



Clefs pour l'alimentation⁽¹⁾

Besoins alimentaires des abeilles

Etienne BRUNEAU

L'alimentation de l'abeille domestique provient principalement du pollen, du nectar des fleurs et du miellat produit par certains insectes. Dans certains cas rares, les abeilles peuvent collecter d'autres éléments pulvérulents ou des sirops sucrés présents dans l'environnement. Les apiculteurs peuvent également apporter des compléments nutritionnels sous forme de sirops de sucre ou de pâtes protéinées. Pour se développer harmonieusement, une colonie d'abeilles doit trouver dans son alimentation des protéines (acides aminés...), des glucides (sucres), des graisses (acides gras, stérols), des vitamines, des minéraux et de l'eau. Ces nutriments doivent être présents dans certaines proportions, tant en quantité qu'en qualité, pour répondre aux besoins nutritionnels spécifiques liés par exemple à la ponte, à la reproduction chez le mâle, à la production de gelée royale, à l'hivernage, aux consommations d'énergie... Sachant cela, et au vu des modifications environnementales que nous connaissons, existe-t-il un risque de malnutrition des abeilles et quelles en seraient les conséquences ?

LES SUCRES

Dans la nature, les sucres utilisés par l'abeille proviennent du nectar produit par les nectaires floraux ou extra-floraux et du miellat (exsudat de certains insectes comme les pucerons). Si la concentration en sucres peut aller de 4 à 60 %, les abeilles vont privilégier les sources de nectar dont la concentration est de 30 à 50 %. Elles délaisseront les nectars en-dessous de 15 %.

Le pain d'abeille, forme sous laquelle les abeilles consomment habituellement le pollen, contient de 30 à 35 % de sucres. Dans les pelotes de pollen espagnol, la teneur est en moyenne de 32,9 % de sucres réducteurs et de 6,12 % de saccharose (Serra Bonvehí, J. *et al.*, 1997).

Les sucres représentent une part importante de l'alimentation des abeilles et sont principalement utilisés pour leurs dépenses énergétiques, fonction de leur activité (thermorégulation, nettoyage des cellules, alimentation du couvain, récolte et emmagasinage du nectar et du pollen). Ils peuvent également être stockés dans les corps gras des abeilles après transformation. Si les sucres habituellement présents dans les miels (glucose, fructose, saccharose, tréhalose, maltose, mélézitose...) sont assimilés par les abeilles, il n'en va pas de même pour d'autres sucres présents dans certains miellats (raffinose...), pour lesquels elles ne disposent pas des enzymes nécessaires. Comme nous le montrent des essais réalisés sur des abeilles en cagette nourries avec ces sucres, ceux-ci peuvent réduire la durée de vie des abeilles.

En matière de dépenses énergétiques, la thermogénèse est l'activité la plus coûteuse pour l'abeille. La thermorégulation dépend de la température extérieure : lorsque celle-ci est basse, les abeilles produisent de la chaleur afin de maintenir une température adéquate au sein de la ruche. Le couvain devra être maintenu à une température proche de 34°C ; en période hivernale, la température minimale de la colonie sera de 13°C au centre de la grappe et de 8°C en périphérie (Winston, 1987).

Dans les pays tempérés, une colonie consomme de 19 à 25 kg de l'automne à la fin de l'hiver (température de -4°C à +7°C) (Farrar 1952, 1960; Dyce and Morse, 1960; Johanson and Johanson, 1969).

Le butinage occasionne aussi une grande consommation d'énergie. Les butineuses qui récoltent le nectar à proximité de la colonie n'utilisent généralement pas ce nectar ou seulement en faible quantité car il n'est pas assez concentré en glucides. Elles le rapportent à la ruche et le distribuent à des abeilles « magasinnières » qui vont le déposer dans les cellules. Une partie de ce nectar peut être consommé immédiatement par les ouvrières présentes dans la ruche, ou ultérieurement sous forme de nectar ou de miel.

