

Sujet de thèse Unité Evo-Eco-Paléo – campagne 2020

Université : Université de Lille

Ecole doctorale: ED104 Sciences de la matière, du rayonnement et de l'environnement (SMRE)

Filière doctorale : Géosciences Ecologie Paléontologie Océanographie

Titre de la thèse : Structure génétique spatiale et flux de gènes chez l'Agrion de Mercure (*Coenagrion mercuriale*, Zygoptera) : impact de l'agglomération Strasbourgeoise et de son autoroute de contournement.

Direction de thèse : Jean-François Arnaud (directeur de thèse), Anne Duputié (co-encadrant), Vincent Vignon (co-encadrant)

Email de contact : jean-francois.arnaud@univ-lille.fr ; anne.duputie@univ-lille.fr ; v.vignon@oge.fr

Laboratoire(s) de Rattachement :

Unité Evolution, Ecologie et Paléontologie, UMR CNRS 8198, Université de Lille

Bureau d'étude « Office de génie écologique », Saint-Maur-des-Fossés

Programme(s) de Rattachement :

Financement acquis : 100% CIFRE

SUJET DE THESE

Titre : Structure génétique spatiale et flux de gènes chez l'Agrion de Mercure (*Coenagrion mercuriale*, Zygoptera) : impact de l'agglomération Strasbourgeoise et de son autoroute de contournement.

Cette thèse de doctorat s'inscrit dans un projet collaboratif entre l'Unité Évolution, Écologie, Paléontologie (UMR CNRS 8198, Université de Lille) et le bureau d'étude « Office de génie écologique », cette thèse étant financée par une bourse CIFRE.

Le candidat sera encadré par les personnes suivantes :

- Encadrants professionnels : Vincent Vignon (Directeur associé, Bureau O.G.E.) & Cédric Vanappelghem (Responsable scientifique, C.E.N. Hauts de France)
- Encadrants universitaires : Jean-François Arnaud (Professeur, Université de Lille) et Anne Duputié (Maître de conférences, Université de Lille). Le doctorant bénéficiera aussi du soutien logistique de Cécile Godé (Assistant Ingénieur CNRS) pour les aspects de génotypage par séquençage.

Résumé du projet de thèse :

Dans le contexte des changements environnementaux actuellement observés, l'étude de l'évolution de la structure génétique neutre et adaptative d'espèces soumises à de fortes pressions anthropiques (agriculture intensive, urbanisation, fragmentation par des infrastructures) est en plein essor pour des raisons à la fois appliquées, en biologie de la conservation, mais aussi fondamentales car les zones soumises à des pressions sont le théâtre d'évolution adaptative très rapide. L'objet de ce travail de thèse est ainsi d'étudier à fine et large échelle spatiale la structure génétique et génomique de populations d'Agrion de Mercure (*Coenagrion mercuriale*), espèce protégée par la Directive Habitat et essentiellement tributaire de la topographie des cours d'eau. Cette description de la structuration génétique spatiale permettra d'inférer l'intensité des flux de gènes s'opérant entre populations d'Agrion de Mercure. Cette étude se place dans le contexte directement appliqué de l'étude des effets des modifications des cours d'eau et des recreations d'habitats dans le cadre du projet autoroutier de contournement de Strasbourg.

Les différents volets de recherche abordés dans le cadre de ce projet de thèse seront les suivants :

1) **Une analyse fine de la structure génétique spatiale des populations le long de l'axe autoroutier du contournement de Strasbourg** sera effectuée. Il s'agira ici de définir s'il existe des unités génétiques distinctes dues à l'effet barrière de certains éléments du paysage ou, au contraire, de visualiser l'existence d'un simple patron d'isolement par la distance avec diffusion passive des individus. L'évolution de l'appareil génétique entre individus pourra de plus être étudiée à l'échelle d'un cours d'eau et de ces tributaires, si l'échantillonnage le permet. L'effet à fine-échelle du réseau hydrographique et de la restauration des cours d'eau pourra être discuté à la lumière des patrons de structure génétique ainsi révélés.

