

Ce que la recherche nous apprend...

Les secrets de la vitellogénine

L'organisation sociale de la colonie est régulée par diverses phéromones

Bien qu'un polyéthisme en fonction de l'âge des ouvrières est régulièrement mis en avant dans les publications apicoles ; on sait, depuis les travaux de Karl Von Frish, que les abeilles présentent une adaptabilité comportementale très importante. La figure 1, montre, en effet, une certaine flexibilité comportementale des ouvrières. Sur cette représentation une caste « fourre-tout » a été fort judicieusement appelée abeilles d'âge intermédiaire (MAB) car elles se trouvent dans un stade « tampon » entre la fonction de nourrice et la fonction de butineuses. Ces abeilles âgées de 8 à 24 jours en moyenne participent à environ 15 tâches, allant de la construction du nid et son entretien, en passant par la réception du nectar et son traitement, à la défense du nid. Les jeunes MAB semblent passer plus de temps à l'entretien de la colonie, tandis que les

MAB plus âgées s'occupent de tâches plus près de l'entrée du nid (réception du nectar). Les ouvrières ajustent leur développement comportemental en réponse aux conditions internes au nid et aux conditions environnementales. Cette flexibilité assure à la colonie un équilibre

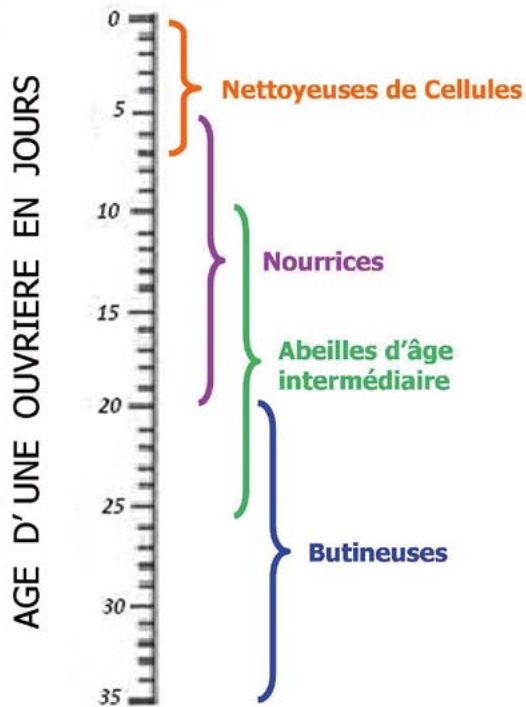


Figure 1 : Polyéthisme d'âge selon une publication de Michener (1974)

dans son développement et ses besoins. C'est au niveau de ces abeilles d'âge intermédiaire que la régulation entre les nourrices et les butineuses s'établit pour réguler la taille de la colonie. Un manque de butineuses accélère le développement comportemental de ces abeilles d'âge intermédiaire tandis qu'un manque de nourrices retarde le développement comportemental de ces dernières.

Lors d'une perte importante de butineuses suite à une intoxication, la diminution d'activité de la colonie est rapidement neutralisée durant les jours qui suivent.

La régulation du passage du stade nourrice au stade butineuse se fait au sein de la caste d'abeilles d'âge intermédiaire via l'émission de diverses phéromones par les butineuses (telle que l'hormone juvénile qui est émise dans les corpora allata, une paire de glandes sécrétrices localisées à proximité du cerveau et l'oléate d'éthyle qui est émise au sein de leur jabot) et par le couvain (telle que la BEP).

Les butineuses produisent au niveau de leur jabot une phéromone (l'oléate d'éthyle) qui inhibe la maturation comportementale des jeunes abeilles d'âge intermédiaire en butineuses. Cette phéromone se transmet par trophallaxie lors de l'apport de nectar. Si les butineuses sont nombreuses, le signal d'inhibition est important et le nombre d'abeilles d'âge intermédiaire ne fait qu'augmenter. Cela donne une réserve de forces disponibles en cas de coup dur. C'est ainsi que lors d'une perte importante de butineuses suite à une intoxication, la diminution d'activité de la

colonie est rapidement neutralisée durant les jours qui suivent.

