

Succès de l'élevage d'abeilles mellifères résistantes à *Varroa destructor*

Le 44^e congrès de la Fnosad-LSA a été l'occasion de découvrir une méthode de sélection permettant d'obtenir des souches d'abeilles résistantes au varroa, tout en préservant leurs caractéristiques de douceur et de productivité. Explications.

par **Sacha d'Hoop** et **Julien Duwez**, coordinateurs de projet



Séance de comptage dans le couvain organisée dans les locaux d'Arista Bee Research, en août en Belgique. Durant cette journée, les participants du programme de sélection vont désoperculer des centaines de cellules afin d'évaluer le score de résistance des colonies.

Arista Bee Research, quelques mots sur sa genèse

En 1997, des scientifiques de l'USDA travaillant à Baton-Rouge¹ ont tenté de sélectionner des abeilles mellifères résistantes au varroa (Harbo & Hoopingartner, 1997). Pour ce faire, ils ont utilisé comme matériel de départ 8 colonies qui semblaient avoir un potentiel de résistance. À partir de ces colonies, ils ont élevé 43 reines qu'ils ont inséminées artificiellement avec le sperme d'un seul mâle. Ils ont ensuite mesuré la quantité initiale d'acariens. Dix semaines plus tard, ils ont recalculé le taux d'infestation en varroas dans ces 43 nouvelles colonies. Ils se sont aperçus que parmi elles, 3 étaient moins infestées que les autres. Ils ont alors mesuré 4 caractéristiques : le comportement d'épouillage des abeilles, la durée d'operculation du couvain, leur comportement hygiénique ainsi que le taux de non-reproduction de l'acarien. Le taux de non-reproduction équivalait à la proportion de fondatrices varroas capables de se reproduire. Naturellement, environ 20 % des fondatrices ne se reproduisent pas. Cette dernière caractéristique est hautement corrélée à la diminution du taux d'infestation en varroas.

En continuant leur recherche, ils se sont rendus compte que la diminution du taux de non-reproduction était liée à la détection et à la désoperculation des cellules infestées de varroas.

Les abeilles de la colonie, porteuses des gènes de résistances, sont capables de détecter les varroas qui se reproduisent de ceux qui ne le font pas. C'est ainsi qu'ils ont remarqué que le taux de non-reproduction des varroas était augmenté dans cette population (Harris, 2007). Ce comportement a été nommé VSH pour *Varroa Sensitive Hygiene* (en français : Hygiène sensible au varroa).

Dans des colonies possédant cette caractéristique de résistance, les abeilles sont capables de détecter la reproduction d'une fondatrice varroa dans une cellule. Sur la Figure 1, à gauche, le schéma classique de reproduction du varroa est détaillé. À droite, il s'agit d'une colonie résistante au varroa, où le développement de l'abeille et du varroa reste inchangé. Le comportement de résistance de l'abeille s'opère en deux étapes. La première est une détection par une abeille d'une nymphe infestée par le parasite : les abeilles vont marquer la cellule en la désoperculant partiellement. Cette cellule sera ensuite désoperculée et vidée de la nymphe infestée, ce qui est la seconde étape du comportement. La nymphe infestée est alors « sacrifiée » avec les jeunes varroas, ce qui enrayer la multiplication exponentielle des varroas au sein de la colonie. La fondatrice, quant à elle, ne meurt pas, mais regagne une nouvelle cellule pour un nombre limité de tentatives de reproduction.