2) **Une analyse de la structure génétique régionale de cette espèce sur l'ensemble de l'agglomération Strasbourgeoise** sera menée afin d'avoir une vision plus large de l'effet d'un habitat urbanisé sur la présence de l'espèce et les flux de gènes entre populations. Toutefois, afin de généraliser ces résultats au-delà d'une image instantanée de la structure génétique spatiale régionale de l'agglomération Strasbourgeoise et de mieux connaître la biologie de l'espèce, il est nécessaire d'avoir un comparatif avec d'autres régions moins soumises à un impact anthropique. Dans cette optique, la structure génétique et les patrons de flux de gènes mis en évidence le long de l'axe autoroutier et sur l'ensemble de l'agglomération Strasbourgeoise pourront être mis en **comparaison avec des populations d'Agrion de Mercure déjà échantillonnées et présentant un gradient d'urbanisation au sein de territoires moins anthropisés** et localisés dans la Région Hauts-De-France.

Seront ainsi analysés les effets cumulés des impacts exercés par l'agriculture, l'urbanisation, et les infrastructures existantes et en cours de réalisation autour de Strasbourg. Cette approche se réalisera par la prise en compte simultanée des différentes caractéristiques du paysage en réalisant des cartes de frictions multivariées intégrant l'effet de plusieurs variables du paysage, notamment les pressions anthropiques précitées. Une description *in situ* (surface occupée par des espèces halophytes, végétations des berges, largeur et nature des cours d'eau) des sites Strasbourgeois prospectés sera également effectuée lors de l'échantillonnage des individus sur le terrain à des fins de génotypage. Cet aspect sera réalisé à partir de

prélèvements qui seront réalisés aux printemps 2021 et en 2022.

3) **Une étude des processus de recolonisation** une fois les restaurations de cours d'eau effectuées sera également réalisée. Ce volet de recherche permettra de définir le type de métapopulation auquel on a affaire et de voir si des systèmes de type source-puits sont à l'œuvre ou au contraire si les colonisateurs proviennent de sources différentes « tous azimuts ». Comme pour le point précédent, cet aspect sera réalisé à partir des prélèvements qui seront réalisés en 2021 et en 2022.

4) Un dernier volet éventuel d'étude, qui dépend du système de reproduction de l'Agrion de Mercure, impliquerait une **analyse moléculaire des pontes**. Sous l'hypothèse que les femelles de cette espèce peuvent s'accoupler avec plusieurs mâles, il serait intéressant de comparer la diversité génétique (révélatrice du nombre de pères) de la progéniture contenue dans des pontes échantillonnées dans des sites anciennement implantés et nouvellement colonisés. Pour peu que l'échantillonnage soit conséquent, une analyse de paternité apporterait également des informations supplémentaires sur la dispersion des individus mâles.

5) Enfin, en ce qui concerne les aspects de bilan des opérations de recréation de milieu pour cette espèce et les aspects de restauration de milieux et de gestion à long terme de la viabilité des populations :

- Ces travaux de thèse permettront de définir une **méthode d'évaluation standardisée de la pertinence des restaurations de cours d'eau** pour l'Agrion de Mercure ;
- La pertinence des restaurations effectuées sera évaluée ;
- Les facteurs d'amélioration de la qualité de l'habitat seront identifiés.

Compétences recherchées :

Le candidat devra avoir une bonne maîtrise des concepts et des méthodes propres à l'obtention de données moléculaires et à leur analyse statistique en génétique et génomique des populations. Le candidat devra également avoir de bonnes connaissances en biologie évolutive ; des connaissances de terrain en entomologie seront aussi appréciées. Une partie importante du travail concernant l'échantillonnage et la description des stations se fera avec des chargés de missions du bureau d'étude O.G.E. Un attrait particulier pour le travail de terrain et pour la communication entre institut de recherche et collectivités gestionnaires sera un atout majeur. Pour des raisons pratiques liées à l'échantillonnage et au suivi de terrain, le candidat devra posséder un permis de conduire de catégorie B. Ce projet collaboratif demandera à l'étudiant de mener une recherche fondamentale innovante dans les domaines de la génétique évolutive tout en proposant des stratégies de conservation des espèces suite à des modifications des cours d'eau et des créations d'habitats dans le cadre de projet autoroutier de contournement d'agglomération urbaine.

Le candidat sélectionné aura une rémunération d'un montant de 2200 € brut/mois.

