

AVIS DE STAGE DE MASTER 1 AU PRINTEMPS 2022 (7 SEMAINES)

Sujet du stage :	Analyse de la connectivité fonctionnelle du paysage du massif Pyrénéen pour l'ours brun (h/f)
Affectation :	Office Français de la Biodiversité Direction générale déléguée Police, Connaissance, Expertise Direction de la Recherche et de l'Appui Scientifique Service Gestion et conservation des espèces à enjeux
Positionnement hiérarchique :	Stagiaire sous l'autorité du Chef de projet ours
Lieu du stage :	Villeneuve-de-Rivière (31)

DESCRIPTION DES MISSIONS

Equipe d'accueil :

L'Office français de la biodiversité (OFB) est né le 1er janvier 2020. Ce nouvel établissement public, placé sous la tutelle des ministres chargés de l'environnement et de l'agriculture, a été créé pour protéger et restaurer la biodiversité. Il intègre les missions, les périmètres d'intervention et les 2 800 agents de l'Agence française pour la biodiversité (AFB) et de l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS).

Il contribue, s'agissant des milieux terrestres, aquatiques et marins, à la surveillance, la préservation, la gestion et la restauration de la biodiversité ainsi qu'à la gestion équilibrée et durable de l'eau en coordination avec la politique nationale de lutte contre le réchauffement climatique (loi n°2019-773 du 24 juillet).

Pour remplir ses missions, l'Office s'appuie sur des équipes pluridisciplinaires (inspecteurs de l'environnement, ingénieurs, vétérinaires, techniciens, personnels administratifs, etc.) réparties sur tout le territoire national. Il est organisé de façon matricielle pour prendre en compte tous les milieux, en transversalité, selon une articulation à trois niveaux :

- une échelle nationale où se définissent et se pilotent la politique et la stratégie de l'OFB (directions et délégations nationales) ;
- une échelle régionale où s'exercent la coordination et la déclinaison territoriale (directions régionales) ;
- des échelons départementaux et locaux, de mise en œuvre opérationnelle et spécifique (services départementaux, antennes de façade, parcs naturels marins, etc.).

La Direction de la Recherche et Appui Scientifique (DRAS) est l'une des 2 directions « connaissance » de l'OFB, en charge de la recherche et de l'expertise sur les espèces, sur les milieux, leurs fonctionnalités et leurs usages, ainsi que sur les risques sanitaires en lien avec la faune sauvage. Elle est composée de 5 services au 1^{er} janvier 2022.

Le Service Gestion et conservation des espèces à enjeux est en charge du suivi patrimonial, des recherches et des expertises sur les espèces protégées, vulnérables et envahissantes exotiques ou natives (enjeux de conservation, pour les écosystèmes et/ou socio-économiques), et notamment de la population d'ours brun (*Ursus arctos*) des Pyrénées.

L'étudiant sera accueilli au sein des bureaux de l'équipe ours à Villeneuve de Rivière (31800).

Description du stage :

Contexte :

La perte et la fragmentation des habitats, qui sont essentiellement causées par le développement des infrastructures de transport et l'artificialisation des sols par l'homme (foresterie, défrichement pour l'agriculture et l'élevage, urbanisation...), sont considérées comme l'une des causes majeures de perte de biodiversité (Petsas et al. 2020). Elles modifient la structure et la configuration de la mosaïque paysagère, et notamment le nombre, la taille et l'isolement des patches d'habitats, entraînant une diminution de la connectivité du paysage pour les espèces, contraignant les mouvements, la dispersion et la colonisation de nouveaux territoires, et créant des barrières physiques et/ou comportementales aux mouvements des individus et aux flux de gènes entre populations ou sous-populations (Almasieh et al. 2019). Ceci peut conduire à un isolement des populations, un appauvrissement de la diversité génétique et par conséquent une augmentation de la consanguinité (Almasieh et al. 2019). L'ensemble de ces effets peut fragiliser la viabilité démogénétique des petites populations et engendrer le déclin des populations voire l'extinction d'espèces selon un vortex d'extinction (Kopatz et al. 2021).