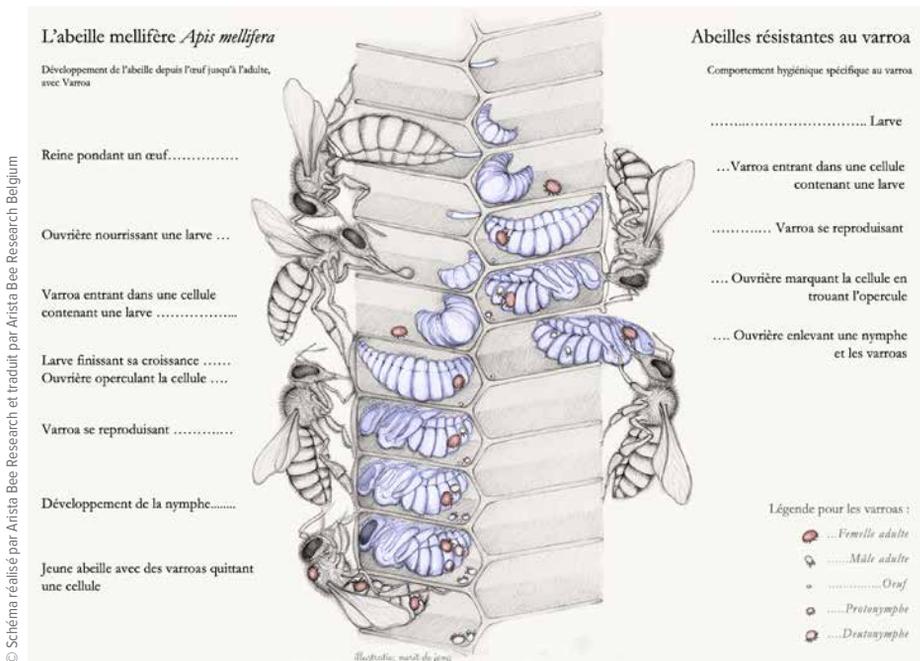
1 – Localité en Louisiane où se trouvent les services de recherche du ministère américain de l'agriculture (USDA), dont ceux dédiés à l'abeille.

Une colonie hautement résistante détectera chacun des varroas tentant de se reproduire dans la colonie.

Cette expertise a été importée des États-Unis en Europe par BartJan Fernhout et Renaud Lavend'Homme en 2013. Fin 2013, la fondation Arista Bee Research s'est établie aux Pays-Bas avec pour objectif de développer et de soutenir des programmes de sélection d'abeilles résistantes au varroa, en se basant sur la méthode initiée aux

États-Unis. Le projet s'est mis en place sur la base d'une collaboration entre éleveurs et sélectionneurs de reines. En 2018, au regard du succès grandissant de cette méthode de sélection auprès des apiculteurs en Belgique, l'association Arista Bee Research Belgium a vu le jour et a pu bénéficier du soutien financier de la Région wallonne et de l'Union européenne par la suite. Depuis lors, le nombre d'apiculteurs participants en Wallonie, comme en Europe, ne cesse d'augmenter.

FIGURE 1. Comportement de résistance sensible au varroa (VSH) de l'abeille *Apis mellifera*. À gauche, reproduction d'une fondatrice varroa dans une colonie non résistante, à droite dans une colonie résistante.



V*arroa destructor*, cet acarien présent en France depuis 1982, n'a plus besoin d'être présenté. Tout apiculteur sait à quel point ce parasite constitue un danger pour nos abeilles. La situation récente en Australie, avec les mesures drastiques prises pour éviter la contamination des ruches, en est une fois de plus la preuve. En effet, en juin 2022, l'Australie recensait son premier *Varroa destructor* (Department of Primary Industries, 2023) et, pendant plus d'un an, les apiculteurs australiens tentaient d'éradiquer l'acarien en détruisant toutes les colonies dans un rayon de 10 km autour de chaque colonie infestée. Mais en septembre 2023, les autorités compétentes ont finalement pris la décision de mettre fin aux mesures d'éradication, jugées inefficaces. Aujourd'hui, dans le monde, la quasi-totalité des colonies d'abeilles mellifères sont infestées. En France, les méthodes de lutte sont les mêmes depuis l'arrivée de l'acarien il y a 41 ans. Pourtant, une solution durable existe...

