



## Sujet de thèse d'Université (2024-2027)

# Vers une amélioration de la compréhension et du diagnostic de la borréliose de Lyme équine en France : carte de risque et outil de classification

### Éléments de contexte

La borréliose de Lyme (BL) est une maladie vectorielle causée par une bactérie du complexe *Borrelia burgdorferi sensu lato* (*Bbsl*), qui touche l'Homme, les carnivores et les chevaux. Cette zoonose est transmise par des tiques, principalement par *Ixodes ricinus* en Europe, qui se nourrit sur un grand nombre d'hôtes vertébrés comme les rongeurs, les oiseaux ou les chevaux. L'extension géographique des tiques, en lien notamment avec le changement climatique, entraîne une plus fréquente exposition des populations équines à *Bbsl*, contribuant à une augmentation de la fréquence de l'infection équine par *Bbsl*.

Le diagnostic de la BL chez les chevaux représente un défi clinique et biologique, qui repose le plus souvent sur des tests sérologiques et un diagnostic d'exclusion réalisé après élimination des autres causes possibles. L'interprétation des analyses de laboratoire étant complexe et les manifestations cliniques mal caractérisées, les phénomènes de diagnostic par excès et de traitement de précaution sont importants. Ces incertitudes conduisent à des controverses et des dérives diagnostiques et thérapeutiques vétérinaires, avec des impacts potentiels sur le bien-être animal (effets secondaires des traitements) ou la santé publique (antibiorésistance). Ceci se traduit par un intérêt croissant de la filière équine pour cette maladie, conduisant à une recherche plus fréquente de l'infection borrelienne chez les chevaux. Toutefois, à l'échelle des populations équines, l'épidémiologie de cette maladie reste mal connue : les résultats des études de séroprévalence menées en Europe sont très disparates et les facteurs de risque associés peu documentés.

Les conditions favorables à la circulation de *Bbsl* sont géographiquement hétérogènes et la forme clinique de la BL équine est un événement rare : surveiller et contrôler la BL implique donc d'identifier les zones à risque d'exposition des chevaux à *Bbsl* pour maximiser les chances de sa détection. Caractériser la distribution spatiale du risque d'exposition à *Bbsl* chez le cheval permettrait d'évaluer la pertinence de mettre en place une surveillance ciblée de l'infection équine et d'inclure ce risque d'exposition dans la démarche de diagnostic de la BL équine.

### **Objectif 1 : Cartographier le risque d'exposition à *Bbsl* chez le cheval en France**

Le premier objectif de la thèse consiste à déterminer les variations géographiques du risque d'exposition à l'infection borrelienne chez le cheval en France. Pour y parvenir, une cartographie de ce risque sera développée à partir de deux approches complémentaires permettant de maximiser la fiabilité de la carte de risque obtenue :

1) **Evaluation multicritères spatialisée (MCDA-GIS)** : cette méthode vise à combiner les facteurs clés influençant le risque d'exposition à *Bbsl* au sein de la population équine, en s'appuyant sur la littérature disponible et une élicitation d'experts dans le domaine. Cette approche aboutira à l'élaboration d'une carte de risque d'exposition théorique des chevaux à *Bbsl*, soumise ensuite à une phase de validation à partir de données existantes d'infection à *Bbsl* chez les chevaux. Une étude de sensibilité sera par ailleurs réalisée afin (i) d'évaluer la robustesse et la parcimonie du modèle ayant permis la production de la carte de risque et (ii) d'identifier les facteurs principaux de variation du risque d'exposition.

2) **Machine learning (Random Forest, Boosted Regression Trees...)** : cette approche consiste à établir un modèle statistique entre l'infection à *Bbsl* chez les chevaux et les facteurs connus influençant le risque d'exposition des chevaux à *Bbsl*. Cette approche conduit à l'élaboration d'une carte de distribution spatiale de la probabilité de présence de l'infection borélienne chez les chevaux.

La carte de risque obtenue à partir de la méthode la plus performante permettra de sensibiliser les détenteurs, les vétérinaires et les pouvoirs publics sur le risque associé à la circulation de *Bbsl* chez les chevaux en France. Ces résultats aideront aussi à évaluer la pertinence de la mise en place d'une surveillance ciblée de la circulation de *Bbsl* au sein de la population équine dans les zones à risque identifiées.