Comme nous en avons déjà parlé dans la Belgique Apicole de janvier 2013, l'équipe du professeur Le Conte à Avignon a démontré par diverses études menées de 1990 et 2001 que la Brood Ester Phéromone (BEP) émise par le couvain module le comportement de butinage des ouvrières. Lorsque la BEP est émise à faible dose, les abeilles d'intérieur deviennent plus vite butineuses alors qu'à forte dose, la BEP retarde le passage des ouvrières au butinage. En cas de miellée abondante, les abeilles placent le nectar partout dans

le nid à couvain, réduisant de ce fait les possibilités de ponte de la reine. Le taux de BEP au sein de la colonie diminue avec la réduction de l'importance du couvain et les nourrices peuvent alors évoluer vers le stade de butineuses. Toutes les forces de la colonie sont ainsi affectées à la récolte de nectar, ce qui permet des apports très importants en quelques jours. Sur l'année, le nombre de jours de miellée est assez limité et un tel mécanisme permet d'en profiter au mieux. A noter que la colonie sort affaiblie de cette situation puisque de nombreuses butineuses meurent d'épuisement lors de cette miellée alors que peu de jeunes ouvrières naissent.

De nombreuses études ont montré une corrélation entre l'augmentation du taux de l'hormone juvénile (JH) et l'âge du premier butinage des abeilles. Le taux d'hormone juvénile augmente avec l'âge des abeilles, mais également avec le développement comportemental des abeilles, les butineuses ont des taux plus élevés de JH dans leur hémolymphe que les nourrices.

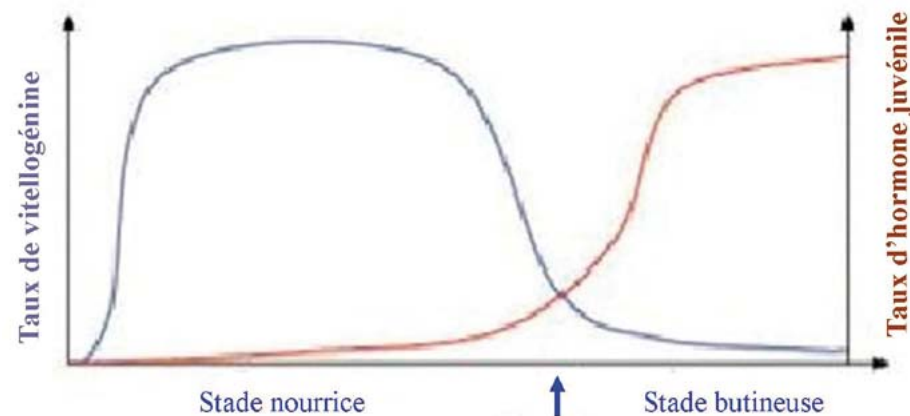


Figure 2 : Evolution comparative entre les réserves de vitellogénine et le niveau de production d'hormone juvénile selon une publication(3) de Page et Amdam (2007)

La vitellogénine est la clé de l'organisation sociale des abeilles.

Dans une étude réalisée, en 2003, par la chercheuse Gro Amdam⁽²⁾ à l'université des sciences de la vie à As en Norvège, la vitellogénine serait la clé de l'organisation sociale des abeilles. Cette chercheuse et un de ses collaborateurs⁽³⁾ ont démontré en 2007 que la diminution brutale de concentration de vitellogénine détermine la transition entre le stade de nourrice et celui de butineuse ! Ce qui se confirme lorsque l'on supprime le gène codant pour la vitellogénine, la production d'hormone juvénile nécessaire au butinage, se met alors en place. On peut donc en déduire que la vitellogénine empêche la production d'hormone juvénile et inhibe ainsi le passage des tâches liées au couvain vers des tâches d'extérieur. Ce passage est dès lors caractérisé par une diminution de la vitellogénine et une augmentation de

l'hormone juvénile.

La vitellogénine est véhiculée dans l'hémolymphe des abeilles et, si elle n'est pas utilisée, est stockée, dans les ovaires, leurs corps gras, les glandes hypopharyngiennes et le cerveau. Outre son rôle inhibiteur sur l'hormone juvénile, la vitellogénine intervient avec d'autres éléments (sucres...) dans la sécrétion de la gelée royale produite par les glandes hypopharyngiennes. Comme on le voit sur la figure 2, la production de vitellogénine par les jeunes abeilles est insignifiante au départ mais augmente rapidement après deux à trois jours pour atteindre un pic entre cinq et quinze jours (stade nourrice) pour ensuite rapidement diminuer. Ce cycle correspond à celui l'évolution de la production de gelée royale par les abeilles. La figure 3, montre comment, en 2010, Munch et Amdam⁽⁴⁾ expliquent l'évolution de la capacité de stockage et de synthèse de vitellogénine des différents phénotypes par lesquels une abeille passe au cours de sa vie.