Les deux piliers de la méthodologie Arista

Le projet de sélection d'abeilles résistantes au varroa repose sur deux piliers : (1) l'insémination artificielle de reines et (2) la sélection des colonies produisant les mâles. L'ensemble des informations est rassemblé dans une base de données permettant d'assurer la traçabilité des croisements et des résultats qui y sont liés.

1. Insémination de reines

Dans le génome de nos abeilles domestiques sont présents les gènes responsables du comportement de résistance. Malheureusement, ils se trouvent en quantités trop faibles pour être exprimés par un nombre suffisant d'abeilles au sein de la colonie. L'objectif d'inséminer des reines avec le sperme d'un seul mâle (ou SDI pour *Single Drone Insemination*) est de concentrer ces gènes de résistance. Au départ du projet, les reines utilisées sont issues de colonies qui ne sont pas résistantes au varroa mais qui possèdent toutes les caractéristiques qui intéressent les apiculteurs : une bonne production de miel, une tendance à l'essaimage faible, des abeilles douces... Le varroa ne se soucie pas de la couleur des abeilles, et dans le cadre de la sélection, Arista Bee Research soutient tous les éleveurs en race pure, peu importe la race considérée !

À partir de cette reine (aux caractéristiques propres à la race considérée) vont être générées des reines filles. La Figure 2 (ci-contre) reflète la situation initiale lors de la sélection de résistance au varroa. Sans sélection préalable pour ce comportement, on estime que les colonies possèdent en moyenne 20 à 25 % de résistance au varroa. Pour combattre ce parasite sans gestion apicole contre le varroa, quelle que soit la pression parasitaire de l'environnement, un score de résistance de 75 % est fixé.

Par fécondation naturelle, ces reines-filles se feront féconder par une dizaine de mâles (voir Figure 2 : en vert, gène résistant présent ; en rouge, absent). *In fine*, dans la colonie issue de cette reine fécondée, le taux de résistance n'aura pas augmenté car les gènes résistants n'y auront pas été concentrés. Si parmi les 10 mâles ayant fécondé la reine, un seul possède les gènes responsables de la résistance, alors l'éleveur a une chance sur dix de greffer une larve dont le père est ce mâle résistant. De plus, en élevant sur ces colonies, à la génération suivante, également fécondée naturellement dans le même environnement, les gènes seront à nouveau dilués. De cette façon, la sélection de résistance serait très lente voire nulle et nécessiterait un nombre considérable de colonies.

Cependant, si à partir de la même génétique que celle présentée à la Figure 2, chaque mâle est utilisé individuellement pour inséminer une reine sœur, identique d'un point de vue de sa résistance au varroa, la Figure 3 (page suivante) est obtenue. L'insémination artificielle de reines avec le sperme d'un seul faux-bourdon est une étape transitoire qui permet de simplifier temporairement la génétique des colonies. En effet, sur la Figure 3, au sein de chaque colonie, toutes les abeilles ont le même père.

FIGURE 2. Schéma de croisement partant d'une génétique possédant un faible taux de résistance, représentatif de l'environnement en Europe occidentale. Par souci de vulgarisation, le comportement de résistance VSH est régi par 2 gènes.

