

TITRE DU PROJET : Co-variation et compromis évolutif entre la réponse immunitaire constitutive et inductible chez un insecte

1) Renseignements administratifs sur la direction de thèse¹ (1 page maximum) :

Directeur de thèse HDR :
Nom : MORET
Prénom : Yannick

Co-directeur de thèse éventuel :
Nom : RIGAUD
Prénom : Thierry

2) Descriptif du projet de thèse (devra inclure les rubriques suivantes) :

- nom et label de l'unité de recherche : **Biogéosciences, UMR CNRS 6282, Equipe Ecologie Evolutive**
- localisation : **DIJON, Université de Bourgogne**
- nom du directeur de thèse et du co-directeur : **Yannick MORET & Thierry RIGAUD**
- adresse courriel du contact scientifique : **yannick.moret@u-bourgogne.fr**
- description du projet :

Les notions de défenses immunitaires innées et acquises reposent souvent sur des mécanismes constitutifs et inductibles, respectivement.

L'immunité constitutive fait référence à la capacité de l'organisme à maintenir en permanence un certain niveau de défense immunitaire, même en l'absence d'une infection active. Ces défenses incluent des barrières physiques (peau, cuticule), ainsi que la production d'effecteurs immunitaires tels que les cellules immunitaires ou certaines protéines antimicrobiennes. Les défenses constitutives contribuent en grande partie à l'immunité innée des animaux, leur conférant un niveau de défense de base non spécifique, prêt à être utilisé contre les agents pathogènes. Il est notable que le niveau de défenses constitutives est variable entre individus et entre populations (ex : Cornet et al. 2009). Bien qu'essentielles, les défenses constitutives peuvent présenter certains inconvénients.

¹ ATTENTION : selon l'article 16 de l'arrêté du 25 mai 2016, le total d'encadrants ne peut pas dépasser 2, sauf si l'un des encadrants appartient au monde socio-économique, qui peut venir en sus, ou en cas de co-tutelle; Le décompte des co-encadrements se fera au prorata du nombre d'encadrants : 1 pour 1 encadrant, ½ pour deux encadrants.

Notamment, elles nécessitent la présence en continu de ressources énergétiques pour produire et maintenir les effecteurs immunitaires impliqués. L'action générique des défenses constitutives peut cependant parfois être insuffisante pour lutter contre des risques infectieux particuliers. De plus, selon les mécanismes mis en œuvre, elle peut induire des dommages aux cellules et organes de l'hôte par auto-réactivité. Ce type de défenses est censé être pleinement bénéfique pour des organismes exprimant un rythme de vie rapide et qui sont exposés à un risque infectieux important.

L'immunité inductible fait référence à la capacité du système immunitaire à être activé ou induit en réponse à un antigène spécifique ou à d'autres signaux de danger. Elle présente l'avantage de produire les effecteurs immunitaires uniquement en présence d'agents pathogènes et de manière plus ciblée, évitant ainsi les dommages aux tissus environnants. Cependant, elle a le désavantage de nécessiter un temps de latence pour être pleinement activée par rapport aux défenses constitutives. L'immunité inductible est à la base du développement de la mémoire immunitaire dans la réponse immunitaire acquise chez les vertébrés et du priming immunitaire chez les invertébrés. L'expression de la mémoire immunitaire semble également être variable parmi les populations humaines (McDade et al., 2016) et chez les insectes (Khan et al., 2019). Ce type d'immunité est censé être favorisé chez les organismes exprimant un rythme de vie lent et qui sont exposés à un risque infectieux réel mais imprévisible.

L'objectif de ce projet de thèse est de comprendre la variation d'investissement entre ces deux systèmes de défenses contre les agents pathogènes, en utilisant le ténébrion meunier (*Tenebrio molitor*) comme modèle biologique. Sur la base de leurs profils distincts de coûts et d'efficacité, nous attendons à ce que l'investissement relatif dans l'immunité constitutive par rapport à l'immunité inductible soit variable, et optimisé en fonction des traits de vie des organismes. Le projet propose d'utiliser deux populations d'insectes aux rythmes de vie contrastés, ainsi que plusieurs lignées consanguines construites à partir d'une même population stock d'individus non apparentés et variables pour leurs traits d'histoire de vie. Ces populations/lignées sont disponibles au laboratoire et ont déjà fait l'objet d'une exploration quant à la variation de leurs traits d'histoire de vie (Crosland 2024). Le niveau d'investissement aux deux types de défenses sera examiné pour chaque population/lignée et mis en relation avec leurs caractéristiques de vie respectives. Une approche en génétique quantitative permettra de caractériser l'héritabilité de chaque type de défenses et de tester l'existence de corrélations génétiques entre elles afin de déterminer l'existence de compromis évolutifs.