Mots clefs : Génétique et génomique des populations, biologie de la conservation, écologie du paysage

Structures d'accueil :

Bureau d'étude O.G.E. : ce bureau d'étude s'impliquera dans la formation du doctorant à l'analyse et la cartographie des éléments du paysage au moyen de systèmes d'informations géographiques. Ainsi, ce bureau d'étude participera à l'encadrement pour l'utilisation du logiciel ARCVIEW et préparera les missions de terrain ainsi que l'échantillonnage des individus d'Agrion de Mercure.

Université de Lille, UMR CNRS 8198 Evo-Eco-Paléo : ce laboratoire s'impliquera dans la formation du doctorant aux techniques d'extraction d'ADN, de géotypage moléculaire, de création de banques d'ADN, ainsi qu'à l'utilisation des nouvelles techniques de séquençage à haut débit (NGS). Le laboratoire s'impliquera également dans l'encadrement des analyses de données impliquant des analyses de structure génétique et génomique des populations, dans les analyses spatiales de polymorphisme génétique, ainsi que des analyses de type GLM afin d'inférer le rôle des éléments paysagers dans la structuration génétique des populations.

Publications du laboratoire sur le sujet :

Favre-Bac L, Mony C, Ernoult A, Burel F, Arnaud J-F. 2016. Ditch network sustains functional connectivity and influences patterns of gene flow in an intensive agricultural landscape. *Heredity* **116**: 200-212.

Faucher L, Hénocq L, Vanappelghem C, Rondel S, Quevillart R, Gallina S, Godé C, Jaquiéry J, Arnaud J-F. 2017. When new human-modified habitats favor the expansion of an amphibian pioneer species: evolutionary history of the natterjack toad (*Bufo calamita*) in a coal basin. *Molecular Ecology* **26**: 4434-4451.

Latron M, Arnaud J-F, Ferla H, Godé C, Duputié A. 2020. Effects of contemporary shifts of range margins on patterns of genetic structure and mating system in two coastal plant species. *Heredity* **124**: 336-350.

Procédure de candidature :

Les dossiers de candidature doivent comporter un CV détaillé (diplômes et notes déjà obtenus, sujets de stages pratiques), une lettre de motivation et les coordonnées ou une lettre d'appréciation de deux référents,

et devront être adressés à Jean-François Arnaud (jean-francois.arnaud@univ-lille.fr), à Anne Duputié (anne.duputie@univ-lille.fr) et à Vincent Vignon (v.vignon@oge.fr) au plus tard le xxx/xxx 2020. Des entretiens seront organisés la deuxième quinzaine de xxx, vraisemblablement au sein des locaux du MNHN, Paris. La thèse débutera en octobre 2020.

PhD SUBJECT

We propose a fully funded 3-year PhD fellowship, aiming at characterizing the impact of a bypass highway on the spatial genetic structure and gene flow in the southern damselfly (*Coenagrion mercuriale*). The student will be based at University of Lille with short stays at an environmental engineering and consulting firm ("Office de Génie Ecologique") near Paris.

Title: Spatial genetic structure and gene flow in the southern damselfly (*Coenagrion mercuriale*): impact of urban area of Strasbourg district and its newly-built bypass highway.

Summary: Accelerating human-mediated modifications of natural habitats is a common feature of the onset of Anthropocene. In particular, evidence is growing that urban areas have dramatically changed evolutionary processes by altering the strength and shape of natural selection, by increasing mutation rates due to pollution and by influencing genetic drift and patterns of gene flow among populations. Urbanization-driven habitat fragmentation is generally expected to increase genetic drift within populations and to reduce the amounts of gene flow among populations. Consequently, urban habitat fragmentation is predicted to reduce genetic diversity within populations and to increase the level of genetic differentiation among populations. However, it has been recently demonstrated that this is not a general rule and that mixed negative/positive evolutionary effects may arise from accelerating urbanization of habitats.

This PhD project deals with the management and protection of biodiversity in urban areas surrounding the city of Strasbourg, France, and aims at studying the impact of a newly constructed bypass highway on patterns of gene flow in a protected species, the southern damselfly *Coenagrion mercuriale*. This species is categorized on the IUCN red list as Near Threatened and is dependent on freshwater habitats.