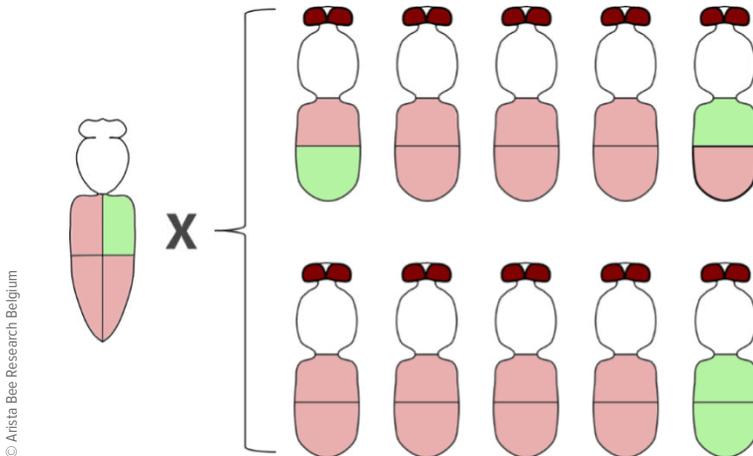
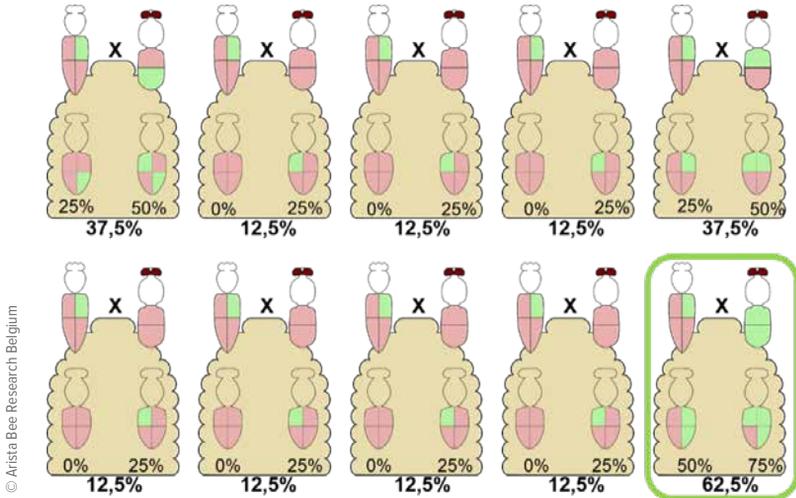


FIGURE 3. La technique d'insémination à un seul mâle permet une ségrégation des gènes avec un résultat de résistance pouvant être mesuré.



Ensuite, grâce à la méthode d'infestation des colonies et de comptage dans le couvain, qui seront détaillés plus loin, il est possible d'évaluer le taux de résistance de ces colonies afin de garder la plus prometteuse pour les générations suivantes. Dans la situation de la Figure 3, la colonie conservée est celle située en bas à droite, évaluée à 62,5 % de résistance. L'insémination à un seul mâle (SDI) n'est rien d'autre qu'un filtre qui permet d'identifier la colonie ayant reçu le plus de gènes VSH des deux côtés parentaux.

La particularité de ces reines obtenues par insémination à un seul mâle est qu'elles vont devoir rester toute leur vie dans un élément de petite taille afin de ne pas épuiser la faible dose de spermatozoïdes qu'elles ont reçue. Elles ne pourront alors pas être évaluées correctement sur les caractéristiques d'intérêt dans une ruche de production.

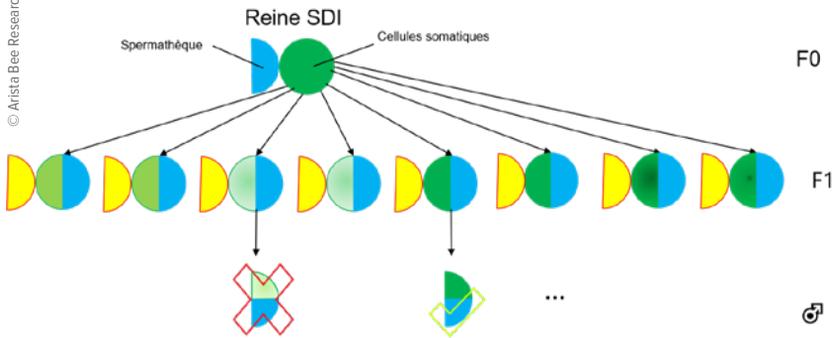
Puis, dès qu'un certain taux de résistance est atteint, des reines-filles seront élevées, fécondées naturellement ou inséminées avec plusieurs faux-bourbons. Ces reines à fécondation complète seront évaluées en ruche de production durant, au minimum, une saison complète. Les meilleures seront utilisées pour la suite de la sélection.