Il est établi qu'une colonie d'abeilles consomme en général 60 à 80 kg de miel par an (Moritz et Southwick,

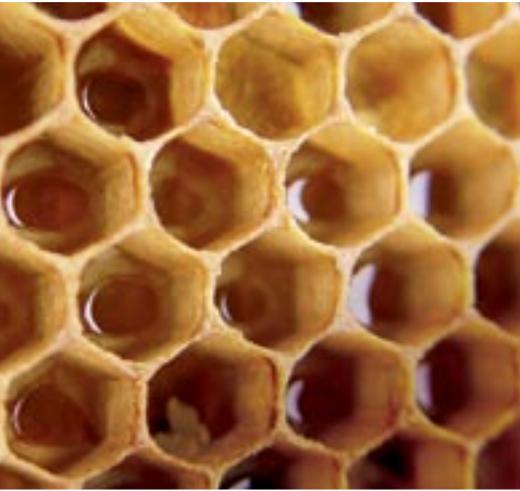
1992; Rosov, 1944; Seeley, 1985; cités par Doucet Personeni *et al.*, 2003).





LES PROTÉINES ET LES ACIDES AMINÉS

Durant la première partie de leur vie (du 1^{er} au 15^e - 18^e jour), les ouvrières adultes consomment des protéines provenant



du pollen récolté par les butineuses et stockées sous forme de pain d'abeille. On peut considérer celui-ci comme étant un ensilage de pollen en alvéole dans lequel des *Pseudomonas*, 3 espèces de *Saccharomyces* et une espèce de *Lactobacillus* jouent un rôle important. La valeur biologique du pollen ensilé est supérieure à celle du pollen frais (Pain *et al.*, 1966).

Au printemps en conditions d'élevage, la plus grande quantité de pollen est consommée entre le 3^e et le 6^e jour de la vie des abeilles et cette consommation s'étend jusqu'au 9^e jour pour les abeilles d'été (Zherebkin, 1965). Cet apport en protéines est indispensable pour compléter leur croissance et leur développement. Pain et Maugenet (1966) ont évalué que près de 60 mg/abeille étaient ainsi consommés durant les dix premiers jours.

Les abeilles doivent trouver dans leur alimentation des acides aminés spécifiques. Dix sont essentiels pour l'abeille (thréonine, valine, méthionine, isoleucine, leucine, phénylalanine, histidine, lysine, arginine et tryptophane) (De Groot, 1953). Ainsi, par exemple, de jeunes abeilles maintenues en cage avec une alimentation exclusive de pollen de pissenlit (carencé en tryptophane, phénylalanine et arginine) n'ont pas réussi à élever de couvain. Un complément de L-arginine a cependant permis d'arriver à un élevage complet (Herbert *et al.*, 1970). La proline (souvent dominante), la glycine et la sérine ne sont pas indispensables pour la croissance, mais ces acides aminés exercent cependant un effet stimulant dans

le cas où on serait en-dessous du niveau optimal de croissance (De Groot, 1953).

Le pourcentage de protéines contenues dans le pollen est également très important. Pour pouvoir assimiler 10 g de protéines, une colonie doit consommer 48 g de pollen contenant 30 % de protéines. Si ce pourcentage baisse de 10 % (pour arriver à 20 %), la quantité de pollen consommé passera à 72 g pour maintenir un niveau d'assimilation correct (Kleinschmidt et Kondos, 1976). Kleinschmidt *et al.* annoncent d'ailleurs 20 % comme étant le taux de protéines minimum du pollen pour maintenir l'élevage et le développement d'une colonie. En période de miellée avec un élevage moyen, cette teneur en protéines doit être d'au moins 25 % et en période de miellée intense avec une augmentation de l'élevage (Kleinschmidt, 1986), elle doit dépasser les 30 % pour maintenir le taux de protéines dans le corps des abeilles. Cette teneur concerne les pelotes de pollen. Il faut prendre en considération que lors de la formation de la pelote de pollen, l'abeille rajoute une quantité importante de sucres qui représente au moins la moitié du poids et peut aller bien au-delà (Roulston *et al.*, 2000).