La connectivité écologique est ainsi définie comme le mouvement sans entrave des espèces et le flux des processus naturels qui soutiennent la vie sur Terre (Hilty et al. 2020). Pour les espèces, elle correspond au mouvement des populations, des individus, des gènes, des gamètes et des propagules entre les populations, les communautés et les écosystèmes, ainsi que celui des matières non vivantes d'un endroit à un autre (Hilty et al. 2020). On distingue en général la connectivité fonctionnelle qui représente une description de la façon dont les gènes, les gamètes, les propagules ou les individus se déplacent dans les paysages terrestres, d'eau douce et marins, de la connectivité structurelle qui mesure la perméabilité de l'habitat en fonction des caractéristiques physiques et de la disposition des parcelles d'habitat, des perturbations et d'autres éléments terrestres, d'eau douce ou marins jugés importants pour le déplacement des organismes dans leur environnement (Hilty et al. 2020). La connectivité structurelle reflète ainsi l'agencement physique des habitats disponibles ou non (matrice), tandis que la connectivité fonctionnelle est le degré auquel un paysage – y compris la matrice entre les parcelles d'habitat – facilite ou entrave le déplacement des organismes étudiés (Keeley et al. 2021). Un paysage qui est fonctionnellement connecté pour certaines espèces peut donc ne pas l'être pour d'autres. La création de corridors écologiques entre les parcelles d'habitat favorables et isolées vise à maintenir ou à restaurer une connectivité écologique efficace, en permettant de reconnecter les sous-populations et d'améliorer la survie, les mouvements des individus et donc les flux de gènes au sein des populations (Petsas et al. 2020).

Les grands carnivores, tels que l'Ours brun (*Ursus arctos*), sont particulièrement sensibles à la perte de connectivité aux vues de leur forte mobilité et de leurs vastes domaines vitaux (Mateo- Sanchez et al. 2014 ; Almasieh et al. 2019). En Europe, l'ours brun a vu son aire de répartition grandement réduite (Almpanidou et al. 2014) conduisant à sa quasi extinction au cours du siècle dernier (Martin et al. 2012). Aujourd'hui, grâce aux efforts de conservation et de renforcement des populations, l'espèce se maintient au sein de multiples petites populations dispersées en Europe, parmi lesquelles celle des Pyrénées et du Trentin sont les plus menacées (Martin et al. 2012). L'ours brun est capable de se disperser sur de longues distances (Kopatz et al. 2021), un individu pouvant parcourir plus de 10 km par jour (Sentilles et al. 2021). Les déplacements des femelles sont en général limités puisqu'elles ont un comportement philopatride à l'inverse des mâles qui peuvent se disperser sur de grandes distances (Rodriguez Recio et al. 2020 ; Schregel et al. 2017). L'étendue du domaine vital annuel peut atteindre plusieurs centaines de km² notamment chez les mâles (Sentilles et al. 2021). Les vastes domaines vitaux de l'ours brun couvrent en général une large diversité d'habitats, notamment de type forestiers (Peters et al. 2015 ; Rodriguez Recio et al. 2020). L'ours brun montre une utilisation différentielle des habitats, de manière journalière et saisonnière, en fonction de ses besoins vitaux (Almpanidou et al. 2014). Il existe peu de réelles barrières physiques aux mouvements pour les ours si ce ne sont peut-être les autoroutes (Rodriguez Recio et al. 2020 ; Kopatz et al. 2021), les canaux, les zones de très hautes altitudes et les zones fortement urbanisées (Martin et al. 2012). Bien que les ours soient capables de traverser les routes, celles-ci présentent toutefois un risque élevé de mortalité par collisions et sont sources de dérangement du fait de la circulation routière et de la forte présence humaine (Martin et al. 2012 ; Rodriguez Recio et al. 2020). Ainsi, même franchissables en théorie, elles peuvent être perçues par les ours comme une barrière comportementale et entraver leurs déplacements (Rodriguez Recio et al. 2020).

Autrefois présent presque partout en France en plaine comme en montagne, l'ours brun a vu sa dernière population, présente dans les Pyrénées, diminuer de manière drastique au cours des derniers siècles suite à sa persécution et à la destruction de son habitat par l'homme, jusqu'à être au seuil de l'extinction avec seulement cinq individus cantonnés dans les Pyrénées occidentales en 1995 (Taberlet et al. 1997). Face à ce constat, un renforcement de la population ursine pyrénéenne a été mis en place dès 1996, avec à ce jour un total de 11 individus d'origine slovène réintroduits, d'abord dans le noyau centro-oriental où l'ours brun avait complètement disparu, puis dernièrement dans le noyau occidental. Ces actions ont permis de vérifier que les conditions naturelles d'habitats favorables requises pour l'accueil