l'évolution de l'abeille d'une fonction à la suivante (flèches bleues) est liée à l'allocation des ressources et aux échanges trophallaxiques entre consœurs. Les abeilles nourrices (avec une espérance de vie de quelques semaines indiquée sur l'axe des y) produisent en permanence de grandes quantités de vitellogénine (grands éclairs verts) à partir des

On peut affirmer que les couvertures hivernales de sol par des plantes mellifères telles que la moutarde ou la phacélie induit une ponte prolongée de la reine en automne qui se traduit par une baisse de vitalité de nos abeilles d'hiver.

acides aminés contenus dans le pollen dont elles se nourrissent et la stockent dans leurs corps gras abdominaux (boules rouges) pour la transférer (flèches rouges ± larges) sous forme de gelée aux bénéficiaires (couvain, jeunes abeilles et butineuses). Selon un article d'Etienne Bruneau dans Abeilles et Cie paru en mars 2012, cent nourrices peuvent, en une nuit, alimenter en gelée

16 % de l'ensemble des abeilles et 25 % de la gelée est donnée aux adultes, principalement aux butineuses. La nourrice vieillissant, sa capacité de synthèse diminue (petits éclairs verts) puis disparaît. Leurs réserves accumulées (boules rouges dans l'abdomen) baissant, les abeilles passent de la fonction de nourrices à butineuses. Ces dernières ont de faibles stocks de vitellogénine (petits boules rouges dans l'abdomen) et présentent le phénotype le plus éphémère qui meurt généralement après quelques jours (axe des y). Toutefois, si elles reviennent à des tâches de nourrices (flèche brune), les butineuses peuvent retrouver les caractéristiques de ce phénotype avec une capacité de survie intermédiaire. Lorsque les surfaces de couvain diminuent

à l'automne, les jeunes abeilles évoluent vers un état d'abeilles d'hiver à longue durée de vie (flèche fuschia). Alors que les nourrices et les abeilles d'hiver ont, toutes deux, d'importantes réserves de vitellogénine (grosses boules rouges dans l'abdomen), les abeilles d'hiver montrent une propension grandement réduite à s'occuper du couvain et vivent plusieurs mois de plus que les nourrices en été.

La vitellogénine garante de la longévité des abeilles.

La dynamique, présentée par Munch et Amdam dans la figure 3, suggère que la vitellogénine est l'élément principal de la survie des abeilles mellifères. La vitellogénine présente, en effet, des caractéristiques typiques d'un facteur anti-vieillesse. Dans

l'hémolymphe, la vitellogénine est le principal agent transportant du zinc. Or le manque en zinc est connu pour causer une transformation des cellules immunitaires (les hémocytes) et ainsi une baisse d'immunité et une plus grande sensibilité aux pathogènes. D'autre part, la vitellogénine peut réduire le stress oxydatif chez l'abeille en piégeant les radicaux libres, prolongeant de ce fait la durée de vie des ouvrières et de la reine. C'est une des raisons qui expliquent la longévité des abeilles d'hiver qui la stockent dans leurs corps gras surdéveloppés. A noter que le stockage de la vitellogénine dans les corps gras des abeilles (permettant leur passage à l'état d'abeille d'hiver) est inhibé par la présence de couvain ouvert, et cela que les abeilles le nourrissent ou non.

