

COMMENT OPTIMISER LES PROGRAMMES DE SÉLECTION MULTICRITÈRES CHEZ L'ABEILLE MELLIFÈRE ?

Thèse de Tristan **KISTLER**¹
Analysée par André **FOUGEROUX**²

Directrice de thèse : Florence **PHOCAS**, directrice de recherche, Génétique Animale et Biologie Intégrative, Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech

Co-directeur de thèse : Dr Piter **BIJMA**, associate professor, Animal Breeding and Genomics, Wageningen University & Research

Contexte

Si tous les animaux de rente ont fait l'objet de programmes d'amélioration génétique, l'abeille constitue un cas particulier dans la mesure où, dans la pratique, sa reproduction n'est généralement pas entièrement contrôlée par l'apiculteur. Il n'en demeure pas moins que des besoins d'amélioration génétique sont exprimés par les apiculteurs : meilleure tolérance au Varroa, agressivité moindre, colonies moins « essaimeuses », ... sont autant de sujets de préoccupation pour les apiculteurs.

Il existe de nombreux plans de sélection apicoles mais, dans la pratique, l'optimisation de la sélection reste un exercice difficile en raison de trois spécificités des abeilles : l'haplo-diploïdie, l'accouplement polyandrique et précoce des reines et l'expression des caractères au niveau de la colonie.

La thèse de Tristan Kistler aborde le sujet particulièrement complexe des schémas de sélection chez les abeilles. Cette thèse évoque aussi bien les aspects théoriques que les volets méthodologiques et pratiques. La sélection se basant sur plusieurs critères de sélection individuels, cette thèse s'attache à aborder la sélection apicole à travers une approche multicritères.

La sélection mise en œuvre par les apiculteurs se base parfois sur des reines accouplées avec un seul mâle (faux-bourdon), bien que la norme soit l'utilisation de reine polyandrique. La recherche d'autonomie alimentaire et de comportement hygiénique, notamment vis-à-vis du Varroa, sont des orientations recherchées par les apiculteurs.

¹ Thèse pour obtenir le grade de l'université Paris Saclay, École doctorale N° 581 : Agriculture, Alimentation, Biologie, Environnement, Santé (ABIES), France, et de la *Graduat School Wageningen Institute of Animal Sciences (WIAS)*, *The Netherlands*, dans le cadre du programme PhD "*Joint doctorate programme Wageningen University – Université Paris-Saclay (2022-2027)*", présentée et soutenue le 08 avril 2025.

² Membre de l'Académie d'agriculture de France, section 9 « Agrofournitures »

Cette thèse reprend les bases de la sélection chez les insectes, et en particulier sur l'insecte social qu'est l'abeille (*Apis mellifera*). En effet, le comportement d'accouplement des abeilles mellifères (la reine vierge s'accouple lors d'un vol nuptial avec différents mâles qui peuvent être issus de colonies différentes), difficile à contrôler, a limité leur domestication et leur sélection. De plus, au printemps, les colonies d'abeilles ont la possibilité d'essaimer, créant ainsi des colonies « férales » produisant des faux-bourçons pouvant interférer avec les colonies sélectionnées en participant aux fécondations. Ces comportements ont compliqué les méthodes utilisées pour l'isolement et le contrôle de l'accouplement au sein de cette espèce.

Au XIX^{ème} siècle, les chercheurs et les apiculteurs se sont donc intéressés à « un accouplement maîtrisé » des abeilles, dans un premier temps afin d'éviter des croisements indésirés avec des colonies introduites et de sous-espèce distincte, puis à des fins de sélection pour une meilleure productivité et une moindre agressivité. Cette approche a été abordée, d'abord dans des stations isolées (îles, vallées isolées, stations de montagne), puis par la maîtrise de l'insémination artificielle au XX^{ème} siècle.

Ce travail présente aussi un aperçu du contexte difficile de l'apiculture mondiale, aux plans économique et démographique.