2. Ruche à mâles

Quiconque s'intéresse à la sélection apicole doit connaître les particularités de la génétique des abeilles. Il est toujours bon de rappeler que les faux-bourdons sont haploïdes, ils sont issus d'œufs non fécondés, ils ne possèdent qu'une seule copie de leurs gènes qui leur vient de leur mère. Les reines et les ouvrières sont issues d'œufs fécondés et possèdent une copie du matériel génétique venant de leur mère et une copie venant de leur père. Elles sont diploïdes. Comme les mâles transmettent l'entièreté de leur patrimoine génétique à la génération suivante (Figure 4, partie bleue), au contraire des femelles qui ne transmettent qu'une moitié aléatoire de leurs gènes, ce sont des alliés considérables en sélection apicole. À ce titre, l'évaluation des ruches à mâles est le second pilier du programme de sélection de résistance au varroa.

FIGURE 4. Schéma de sélection des ruches à mâles à partir d'une reine inséminée avec le sperme d'un seul mâle (SDI) et évaluée positivement concernant les caractéristiques en production, y compris la résistance au varroa. Les mâles produits par deux des ruches à mâles sont affichés sur la ligne inférieure de la figure.

© Arista Bee Research Belgium



L'objectif est de produire des faux-bourdons à partir de la reine-fille qui aura reçu les meilleurs gènes venant de sa mère. Dans l'idéal, la fécondation naturelle de ces reines-filles se fait au même endroit et au même moment, afin que la génétique reçue venant des mâles environnants soit relativement homogène d'une reine à l'autre. Sur la Figure 4, les parties jaunes sont alors relativement semblables, les parties bleues identiques dans le cas d'une reine obtenue par la technique SDI.

La seule différence notable entre ces reines-filles vient des gènes provenant de leur mère (Figure 4, nuance de vert). Ces colonies seront comparées en production pendant toute une saison. Pour évaluer la résistance, l'évolution de la population d'acariens est surveillée grâce à la collecte d'échantillons d'abeilles. Toutes les

La sélection par les mâles : saturation des zones de fécondation et croisements hybrides



© Aristo Bee Research Belgium

Collecte de mâles pour le prélèvement de la semence en Italie. Ces mâles sont issus des meilleures colonies sélectionnées par nos partenaires italiens. Une fois la semence prélevée, elle sera utilisée en Belgique et dans les pays participants pour inséminer des reines en multi mâles. Ces reines seront ensuite évaluées en ruche de production sur l'ensemble des caractéristiques d'intérêt, y compris la résistance au varroa.

Dans le cas de la sélection par les mâles, il est nécessaire de mettre en évidence les reines filles qui ont reçu les gènes d'intérêt de leur mère afin de produire des faux-bourdons de qualité. Cependant, pour que les abeilles d'une colonie expriment le comportement résistant en quantité suffisante pour être détecté, les gènes résistants doivent provenir des deux parents. La Figure 5 présente deux cas de figure : en haut, les faux-bourdons