Le pollen intervient dans le développement des glandes hypopharyngiennes des jeunes abeilles et de leurs corps adipeux (Maurizio, 1954). Si les nourrices ne trouvent pas les protéines nécessaires à leur alimentation, leurs glandes hypopharyngiennes ne se développeront pas complètement et leur production de gelée royale (substance contenant de 65 à 67 % d'eau et riche en protéines, lipides, sucres réducteurs, vitamines B et C et minéraux) ne permettra pas un développement normal du couvain et/ou une alimentation correcte de la reine. La ponte de cette dernière s'en trouvera réduite. L'apport protéique des sécrétions des glandes hypopharyngiennes représente environ 95 % de la quantité totale des protéines nécessaire au développement d'une larve (Babendreier *et al.*, 2004). Pour Pernal et Currie (2000), le pollen intervient au niveau de la vitellogénèse et, en absence de reine, il augmente le développement des ovaires des abeilles. Ils constatent des différences importantes dans l'assimilation des protéines de différents pollens par les glandes hypopharyngiennes et les ovaires.

Il faut préciser que les larves sont nourries avec une gelée ou une bouillie larvaire. Cette gelée a une composition similaire à celle de la gelée royale durant les trois premiers jours. Par la suite, les nourrices incorporent progressivement du pollen et du miel en fonction de l'âge de la larve (Winston, 1987). Les larves consomment du pollen principalement les 4^e et 5^e jour de leur vie. En fonction des auteurs, la consommation d'aliments par la larve va de 42 à 125 mg de pollen (Haydak, 1968; Doull, 1974).

Souvent, les nourrices assurent par trophallaxie l'alimentation des ouvrières plus âgées comme les butineuses (Crailsheim *et al.*, 1996). Ces échanges participeraient à la régulation de la récolte de pollen, la quantité d'alimentation reçue par les butineuses étant un indicateur de la quantité totale de pollen apportée à la ruche (Camazine *et al.*, 1998).

En cas de carence pollinique, les larves seront sous-alimentées et mal operculées (Blaschon *et al.*, 1999), les nourrices peuvent réduire le nombre de larves à nourrir (abandon des jeunes larves au profit des plus âgées) (Schmick et Crailsheim, 2002) et cela jusqu'à un arrêt total de l'élevage (Blaschon et Crailsheim, 2001).

Une bonne teneur en protéines des larves de mâles va favoriser une maturité sexuelle rapide et la production d'un plus grand nombre de spermatozoïdes (Nguyen, 1999). De plus, la maturité sexuelle des mâles repose sur une importante consommation de pollen lors des premiers jours du stade adulte (Szolderits et Crailsheim, 1998). Ces besoins en protéines sont couverts par la nourriture (un mélange de sécrétions glandulaires, de pollen et de miel) que les jeunes ouvrières donnent aux mâles de 1 à 8 jours.

En un an, une forte colonie, ayant élevé plus de 200.000 abeilles, a consommé au moins 25 kg de pollen. Cette quantité de pollen ne reprend que la part prise par les larves. Si l'on tient également compte du pollen consommé par les jeunes abeilles (pour la production de cire...), on peut doubler ces besoins en pollen. Une consommation de 50 kg de pollen semble raisonnable et peut varier en fonction du type d'apiculture pratiquée (prolongation des périodes d'élevage, transhumance...). (Somerville, 2001).