Références :

- Cornet et al. (2009) *Oecologia* 159:257–269 DOI 10.1007/s00442-008-1211-y
- Crosland A. (2024). *Lien entre la croissance et les sénescences reproductives, actuarielle et immunitaire chez un insecte*. Thèse de Doctorat, UBFC, 309 pp.
- Khan et al. (2019) *Journal of Animal Ecology*. 88:1332–1342. DOI: 10.1111/1365-2656.13030
- McDade et al. (2016) *Evolution, Medicine, and Public Health*. 1–16.
DOI:10.1093/emph/eov033

- Financement du projet – montants acquis : ANR 2021-2025 CE02 PRCE, OPTIM-INSECT (prorata de 74 K€ de fonctionnement-équipement pour deux années); Crédits récurrents équipe (4.6 K€ annuels) pour l'année 2027.

- connaissances et compétences requises : Maîtrise des concepts de l'écologie Evolutive et des traits d'histoire de vie ; Maîtrise des méthodes d'analyses statistiques (notamment GLMs), Connaissances en techniques de laboratoire (microbiologie et/ou utilisation de spectrophotomètre et/ou PCR) ; des connaissances en immunité des invertébrés ou en génétique quantitative ne sont pas nécessaires, mais seraient un « plus ».

Résumé en français et anglais (limité chacun à 1800 caractères)

Co-variation et compromis évolutif entre la réponse immunitaire constitutive et inductible chez un insecte

Les défenses immunitaires innées et acquises reposent respectivement sur des mécanismes constitutifs et inductibles. L'immunité constitutive est la capacité de l'organisme à maintenir en permanence des défenses basales non spécifiques, même en l'absence d'infection, prêtes à être utilisées contre les agents pathogènes. Ces défenses varient selon les individus et les populations. Elles sont censées être bénéfiques pour les organismes au rythme de vie rapide et exposés à un risque infectieux constant et important, mais elles nécessitent la présence continue de ressources énergétiques et peuvent induire des dommages cellulaires. L'immunité inductible est l'activation du système immunitaire en réponse à un antigène spécifique ou à d'autres signaux de danger. Elle produit des effecteurs immunitaires uniquement en présence d'agents pathogènes, évite les dommages causés aux organismes, mais nécessite une latence pour être activé. L'expression de la mémoire immunitaire semble aussi varier entre populations. Ce type d'immunité serait favorisé chez les organismes au rythme de vie lent, exposés à des risques infectieux imprévisibles. L'objectif de ce projet est de comprendre la variation d'investissement entre ces deux systèmes de défense immunitaire chez l'insecte *Tenebrio molitor*. Nous prédisons que l'investissement relatif dans l'immunité constitutive par rapport à l'immunité inductible soit variable et optimisé en fonction des traits de vie des organismes. Nous utiliserons deux populations d'insectes, ainsi que plusieurs lignées consanguines aux rythmes de vie contrastés. Une approche de génétique quantitative permettra de caractériser l'héritabilité des types de défense et de tester l'existence de corrélations génétiques afin de déterminer l'existence de compromis évolutifs.

Co-variation and evolutionary trade-off between constitutive and inducible immune responses in an insect

Both the innate and acquired immune defenses rely on constitutive and inducible mechanisms, respectively. Constitutive immunity denotes the organism's ability to maintain a certain level of nonspecific basal defense continuously, even in the absence of infection, ready for use against pathogens. These defense levels vary among individuals and populations. While beneficial for organisms facing a high and constant infectious risk with a fast pace of life, they require a constant supply of energy resources and may induce cellular damage in the host. On the other hand, inducible immunity involves the activation of the immune system in response to specific antigens or danger signals, generating immune effectors only in the presence of pathogens and minimizing harm to organisms. However, it

requires a latency period for activation. The expression of immune memory also appears to differ among populations, with this type of immunity being favored in organisms with a slower pace of life, exposed to unpredictable infectious risks. This project aims to understand the variation in investment between these two immune defense systems in the insect *Tenebrio molitor*. We anticipate that the relative investment in constitutive versus inducible immunity will be variable and optimized based on the organisms' life traits. We will use two populations of insects as well as several inbred lines with contrasting life rhythms. A quantitative genetics approach will enable us to characterize the heritability of each defense type and to test the existence of genetic correlations to determine the presence of evolutionary trade-offs.

Préciser le domaine de compétence dans la liste ci-dessous (2 choix possibles maximum – ne pas modifier les intitulés : ils sont imposés par certains sites web) :

Ecologie, Environnement

Mots clés :