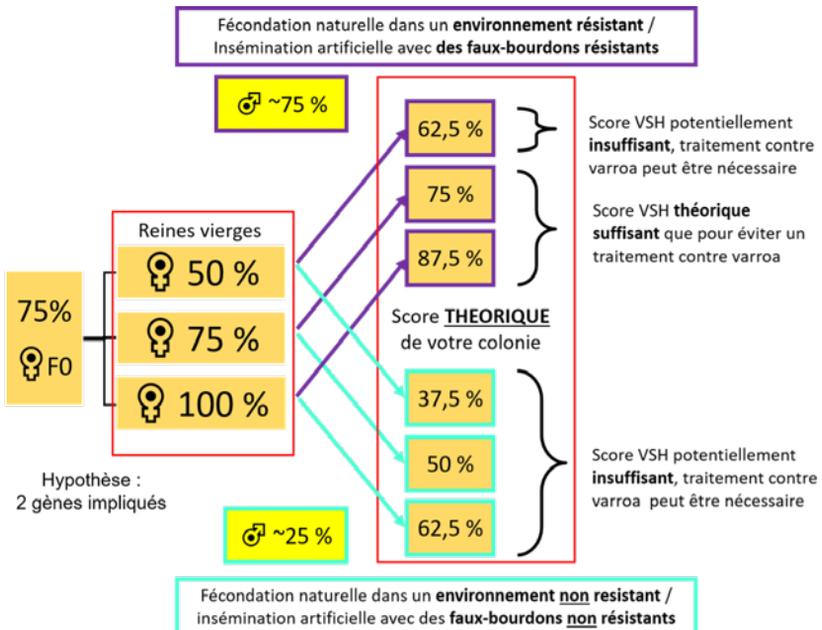
sont résistants ; en bas : les faux-bourdons sont sensibles. Dans le cas où les mâles ne sont pas résistants, aucune colonie ne dépassera le seuil de résistance au varroa de 75 % qui permet le non-traitement. Il est alors impossible d'identifier les reines filles ayant reçu les gènes résistants de leur mère. En effet, l'ensemble des colonies aura besoin d'une gestion contre le varroa (traitements). Dans la seconde situation (Figure 5, haut), les colonies

colonies dépassant un certain seuil d'infestation sont éliminées de la sélection. La plus performante pour l'ensemble des critères, y compris la résistance au varroa, sera utilisée la saison suivante pour produire des mâles de qualité pour l'insémination artificielle ou pour une station de fécondation.

générées à partir de mâles hautement résistants ont un score théorique variable mais certaines sont supérieures au seuil de non-traitement. Ces colonies hautement résistantes n'ont en théorie pas besoin d'être traitées contre le varroa. Il est alors plus aisé d'identifier

les reines-filles ayant reçu les bons gènes qui produiront des mâles de qualité. Ainsi, la fécondation naturelle contrôlée ainsi que les croisements hybrides permettent de sélectionner la résistance au varroa dans les ruches productrices de mâles.

FIGURE 5. L'importance des mâles dans la sélection pour la résistance au varroa : cas de figure d'une fécondation naturelle hautement résistante et d'une fécondation naturelle faiblement résistante.



La sélection par les mâles... (suite)

Arista a appliqué ce principe de deux manières différentes :

1. La première consiste en la création de stations de fécondation saturées avec des mâles issus de colonies résistantes. Par exemple, chaque année depuis 2019, plusieurs reines évaluées positivement pour l'ensemble des caractéristiques, y compris leur résistance au varroa, sont envoyées chez des partenaires italiens. L'objectif de cette collaboration est d'appliquer le schéma de sélection présenté sur la Figure 4 mais avec une quantité de reines filles plus importante (entre 20 et 50). En faisant hiverner leurs colonies productrices de mâles dans un climat plus chaud que la station de fécondation, ils parviennent à saturer une zone avec des mâles résistants issus de leurs meilleures ruches des années précédentes. De cette façon, ils parviennent à contrôler les fécondations permettant que la majorité des colonies issues de ces

reines fécondées ne nécessite pas de gestion apicole contre le varroa. C'est dans la même optique qu'Arista Bee Research cherche à développer des stations de fécondation en Belgique, et ailleurs, avec des ruches à mâles issues du programme de sélection.

2. Dans l'alternative où peu de gènes résistants sont présents, comme c'est le cas pour les races *Apis mellifera mellifera* ou *A.m. carnica*, des croisements hybrides sont réalisés. L'objectif est le même que précédemment : identifier les reines-filles ayant reçu les gènes d'intérêt en réalisant un croisement avec des mâles hautement résistants. Ces reines filles seront utilisées pour produire des faux-bourçons qui serviront pour les croisements futurs. La sélection dans ces races peut être accélérée, étant donné que des colonies productrices de mâles résistants sont identifiées. Il est évidemment impensable de faire un élevage de reines sur ces individus hybrides.

