ecol.* 80:908-919.
45. Kešnerová, L., Mars, R. A. T., Ellegaard, K. M., Troilo, M., Sauer, U., Engel, P. 2017. Disentangling metabolic functions of bacteria in the honey bee gut. *PLoS Biol*, 15(12):e2003467. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2003467>
46. Iorizzo, M., Letizia, F., Ganassi, S., Testa, B., Petrarca, S., Albanese, G., Di Criscio, D., De Cristofaro, A. 2022. Functional properties and antimicrobial activity from lactic acid bacteria as resources to improve the health and welfare of honey bees. *Insects*, 13(3), 308. <https://doi.org/10.3390/insects13030308>
47. El Khoury, S., Rousseau, A., Lecoeur, A., Cheaib, B., Bouslama, S., Mercier, P.-L., Demeu, V., Castex, M., Giovenazzo, P., Derome, N. 2018. Deleterious interaction between honeybees (*Apis mellifera*) and its microsporidian intracellular parasite *Nosema ceranae* was mitigated by administering either endogenous or allochthonous gut microbiota strains. *Front. Ecol., Evol.* 6:58. Doi: 10.3389/fevo.2018.00058
48. Peghaire, E., Moné, A., Delbac, F., Debroas, D., Chaucheyras-Durand, F., El Alaoui, H. 2020. A *Pediococcus* strain to rescue honeybees by decreasing *Nosema ceranae*- and pesticide-induced adverse effects. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 163:138-146. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.11.006>
49. Borges, D., Guzmán-Novoa, E., Goodwin, P. H. 2021. Effects of probiotics and prebiotics on honey bees (*Apis mellifera*) infected with the microsporidian parasite *Nosema ceranae*. *Microorganisms*, 9(3):481. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030481>
50. Gajger, I. T., Vlainić, J., Šoštarić, P., Prešern, J., Bubnić, J., Smodiš, M. I. 2020. Effects on some therapeutical, biochemical, and immunological parameters of honey bee (*Apis mellifera*) exposed to probiotic treatments, in field and laboratory conditions. *Insects*, 11(9):638. <https://doi.org/10.3390/insects11090638>
51. Negri, P., Villalobos, E., Szawarski, N., Damiani, N., Gende, L., Garrido, M., Maggi, M., Quintana, S., Lamattina, L., Eguaras, M. 2019. Towards precisión nutrition: a novel concept linking phytochemicals, immune response and honey bee health. *Insects*, 10(11):401. <https://doi.org/10.3390/insects10110401>
52. García-Vicente, E., Rey-Casero, I., Pérez, A., Martín, M., González, M., Benito, M., Barquero, O., Risco, D. 2023. Evaluación de factores que influyen en la mortalidad de las colmenas mediante "Boosted Tree Models". XI Congreso Nacional de Apicultura, septiembre 2023
53. Carrol, M. J., Brown, N., Goodall, C., Downs, A. M., Sheenan, T. H., Anderson, K. E. 2017. Honey bees preferentially consume freshly-stored pollen. *PLoS ONE*, 12(4):e0175933. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175933>
54. Brodschneider, R., Crailsheim, K. 2010. Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 41:278-294. DOI: 10.1051/apido/2010012
55. Grant, K. J., DeVetter, L., Melathopoulos, A. 2021. Honey bee (*Apis mellifera*) colony strength and its effects on pollination and yield in highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum*). *PeerJ*, 9: e11634. doi: 10.7717/peerj.11634
56. Huang, Zhi-Yong and Gene Robinson. 1992 Worker-worker interactions mediate hormonally regulated plasticity in division of labor. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* Vol. 89, pp. 11726-11729. *Popular Biology*.
57. Doull, Kieth, M. 1980. Relationships between consumption of a pollen supplement, honey production and brood rearing in colonies of honeybees *Apis mellifera* L. *Apidologie*, Springer Verlag, 1980, 11 (4), pp.361-365. <hal-00890529>



MEGABEE®

Véto-pharma

Des questions sur
MegaBee ?
Scannez
le QR code !



LE SUPPLÉMENT MÉGA PROTÉINÉ POUR ABEILLES



POUDRE
AVEC
46%
DE PROTÉINES

**INGRÉDIENTS
NATURELS
HAUTEMENT APPÉTENTS**
SANS OGM,
SANS SOJA
NI PROTÉINE D'OEUF.

- Augmente la production de gelée royale
- Booste la production de couvain
- Augmente la longévité des abeilles
- Particules micronisées pour une absorption maximale



Consultez nos distributeurs
sur www.veto-pharma.fr

Disponible en sacs de 2 kg,
20 kg ou big bags de 680 kg.

www.veto-pharma.fr

MGB-17-FR-N01-02/25