

Interactions entre les animaux ou les plantes et leur microbiome : comment sélectionner l'holobionte ?

Le 4 décembre 2024, Académie d'agriculture de France,

18 rue de Bellechasse, Paris VII

La séance organisée par Claire Rogel-Gaillard (INRAE, AAF section 3 Elevage) et Mylène Durand-Tardif (AAF section 6 Sciences de la Vie) et présidée par Marion Guillou a rassemblé quatre oratrices et orateurs et offert un temps de discussion générale :

Catherine Larzul (INRAE, Toulouse) : Co-évolution au sein de l'holobionte chez le porc.

Fabrice Roux (CNRS, Toulouse) : De la génomique écologique à la co-sélection plante-microbiote.

Philippe Vandenkoornhuysen (Université Rennes1) : Trois piliers pour la transition vers une agriculture d'holobiontes.

Christophe Mougel (INRAE, Rennes) : Conclusion

La séance a été consacrée à l'holobionte, en tant que nouvelle échelle d'organisation biologique à prendre en compte pour avancer dans la compréhension des interactions entre organismes eucaryotes et leurs communautés microbiennes potentiellement bénéfiques ainsi que dans les innovations, en sélection notamment, que cela peut générer pour la durabilité de l'agriculture.

L'holobionte est le terme employé pour définir l'entité biologique que constitue l'association entre un organisme eucaryote et son cortège microbien appelé microbiote. Un holobionte est donc un individu (animal, plante, humain) augmenté des fonctions apportées par les communautés microbiennes qui vivent avec lui. Le concept d'holobionte a fait émerger celui d'hologénome qui symbolise la coexistence du génome de l'hôte et du génome de l'ensemble de ses microorganismes. Cela conduit à de multiples questions : comment ces génomes interagissent-ils ? Sont-ils interdépendants ? Ont-ils la capacité de co-évoluer ? L'holobionte, reconnu comme une entité fonctionnelle, est-il également une unité de sélection pour des caractères agronomiques d'intérêt ?

Afin de promouvoir la durabilité de l'agriculture dans ses dimensions sociétale, environnementale, économique et sanitaire, il est nécessaire et attendu de préserver les ressources et la biodiversité, de réduire l'impact du changement climatique et de s'y adapter, de diminuer l'usage des intrants de synthèse Afin de protéger les élevages et les cultures et de maintenir un niveau de production compatible avec les besoins de la société, de nombreux leviers, tels que ceux de la génétique, des biotechnologies, de l'agronomie, sont à explorer, à combiner et à mettre en œuvre s'ils ont fait preuve de leur efficacité.

Catherine Larzul a montré qu'il existe une co-évolution chez le porc entre l'animal et son microbiote intestinal, en s'appuyant sur une expérience de sélection sur le microbiote pendant quatre générations. Cette co-évolution a des impacts sur la croissance du porcelet mais aussi sur son système immunitaire. Le travail se poursuit avec en particulier l'étude du déterminisme

génétique de cette co-évolution entre le microbiote et son hôte. Ces co-évolutions ont également été présentées par Fabrice Roux chez la plante *Arabidopsis thaliana* (arabette) par des études d'association entre le génome de la plante et la composition de son microbiote. Des zones du génome de la plante à effet adaptatif ont été identifiées, qui impactent la composition du microbiote et la présence de certaines espèces microbiennes. De même, ont été mis en évidence des gènes d'une espèce majeure du microbiote d'*A. thaliana* améliorant la performance de la plante. Ainsi, cela suggère que la co-évolution au sein de l'holobionte s'appuie sur une covariabilité du génome de l'hôte et du métagénome du microbiote. Philippe Vandenkoornhuys a ensuite développé ce qu'il présente comme un nouveau paradigme travaillé par son équipe, la trajectoire vers une agriculture d'holobiontes. Par exemple, la sélection des plantes sur des milieux « pauvres », non supplémentés, pourrait permettre de sélectionner la capacité des plantes à interagir avec les microorganismes et de conduire une forme de pilotage du microbiote, afin d'optimiser l'efficacité de la croissance et du développement des végétaux dans leur environnement.

C. Mougel a mis en exergue plusieurs points forts de la séance. La complexité des solutions qui doivent être mises en œuvre pour assurer la transition agroécologique est indéniable.

L'introduction de l'holobionte dans la sélection des races animales et des variétés végétales n'est pas encore opérationnelle et nécessite un effort de recherche. Les résultats expérimentaux présentés sont très encourageants. L'étude de l'écologie des communautés montre aujourd'hui toute sa valeur. Les interconnexions au sein de communautés d'espèces et le fonctionnement de leurs assemblages dans les holobiontes pourront nous donner des clefs afin d'utiliser la complémentarité entre espèces pour assurer les fonctions nécessaires au cycle des macroorganismes élevés et cultivés.

De nouvelles méthodes mathématiques sont à développer pour intégrer toute la complexité de l'holobionte dans la sélection. Des données devront encore être acquises, analysées et interprétées concernant l'hérédité de l'holobionte et sa transmission horizontale entre individus. Les cultures associées, les plantes de services, la biodiversité des sols sont autant de réseaux biologiques en interaction avec les cultures dont les effets sur l'holobionte des différentes variétés végétales doivent être investigués. De même, l'influence des pratiques d'élevage, y compris l'alimentation, les compléments alimentaires, les conduites de troupeaux, sur l'holobionte animal définissent des champs de recherches majeurs. En particulier, il sera décisif de comprendre quelles fonctions biologiques au sein du microbiote sont indispensables à l'hôte pour optimiser ses performances (croissance, qualité des produits, résistance au stress et aux pathogènes, compétence immunitaire, résilience dans des environnements fluctuants, etc.), afin de voir comment envisager le pilotage maîtrisé d'un microbiote favorable, par exemple via la définition d'un microbiote synthétique faisant appel ou non à des techniques biotechnologiques pour améliorer les fonctionnalités du microbiote. Se pose ici la question de la préservation de la biodiversité microbienne nécessaire à la durabilité de l'agriculture.

Aujourd'hui, l'étude de la fonctionnalité des microbiotes est en phase de recueil, d'analyse et de compréhension des données, avant de passer aux phases de prédiction et d'application dont le potentiel est très prometteur. Les recherches en sélection animale et sélection végétale requièrent d'intensifier la transdisciplinarité avec les agronomes, les modélisateurs, les écologues, les sociologues et les économistes pour trouver des solutions d'élevage et de culture qui garantissent leurs performances comme leur durabilité.