SARRASIN



PISSENLIT



PORCELLE ENRACINÉE



LAVANDE



ASPHODÈLE



PRUNIER



TRÈFLE BLANC



AJONC D'EUROPE

TENEUR EN PROTÉINES BRUTES DE DIFFÉRENTS POLLENS

	% protéines		% lipides
	pelote	plante	
Pièdre qualité			
Hêtre - <i>Fagus sylvatica</i>		17,4d	
Sarrasin - <i>Fagopyrum esculentum</i>	11a		
Pissenlit - <i>Taraxacum officinale</i>		19,2d	
Tournesol - <i>Helianthus annuus</i>	13a-15b	30,6d	11,9c
Chêne pédonculé - <i>Quercus robur</i>		30,6d	
Chêne rouge - <i>Quercus rubra</i>		40,6d	
Pin - <i>Pinus banksiana</i>	14b		
Myrtillier - <i>Vaccinium</i>	14a	43d	
Maïs - <i>Zea mays</i>	15a	23,9d	
Porcelle enracinée - <i>Hypochoeris radicata</i>	16a*		lip.a
Cirse vulgaire - <i>Cirsium vulgare</i>	17a*		
Citronnier - <i>Citrus sp</i>	19a		
Lavande - <i>Lavendula sp</i>	20a*		
Qualité moyenne			
Centaurée du solstice - <i>Centaurea solstitialis</i>	21a	25,3d	
Marronnier - <i>Aesculus hippocastanum</i>	26,	7d	
Noisetier - <i>Corylus avellana</i>	30,	2d	
Saule marsault - <i>Salix caprea</i>	22a-36,	8d	
Herbe au chantre - <i>Sisymbrium officinale</i>	22a		lip.a
Asphodèle - <i>Asphodelus fistulosus</i>	23a		
Rapistre d'Orient (chou bâtard) - <i>Rapistrum rugosum</i>	23a	lip.a	
Navet - <i>Brassica napus</i>	24a	31,9d	lip.a
Vesce - <i>Vicia sp</i>	24a	42,8d	
Féverole - <i>Vicia faba</i>	24a		
Mélilot officinal - <i>Melilotus officinale</i>		24b	
Qualité supérieure			
Amandier - <i>Prunus dulcis</i>	25a		
Prunier - <i>Prunus communis</i>	43,	6d	
Pommier - <i>Malus domestica</i>	25b		
Colza - <i>Brassica campestris</i>	26b		20,3c
Trèfle blanc - <i>Trifolium repens</i>	26a	35,4d	
Poirier - <i>Pyrus communis</i>	26a		
Ajonc d'Europe - <i>Ulex europaeus</i>	28a		
Qualité excellente			
Phacélie - <i>Phacelia tanacetifolia</i>	30b		
Lupin - <i>Lupinus angustifolius</i>	34a		
Vipérine commune - <i>Echium vulgare</i>	35a		

Sources : • Somerville, 2001 = a (pelotes de pollen). Somerville donne certaines informations complémentaires :

* = ne répond pas entièrement aux besoins en acides aminés essentiels - lip. = riche en lipides • Pernal et Currie, 2000 = b • Singh S. et al., 1999 = c • Roulston et al., 2000 (pollens prélevés sur les plantes) = d

Remarque : les plantes pour lesquelles nous ne disposons que des données relatives aux pollens prélevés sur la plante sont reprises dans la liste à une position estimée indicative.



LES LIPIDES

Canavozo *et al.* (2001) expliquent le rôle des glucides et dressent un bilan des besoins nutritionnels en lipides chez les insectes. La plupart des lipides présents dans l'hémolymphe sont associés à une lipoprotéine simple appelée lipophorine. Elle joue un rôle de transporteur entre l'intestin et les corps gras de celui-ci et les muscles des ailes pour leur synthèse. La majorité des lipides sont stockés dans les corps gras sous forme de triacylglycérol. Rappelons que la majorité des corps gras sont également le site de synthèse des protéines de l'hémolymphe. C'est aussi l'organe principalement impliqué dans le métabolisme et le site principal de stockage du glycogène (polymère du glucose).