Il s'appuie aussi sur la théorie de la sélection animale et comment l'appliquer aux abeilles mellifères. En particulier les informations génétiques, combinées aux informations phénotypiques, permettent de calculer les valeurs génétiques estimées (EBV) pour chaque caractère d'intérêt et pour tous les candidats à la sélection.

Ce volet est illustré par les étapes clés d'un programme de sélection et complété par un aperçu des programmes de sélection existants en Europe pour les abeilles mellifères.

Intérêt de cette thèse

Cette thèse apporte des connaissances et une méthodologie sur les enjeux inhérents à la conception de programmes d'amélioration génétique efficaces chez les abeilles.

L'auteur explore les stratégies de sélection et les méthodologies d'estimation des paramètres génétiques chez cet insecte social, haplo-diploïde et polyandre. Ce travail de recherche propose aussi un logiciel pour simuler des programmes d'amélioration génétique des abeilles.

Le second chapitre présente le choix d'un modèle génétique basé sur le modèle génétique additif infinitésimal de Fisher. Il décrit l'hérédité des valeurs génétiques réelles entre les reines, les mâles et les groupes d'ouvrières. Il décrit aussi les phénotypes de la colonie comme émergeant génétiquement des effets génétiques additifs des ouvrières (directs) et de la reine (maternels) : un effet génétique moyen exprimé par le groupe d'ouvrières et un effet génétique exprimé par la reine.

Cet apport majeur du travail du docteur porte sur le développement d'un logiciel de simulation tenant compte des spécificités biologiques de l'abeille mellifère. Cet outil a permis des travaux originaux de simulation et d'évaluation de programmes de sélection apicoles. A titre d'exemple, les simulations ont montré que l'utilisation de reines fécondées avec un seul faux-

bourdon, au lieu de la douzaine habituelle, pour la sélection de caractères quantitatifs dans le cadre de programme de sélection phénotypique, avait peu d'intérêt, et de quantifier l'impact majeur, sur les résultats d'analyse génétique, d'un suivi approximatif (mais habituel) de la voie paternelle dans les *pedigrees* apicoles.

L'auteur compare, pour la première fois, les effets à long terme de l'accouplement monoandre par rapport à l'accouplement polyandre dans les programmes de sélection. Il montre ainsi qu'une stratégie monoandre sur plusieurs générations, au sein d'une population fermée, augmente les niveaux de consanguinité des reines, bien plus que la polyandrie, ce qui constitue une limitation importante de cette stratégie dans les petites populations d'abeilles mellifères.

Dans le cadre d'une approche pratique avec un groupe de sélectionneurs du Sud de la France, ce travail s'appuie sur des suivis phénotypiques de colonies, en étudiant l'héritabilité et les corrélations pour le rendement en miel, la facilité de manipulation, la quantité de couvain et les caractéristiques liées à la résilience dans une population d'abeilles domestiques françaises.

Conclusion

L'apport de ce travail est majeur pour l'évolution de l'apiculture. Les « élevages animaux » ont tous bénéficié de programmes de sélection permettant le développement de production ou leur résilience. Le caractère semi-sauvage de l'abeille mellifère rend cette sélection complexe et souvent hasardeuse. Ce travail de thèse permet, grâce à l'outil de simulation développé, d'évaluer des schémas de sélection multicritères. L'amélioration génétique des populations d'abeilles mellifères constitue une stratégie potentielle à long terme pour résoudre les difficultés de cette filière. Cette thèse permet de faire progresser les connaissances, et la méthodologie, relatives aux enjeux clés de la conception de programmes d'élevage d'abeilles efficaces, en explorant les stratégies de sélection et les méthodes d'estimation des paramètres génétiques. Elle propose un outil de simulation stochastique, permettant ainsi d'explorer diverses stratégies d'élevage pour une production qui en a bien besoin.

L'originalité du travail proposé, novateur, s'inscrit pleinement dans le champ d'intérêt de l'Académie d'agriculture de France et justifie que cette analyse soit valorisée sur le Site de l'Académie et dans le Mensuel, pour valorisation de ces travaux.