

## APPEL À CANDIDATURE POUR UN CONTRAT DOCTORAL CIFRE (2022-2025)

**Sujet : Transparence écologique du réseau SNCF, continuités écologiques et mesures d'atténuation du risque de collisions**

**Structure employeuse :** SNCF RESEAU – Direction Générale Industrie et Ingénierie - département Transformation Durable (DGII-TD) (93210 Saint-Denis)

**Unité de recherche :** UMR 7533 LADYSS (Université Paris Cité)

**Attention :** *Cet appel à candidature indique que les structures partenaires, avec le ou la candidate, déposeront un dossier Cifre mais ne présuppose pas que le dossier en question soit retenu par l'ANRT*

Le projet de contrat doctoral relève d'une Convention industrielle de formation par la recherche (CIFRE). Il est porté conjointement par SNCF RESEAU, qui sera l'employeur de la personne recrutée, et le laboratoire LADYSS. Le contrat doctoral prendra effet à partir de la rentrée universitaire 2022 (entre septembre et novembre selon les délais) pour une durée de 3 ans. Le ou la titulaire de ce contrat doctoral sera rattaché à l'école doctorale *Sciences des sociétés* : ED 624 de l'Université Paris Cité.

### Contexte

SNCF Réseau est le principal gestionnaire d'infrastructures ferroviaires en France. Son réseau représente 30 000 km de lignes, dont 2 600 km de ligne à grande vitesse. Comme toute infrastructure linéaire de transport, le réseau ferroviaire occasionne une coupure dans le paysage, limitant ou empêchant les déplacements des espèces de part et d'autre la voie ferrée. Cet effet barrière, qui entraîne une fragmentation des habitats naturels et un risque de mortalité pour les individus lors de la traversée, est largement documenté dans la littérature scientifique depuis une vingtaine d'années (Forman, 1998 ; Borda-de-Água et al., 2017). En revanche, ces connaissances ont encore du mal à percoler dans la sphère opérationnelle et les gestionnaires d'infrastructures manquent d'outils et de méthodes pour mettre en œuvre de manière générique et systématique des mesures d'atténuation de cet effet barrière.

Au-delà des enjeux écologiques, l'effet barrière des infrastructures, et notamment les divagations et les collisions avec la grande faune, ont un impact économique important en raison des dégâts sur le matériel roulant et les équipements (clôtures, caténaires, etc.), des répercussions sur la régularité des trains et la gestion du trafic, sans compter le risque de déraillement et donc la sécurité des voyageurs et du personnel. Depuis 2015, SNCF Réseau a comptabilisé une moyenne annuelle de 1 500 incidents avec la faune sauvage, soit plus de 8 600 trains impactés (tous trains confondus) et 350 000 heures perdues chaque année.

Si les projets de nouveaux tronçons ferroviaires tiennent de plus en plus compte des impacts sur la biodiversité et incluent dès leur construction des mesures d'évitement et de réduction (passages à faune),

ce n'est pas le cas du réseau existant, construit majoritairement aux 19<sup>ème</sup> et 20<sup>ème</sup> siècle. Ainsi, peu de lignes dites « classiques » (par opposition aux LGV) disposent de passages, sous ou au-dessus des voies, dédiés à la faune. Ces lignes étant pour la plupart non clôturées, le risque de franchissement par la faune est potentiellement présent sur toute la ligne. Pour réduire le risque de collision avec la faune sauvage et améliorer la régularité des circulations, SNCF Réseau s'est dotée d'un plan d'action Biodiversité dont l'un des axes est dédié aux continuités écologiques. Depuis 2018, chaque établissement de maintenance de l'entreprise doit « *établir un diagnostic cartographique des segments à risque collisions faune, afin de prioriser les secteurs sur lesquels le déploiement d'actions ou aménagements sont nécessaires pour limiter la présence d'animaux dans les emprises* ». La Direction Générale Industrielle et Ingénierie (DGII) accompagne les établissements dans la mise en place de cet objectif et c'est dans ce cadre que s'inscrit ce projet de recherche.

### Objectifs du projet de thèse

Le projet de thèse s'inscrit dans la continuité de plusieurs travaux en géographie et écologie portant sur les impacts des infrastructures de transport sur la biodiversité (Borda-de-Água et al., 2017) et la connectivité fonctionnelle du paysage (Girardet et al., 2013), le risque de collision faune/véhicules (Neumann et al., 2011) et l'identification de mesures d'atténuation de l'effet barrière (Tarabon et al., 2022).

L'objectif de ce projet de thèse en partenariat avec la SNCF est triple : 1) explorer les relations entre collision et connectivité dans une approche multiscale et dans un contexte ferroviaire beaucoup moins étudié que le contexte routier ; 2) évaluer la fonctionnalité réelle des ouvrages existants pour le franchissement de la faune ; 3) développer un protocole méthodologique transférable à la sphère opérationnelle pour localiser et calibrer des mesures de réduction du risque de collision.