Tous les insectes ont besoin de stéroïdes dans leur alimentation. Le cholestérol est le stérol dominant. C'est un constituant des membranes cellulaires (le 24-méthylène cholestérol que l'on retrouve dans le pollen est le stérol dominant dans les tissus de l'ouvrière et de la reine) et un précurseur d'hormones. En plus des stéroïdes, de nombreux insectes requièrent des acides gras poly-insaturés. L'absence d'acide linoléique provoque un arrêt de la métamorphose. Par ailleurs, des acides gras comme l'acide linoléique, présents dans certains pollens, diminuent la sensibilité du couvain aux loques américaine et européenne (Feldlaufer *et al.*, 1993). Des messagers hormonaux dérivés de l'acide linoléique pourraient avoir, entre autres, un rôle sur l'immunité de certains insectes. Certains lipides peuvent jouer un rôle comme lubrificateur de l'alimentation (Elton et Herbert, 1992).

Dans des conditions normales, les besoins en lipides sont remplis par la consommation de pollen. La teneur en lipides des pollens varie le plus souvent entre 4 et 6 % (extrêmes : 1 à 20 %) du poids sec.

LES AUTRES ÉLÉMENTS

Il est assez difficile de séparer les différents effets liés aux nombreux constituants du pollen et de connaître la part respective des uns et des autres dans la valeur biologique de l'alimentation car les connaissances en la matière sont moins avancées que pour les autres espèces animales domestiques.

Les vitamines

Le rôle des vitamines dans la croissance et le développement des abeilles reste méconnu. Généralement, le pollen contient les sept vitamines du groupe B (thiamine, riboflavine, pyridoxine, acide pantothénique, niacine, acide folique et biotine) qui sont vitales pour la majorité des insectes (Dadd, 1973). Plusieurs auteurs s'accordent à dire que ces vitamines sont indispensables pour permettre un élevage complet du couvain (Elton et Herbert, 1992). À l'exception de la vitamine D, les vitamines liposolubles A, E et K ont des effets bénéfiques sur la physiologie des insectes (Canavozo *et al.*, 2001).

Les minéraux

Les besoins alimentaires en minéraux n'ont pas encore pu être définis expérimentalement. Cependant, ces éléments (potassium, calcium, magnésium, fer, zinc, sodium, manganèse, cuivre...) présents dans le pollen en quantités relativement faibles (2,5 à 6,5 % du poids sec) sont indispensables pour des mécanismes vitaux liés au fonctionnement des systèmes enzymatiques (Elton et Herbert, 1992).

L'eau

Au niveau de la colonie, l'eau intervient dans une série de mécanismes vitaux. L'élevage du couvain en requiert de grandes quantités. La nourriture larvaire en contient 66 %. L'eau est prélevée soit par des butineuses à eau soit lors d'un apport de nectar trop humide. L'eau intervient également pour permettre à l'abeille de récolter des nectars trop visqueux, pour maintenir une humidité suffisante au niveau du couvain ou pour le refroidir si nécessaire par évaporation (Elton et Herbert, 1992). Il faut cependant préciser que le métabolisme hydrique de l'abeille (individu) n'est pas prévu pour éliminer de l'eau. Elle ne peut donc pas consommer régulièrement du nectar à 30 % de sucres.

Autres

Melliou et Chinou (2005) ont récemment mis en évidence dans la gelée royale de nombreuses molécules qu'on ne peut classer ni dans les sucres, ni dans les protéines, lipides, vitamines ou éléments minéraux. Elles auraient pourtant un rôle tant au niveau de l'individu (augmentation de l'appétence, facteur indispensable à un stade de développement de l'individu, précurseur d'hormones de croissance...) qu'au niveau social (phéromones inhibitrices ou modificatrices...). Son rôle serait donc plus complexe que celui d'un simple aliment !

Dans la seconde partie de cet article, nous aborderons la stratégie mise en place par les abeilles pour trouver dans la nature les aliments qui leur permettront de satisfaire les besoins de la colonie à un moment donné.

Ce texte est basé en grande partie sur le texte remis à l'Académie d'Agriculture de France à l'occasion d'un débat « agriculture et apiculture » qui s'est tenu le 14 juin 2006 à Paris.

Les références bibliographiques seront disponibles sur notre site lors de la publication de la seconde partie.



LUPIN



VIPÉRINE