Comptage dans le couvain, une étape essentielle

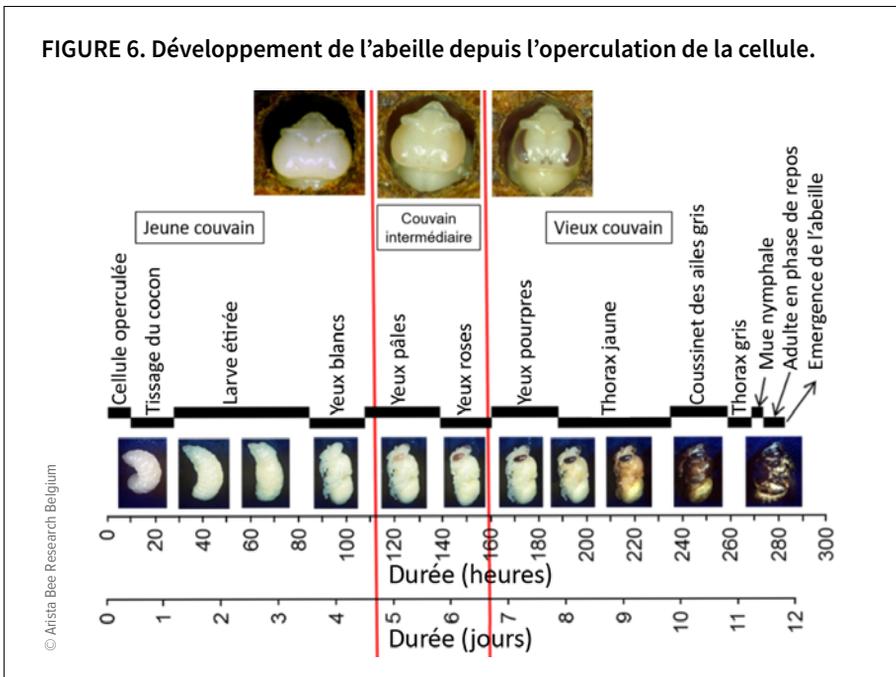
Pour évaluer une caractéristique de la façon la plus objective possible, il est nécessaire d'avoir un outil et une méthode de travail bien définis.

Pour sélectionner sur le critère de la résistance au varroa, il faut s'intéresser au développement du parasite. Il est présent à deux stades différents dans une colonie : sur les abeilles en phase de dispersion ou dans le couvain lors de la phase de reproduction. En saison, 60 à 80% des varroas se trouvent dans le couvain. Le comportement de résistance étudié et sélectionné a lieu lors de la phase de reproduction. Afin de quantifier la résistance au varroa de chacune des colonies du projet, il est nécessaire de regarder dans le couvain si les varroas sont présents et s'ils se sont reproduits.

Pour que le taux d'infestation dans ces colonies de test ne dépende pas de l'environnement et soit suffisant, 150 varroas sont ajoutés artificiellement dans toutes les colonies à tester. Lors du comptage dans le couvain, qui a lieu 13 à 14 jours après l'infestation, l'évaluateur doit déterminer l'âge de la nymphe en développement. Il classera cette nymphe dans l'une des 3 catégories présentées sur la Figure 6.

Dans le **jeune couvain**, l'objectif est de vérifier que le taux d'infestation est suffisant. En ajoutant 150 varroas, un taux d'infestation d'environ 10 % est recherché. Le stade du jeune couvain s'arrête aux nymphes aux yeux blancs. Ensuite, dès la présence de pigmentation dans les yeux de la nymphe, il s'agit du **couvain intermédiaire**. C'est durant cette étape que le comportement de résistance se déroule (Harris, 2007). Un varroa retrouvé à ce stade n'est pas comptabilisé car sa présence ne permet pas de tirer de conclusion sûre. La troisième catégorie commence dès que les yeux des nymphes deviennent pourpres, il s'agit du stade du **vieux couvain**. Ici, deux paramètres sont mesurés et utilisés pour déterminer le score de résistance de la colonie. Le premier est le taux d'infestation qui, dans une colonie résistante, doit connaître une baisse drastique dans le temps ou par rapport au jeune couvain. Le second est le taux de non-reproduction des varroas qui doit être supérieur à 50 % pour avoir une colonie hautement résistante.