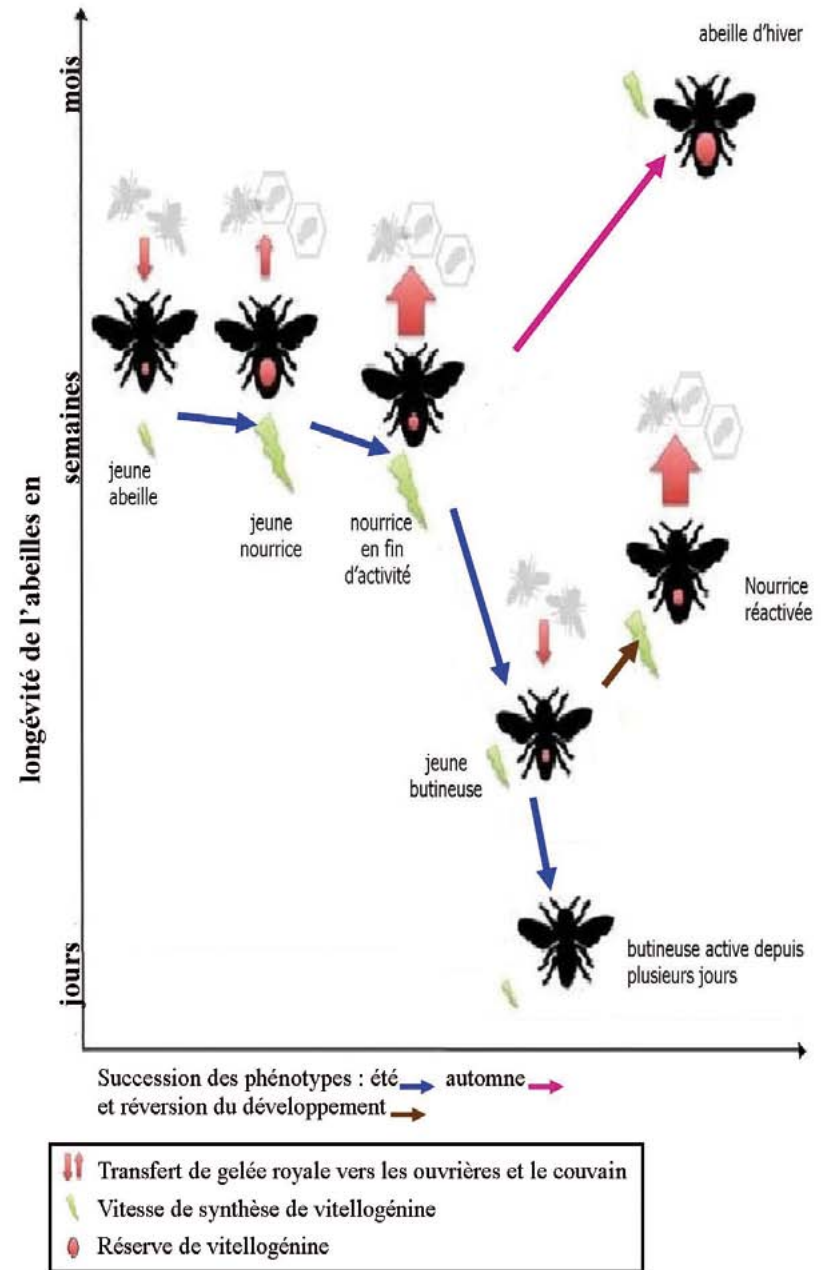


Figure 3 : Evolution de la capacité de stockage et de synthèse de vitellogénine des différents phénotypes par lesquels une abeille passe au cours de sa vie. D'après Münch et Amdam - 2010

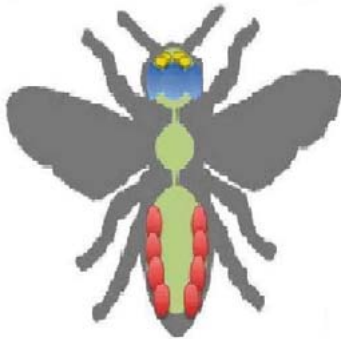
Sachant cela, on peut affirmer que les couvertures hivernales de sol par des plantes mellifères telles que la moutarde ou la phacélie induit une ponte prolongée

de la reine en automne qui se traduit par une baisse de vitalité de nos abeilles d'hiver.

Jean-Luc Strebelle

Références bibliographiques

1. Michener CD (1974) *The social behavior of the bees* Harvard University Press, Cambridge.
2. Amdam G. et al. (2003) Social exploitation of vitellogenin. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100, 1799-1802.
3. Page RE, Jr., Amdam GV (2007) The making of a social insect: developmental architectures of social design. *BioEssays* 29, 334-343.
4. Münch D., Amdam G. (2010) The curious case of aging plasticity in honey bees. *FEBS Letters Volume 584, Issue 12, 18 June 2010, Pages 2496-2503*



Fonctions de la vitellogénine dans les différents compartiments où on la retrouve

-  **Hémolymphe** : transport, stockage et résistance au stress oxydatif
-  **Corps gras** : synthèse, stockage et résistance au stress oxydatif
-  **Glandes hypopharyngiennes** : synthèse de la gelée royale
-  **Cerveau** : stockage, résistance au stress oxydatif et régulation du comportement

La vitellogénine est la protéine qu'on retrouve la plus abondamment dans l'hémolymphe des abeilles : elle représente, selon Munch et Amdam(4), 30-50% de la fraction de protéique de l'hémolymphe des nourrices. Toujours selon la publication de Munch et Amdam(4), et comme cela est représenté ci-dessous, les abeilles procèdent au stockage de vitellogénine dans le cerveau. Elle y empêche, notamment, la production de l'hormone juvénile par les corpora allata se trouvant à proximité et retarde, de ce fait, le passage du stade nourrice au stade butineuse.