To investigate potential effects of urban land cover in population connectivity of *Coenagrion mercuriale*, the PhD candidate will:

- (i) perform a population genetics and genomics study using a set of nuclear microsatellites and SNPs, coupled with a landscape analysis using GIS tools.
- (ii) carry out a survey of the process of recolonization of new streams designed as compensatory measures.
- (iii) investigate patterns of gene flow and connectivity among populations in order to propose relevant conservation priorities.

This project as well as the PhD salary is fully funded by a CIFRE grant, gross salary of 2200 € per month, starting Fall 2020.

Detailed project:

This PhD project focuses on a comparative analysis of the population genetic structure of southern damselfly *Coenagrion mercuriale* in two areas with contrasting level of urbanization: urban area of Strasbourg's district and semi-natural habitats in northwestern France.

The aims of this project are the following:

(1) **identify landscape features altering population connectivity at the scale of streams.** The candidate will investigate fine-scaled patterns of genetic structure along newly-built bypass highway of Strasbourg. This will tell whether genetically distinct sets of populations occur owing to landscape barrier effects, or whether a simple isolation by distance model with migration-drift equilibrium fit the observed spatial genetic structure. The fine-scale effect of the stream/river system and stream restoration on local inbreeding levels and patterns of genetic relatedness among individuals will be discussed in the light of the observed spatial genetic structure.

(2) **analyze the effect of urban land cover features on levels of gene flow at the landscape scale: Strasbourg urban area.** Using GIS tools to characterize landscape features and their spatial arrangement, least-cost paths and overall landscape conductance will be estimated and used to describe the best-fitted patterns of gene flow. Landscape components that shape the functional connectivity of populations, *i.e.* components facilitating or impeding dispersal processes through space and time, will therefore be determined. Two rounds of population sampling will be planned in spring 2021 and 2022 within the Strasbourg district.

(3) **compare levels of intrapopulation genetic diversity and interpopulation gene flow in two different landscapes: urban and semi-natural.** To go beyond a snapshot of neutral genetic variation within a single urban area, these results will be compared with a set of less-anthropized populations located within semi-natural habitats in north-western France (region "Hauts-de-France"). North-western populations are already sampled.

(4) **determine patterns of recolonization of newly restored freshwater habitats.** This will allow to determine which metapopulation model applies within this man-made disturbed area. Simple diffusion process or source-sink dynamics will be clarified using the observed genetic structuring using likelihood-based

assignment tests or Bayesian clustering. As above, the sampling of individuals is planned in spring 2021 and 2022.

(5) **define conservation strategies** in light of the observed population genetic structure. Based on the level of local inbreeding, the degrees of genetic isolation of populations and patterns of recolonization of restored freshwater habitats, the candidate will assess the efficiency of compensatory measures and plan conservation priorities.

Requested skills: Training in evolutionary biology, good knowledge in population genetics and genomics, conservation genetics, landscape ecology.

Applications from highly motivated and outstanding students with a strong background in empirical and theoretical population genetics/genomics and good skills in molecular biology will be considered. The position would suit an enthusiastic, motivated, and independent graduate with interest in field sampling and ecological characterization of habitats, and whose degree has a solid component in evolutionary biology. Given the extensive sampling planned over the urban neighborhood of the city of Strasbourg, the PhD candidate should have a driving license. The candidate will also have to make the link between a scientific institution (University of Lille), an environmental engineering and consulting firm (O.G.E) and various local naturalist societies. Finally, the candidate should have the ability to coordinate the diverse project managers in charge of the extensive sampling that will be carried out during this project.

To apply, please send:

- a CV
- a short motivation letter (max 1 page)
- university certificates with official grades in a single PDF
- contact details from two referees and/or recommendation letters

to Jean-François Arnaud (jean-francois.arnaud@univ-lille.fr), Anne Duputié (anne.duputie@univ-lille.fr) and Vincent Vignon (v.vignon@oge.fr).

Only complete applications received by xxx month 2020 will be considered. The selection criteria will be the excellence of the curriculum vitae and the adequacy between the professional project of the candidate and the thesis subject. Candidates will be short listed and final decision will be made after auditions by the end of May.

Key words:

Population genetics, population genomics, conservation genetics, landscape ecology