FIGURE 6. Développement de l'abeille depuis l'operculation de la cellule.



Intégrer un groupe de travail Arista ?

En Belgique et dans les pays subsidiés pour la sélection d'abeilles résistantes au varroa, Arista Bee Research met en place des groupes de travail constitués d'apiculteurs, répartis géographiquement. Chaque groupe est plus ou moins autonome et aidé par la coordination centrale de l'association pour toutes les étapes de sélection. Les apiculteurs du groupe se répartissent le travail en fonction de leur temps et de leurs compétences. Certains élèveront des reines inséminées avec le sperme d'un seul mâle, d'autres des ruches à mâles qu'ils évalueront. Durant une réunion printanière, le planning de la saison est décidé conjointement, tout comme le choix des raceuses² et des ruches à mâles. Ensuite, le calendrier d'élevage est respecté afin d'avoir des mâles et des reines matures au même moment pour les inséminations. Après l'insémination, et une fois que le remplacement des ouvrières dans les nucléi est opéré, l'éleveur va introduire suffisamment de varroas dans les colonies tests. Deux semaines plus tard, plusieurs centaines de cellules de couvain sont désoperculées dans chacune des colonies infestées. Le score VSH peut ainsi être attribué aux colonies. Les colonies d'intérêt sont ensuite hivernées avec le plus grand soin. Au printemps suivant, elles sont utilisées comme raceuses.



Colonies tests en MiniPlus. Chacune de ces colonies a à sa tête une reine sélectionnée pour sa résistance au varroa. Elles seront évaluées par comptage dans le couvain.

2 – Une raceuse est une F0 évaluée positivement pour les caractéristiques d'intérêt.

En France, en l'absence de sources de financement, le projet peut voir le jour avec des groupes les plus autonomes possible en élevage de reines, en insémination ou en fécondation naturelle en station contrôlée. Un cheptel suffisant (plus de 100 ruches de production) est nécessaire pour former un groupe autonome. Cette sélection est accessible à tous les apiculteurs qui sont prêts à récolter des données et à les envoyer au coordinateur Arista à la fin de chaque saison, afin de faire progresser au mieux cette méthode.

Le projet développé par Arista souffle ses dix bougies cette année. La progression réalisée durant cette période est impressionnante. Obtenir des abeilles entièrement résistantes au varroa, quel que soit l'environnement, produisant du miel, douces, essaillant peu, est à portée de main ! Alors pourquoi pas vous ? Si vous souhaitez faire partie de l'aventure et que vous répondez aux critères cités précédemment, n'hésitez pas à nous contacter par mail :

sacha.dhoop@aristabeerresearch.org ou julien.duwez@aristabeerresearch.org

Bibliographie

Department of Primary Industries. (2023, décembre 12). *Varroa mite emergency response*. Sur www.dpi.nsw.gov.au

Harbo, J. R., & Hoopingarner, R. A. (1997). Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) in the United States That Express Resistance to *Varroa jacobsoni* (Mesostigmata: Varroidae). *J. Econ. Entomol.*, 90(4), 893-898.

Harris, J. W. (2007). Bees with Varroa Sensitive Hygiene preferentially remove mite infested pupae aged \leq five days post capping. *Journal of Apicultural Research*, 46(3), 134-139.

Human, H., Brodschneider, R., Diemann, V., Dively, G., Ellis, J. D., Forsgren, E., . . . Zheng, H.-Q. (2013). Miscellaneous standard methods for *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*, 52(4), 1-53.

Oliver, R. (s.d.). *Randy's Varroa Model*. Sur ScientificBeekeeping.com. ●