Le premier objectif vise à tester l'hypothèse selon laquelle les collisions avec la grande faune se produisent préférentiellement dans les zones à forte connectivité. Pour cela, l'étude mobilisera les données sur les collisions collectées par la SNCF sur un secteur à définir en début de thèse. Les continuités écologiques seront modélisées par la théorie des graphes et la connectivité évaluée par plusieurs indicateurs, traduisant les différentes dimensions de la connectivité (densité de connexion, centralité dans le réseau, etc.). L'analyse sera menée à deux échelles : une échelle paysagère pour tester la relation entre collision et connectivité régionale et une échelle locale pour analyser plus finement les facteurs propres à l'infrastructure (grillage, végétation des talus, largeur des voies, forme du tracé, etc.) et la présence d'ouvrages de franchissement existants (pont, tunnel) non prévus pour la faune mais potentiellement utilisables.

Le deuxième objectif vise à évaluer la fonctionnalité de ces ouvrages existants grâce à la pose de pièges photographiques permettant de détecter la traversée d'un animal. Une dizaine d'ouvrages seront équipés sur différentes périodes de l'année. Pour analyser les milliers d'images collectées, une collaboration sera engagée avec deux chercheurs de l'UMR LADYSS (CNRS) et de l'UMR CAMP (Institut Polytechnique de Paris) qui travaillent actuellement à la mise en place d'un algorithme de reconnaissance basée sur l'intelligence artificielle et les réseaux de neurones. Cette collaboration permettra, après une phase de test, d'automatiser le processus de traitement des images (suppression des images sans présence animale, identification de l'espèce, voire si possible de l'individu). Les données obtenues (nombre de

traversées réussies ou non) seront ensuite mises en relation avec l'espèce, la période temporelle, la configuration du paysage à proximité de l'ouvrage et les caractéristiques technique de l'ouvrage. In fine, les résultats permettront de confirmer ou d'infirmer l'utilisation de ces ouvrages par la faune et d'identifier les facteurs qui influencent la traversée.

À partir de cette connaissance sur le risque de collision et sur la fonctionnalité des ouvrages existants, le dernier objectif vise à mettre en place un outil opérationnel permettant de localiser et calibrer des mesures de réduction de ce risque. Il s'agira de rédiger un guide méthodologique à l'attention des gestionnaires afin que l'étude puisse être reproduite sur d'autres secteurs. Il s'agira également d'établir en concertation avec les acteurs ferroviaires différents scénarios de réduction du risque (création de nouveaux passages ; amélioration d'ouvrages existants) intégrant un ratio coût économique / gain écologique.

### Encadrement scientifique et technique

Au sein de SNCF Réseau, le ou la doctorante sera encadré par Laura CLEVENOT (chargée d'étude Biodiversité au sein de DGII-TD) et Anne PETIT (adjointe au Chef du département Transformation Durable de la DGII). Au sein du laboratoire LADYSS, le ou la doctorante sera encadrée par Céline CLAUZEL, enseignante-chercheuse HDR à l'Université Paris Cité. La personne recrutée aura un bureau équipé dans les locaux de la DGII-TD (93210 Saint-Denis), ainsi qu'à l'Université Paris Cité (Campus Rive Gauche, Paris 13<sup>e</sup>). Elle bénéficiera également des logiciels et du matériel de terrain disponibles à l'entreprise, ainsi qu'au laboratoire LADYSS et à la plateforme de recherche mutualisée [Géotéca](#).

### Profil recherché

- Titulaire d'un Master (ou avoir un Master à la fin de l'année universitaire 2021-2022) en géographie ou écologie
- Bonnes connaissances en modélisation spatiale, avec si possible une expérience dans la théorie des graphes (appliquée ou non aux réseaux écologiques).
- Qualités rédactionnelles en français ; maîtrise de l'anglais scientifique (écrit, oral)
- Curiosité intellectuelle, autonomie

### Modalité de candidature :

Les candidatures doivent être envoyées par courriel **avant le 30 avril 2022** et doivent inclure :

- Un CV incluant le parcours de formation, les méthodes et outils maîtrisés, l'expérience professionnelle.
- Une lettre de candidature détaillant notamment l'intérêt pour la recherche scientifique et la thématique du projet, les objectifs de recherche et le projet professionnel post-doctoral.
- Un travail de recherche mené dans le cadre de la formation actuelle ou passée (mémoire M1 ou M2).

Ce dossier doit être envoyé conjointement à Céline Clauzel ([celine.clauzel@u-paris.fr](mailto:celine.clauzel@u-paris.fr)) et Laura Clévenot ([laura.clevenot@reseau.sncf.fr](mailto:laura.clevenot@reseau.sncf.fr))