## **Objectif 2 : Développer un outil de classification des suspicions cliniques de BL équine**

Le second objectif consiste à développer un outil de classification des suspicions cliniques de BL équine pour objectiver le risque de survenue de manifestations cliniques de cette maladie en France. Pour cela, un recensement prospectif de suspicions cliniques de BL équine auprès de cliniques vétérinaires et des résultats d'analyses de laboratoire associés sera réalisé dans des zones connues de circulation de *Bbsl*. Ces données seront analysées pour aboutir à un outil de classification, qui s'inspire de la classification existante des cas humains de maladie de Lyme et inclura le niveau de risque géographique d'exposition à l'infection borrélienne estimé dans la première partie de la thèse.

L'outil de classification obtenu pourra aider la communauté vétérinaire à améliorer le diagnostic de la BL équine sur le terrain, afin de mieux adapter le traitement et limiter les impacts pour le cheval en réduisant au mieux les effets secondaires et potentiellement les coûts pour le détenteur.

### **Objectif transversal (optionnel)**

La rédaction de projet de recherche en réponse aux appels d'offres fait partie intégrante des compétences à acquérir pour devenir chercheur. En fonction de l'appétence du candidat retenu, la participation à la recherche du financement pour une étude de terrain pourra être incluse dans la thèse, afin de proposer au candidat une expérience de rédaction de projet (avec un accompagnement des encadrants) en réponse aux appels d'offres. L'étude aura pour objectif d'identifier les mécanismes locaux de circulation de l'infection borrélienne équine dans les zones endémiques de BL chez l'homme. Une enquête de terrain sera conduite auprès de détenteurs d'équidés dans les zones endémiques de BL humaine, afin de comprendre les pratiques et les comportements individuels des détenteurs, qui peuvent moduler le risque d'infection de leurs équidés.

---

**Equipe d'accueil :** Le projet, financé par l'IFCE (Institut Français du Cheval et de l'Équitation) et le Fonds Eperon, sera réalisé au sein de l'ANSES (Laboratoire de Santé Animale de Maisons-Alfort – Unité EpiMIM), en partenariat avec le RESPE (Réseau d'Épidémiologie et de Surveillance en Pathologie Équine).

**Encadrants :** Maud MARSOT et Coralie LUPO

**Lieu d'affectation du doctorant :** ANSES – Laboratoire de Santé Animale de Maisons-Alfort – Unité EPI – 14 rue Pierre et Marie Curie – 94700 Maisons-Alfort – France. Des déplacements réguliers seront à prévoir sur le site du RESPE - 3 rue Nelson Mandela, 14280 Saint Contest – France.

**Emploi :** Le/la doctorant(e) sera engagé(e) pour une période de 3 ans (novembre 2024-octobre 2027), sur la base d'un salaire mensuel net de 1640€. Il/elle s'engage à rédiger une thèse, et à valoriser ses résultats par des publications (au moins deux avant la soutenance) dans des revues internationales et des communications dans des congrès internationaux.

**Candidature :** Le/la candidat(e) doit être titulaire ou suivre cette année un Master 2 dans des disciplines relevant des Sciences de la Vie : Ecologie, Épidémiologie, Biométrie ou autres disciplines pertinentes.

Le/la candidat(e) doit posséder les compétences suivantes :

- Connaissances dans le domaine de la santé animale et plus particulièrement des équidés. Notions en épidémiologie et/ou en parasitologie et/entomologie fortement appréciées
- Bases d'utilisation et appétence pour les outils d'analyses statistiques et cartographiques usuels (R, SIG...)
- Maîtrise de l'anglais scientifique (écrit et oral) et compétences rédactionnelles
- Intérêt pour les maladies infectieuses et la recherche interdisciplinaire
- Appétence pour la rédaction scientifique et le montage de projets

Les dossiers de candidature (lettre de motivation, CV détaillé avec parcours universitaire et expériences de recherche, relevés de notes obtenus au cours du M1 et M2 ou équivalence, le résumé des travaux de master sauf si clause de confidentialité) sont à adresser par courriel aux deux adresses suivantes : [maud.marsot@anses.fr](mailto:maud.marsot@anses.fr) et [epidemiologiste@respe.net](mailto:epidemiologiste@respe.net). Les candidatures seront accompagnées des noms, et adresses e-mail d'au moins deux personnes référentes.

Les candidatures incomplètes ne seront pas prises en compte. Une première sélection sera effectuée sur la base du dossier de candidature. Les candidat(e)s retenu(e)s seront invité(e)s à une audition et à compléter un bref exercice d'évaluation des compétences. L'examen des candidatures commencera dès que les candidats postuleront et se poursuivra jusqu'à ce que le poste soit pourvu.

**Pour tous renseignements, vous pouvez contacter : Maud MARSOT (01.49.77.22.53) ou Coralie LUPO (02.31.57.24.88).**