de la population d'ours brun étaient bien réunies, ainsi que de relancer la dynamique de la population, qui compte un minimum de 64 individus détectés en 2020 sur une surface de 8 200 km² (Sentilles et al. 2021). Mais la population reste fragile et vulnérable aux risques démographiques et génétiques, ainsi qu'aux mortalités d'origine anthropique (braconnage, tirs de défense, collisions...), du fait de son faible effectif, son isolement géographique (elle est séparée de la population des Cantabries par environ 300 km) et sa forte consanguinité (Le Maho et al. 2013). De plus, la population reste fragmentée. En effet, bien que depuis 2017, quelques mâles dispersent entre les deux noyaux historiques des Pyrénées centrales et des Pyrénées occidentales longtemps restés isolés, la connectivité fonctionnelle n'est toujours pas assurée pour les femelles qui sont philopatriques et s'installent à proximité de leur lieu de naissance (Sentilles et al. 2021). La population d'ours brun des Pyrénées est ainsi toujours considérée comme en danger critique d'extinction (IUCN 2017). La connectivité du paysage, et notamment la connectivité entre les deux noyaux historiques des Pyrénées centrales et des Pyrénées occidentales, constitue un enjeu particulièrement important pour la viabilité démo-génétique à long terme et la conservation de la population d'ours brun des Pyrénées.

Objectifs :

L'objectif de ce stage est d'évaluer la connectivité fonctionnelle du paysage pour l'ours brun dans les Pyrénées en utilisant des cartes de résistance basées sur les données CORINE Land Cover (Büttner et al. 2004) reclassées et pondérées en fonction de la résistance des différentes classes d'habitats aux mouvements de l'ours. Ces analyses pourraient permettre d'apporter des recommandations en terme d'aménagement des habitats et du territoire (ex. création de passages à faune, aménagements forestiers) afin de conserver et de créer des corridors écologiques favorables à la connectivité fonctionnelle du paysage pour l'ours dans les Pyrénées. Un accent particulier sera mis sur la connectivité entre les deux noyaux historiques de populations d'ours brun dans les Pyrénées (noyau centro-oriental et noyau occidental).

Méthodes :

L'étudiant aura à sa disposition l'ensemble des données géolocalisées d'indices de présence d'ours brun dans les Pyrénées issues du suivi non invasif à long terme de la population par le Réseau Ours Brun (ROB) (Sentilles et al. 2021), ainsi que les données de localisations des ours équipés de colliers et/ou émetteurs VHF et/ou GPS. Il pourra également se baser sur les travaux réalisés par Carruther-Jones (2013) dans le cadre d'un projet qui visait à examiner et tester les approches de cartographie et de priorisation des zones pour la conservation pour évaluer la connectivité dans les Pyrénées.

Il s'agira plus spécifiquement de créer des cartes de résistance, à partir d'une carte des habitats caractérisée par une ou plusieurs variables catégorielles multi-classes (e.g. les types d'occupation des sols) ou continues (e.g. la rugosité du terrain) (Keeley et al., 2021). Nous utiliserons dans notre cas pour une première approche les cartes CORINE Land Cover d'occupation des sols (Büttner et al. 2004). Ces cartes vont permettre de modéliser la résistance des différentes classes d'habitat aux mouvements des ours en supposant une relation inverse entre l'adéquation des habitats pour les ours et la résistance de ces habitats aux mouvements des ours (Cisneros-Araujo et al. 2021). L'adéquation des habitats pour être évaluée :

- soit à partir de la littérature et des dires d'experts (Peters et al. 2015 ; Petsas et al. 2020),
- soit à l'aide de données de localisations des ours ou de présence d'ours, en utilisant par exemple l'algorithme de l'entropie maximale dans le logiciel MaxEnt (Ziółkowska et al. 2016 ; Almasieh et al. 2019).

Une fois la carte de résistance construite, la connectivité fonctionnelle peut être évaluée par des approches de modélisation des chemins de moindre coûts, basées sur la théorie des circuits (Almasieh et al. 2019) et la théorie des graphes (Petsas et al. 2020) avec des outils tels que Linkage Mapper sur ARCGIS (Galo et al. 2019).

Bibliographie :

Almpanidou, V., Mazaris, A. D., Mertzanis, Y., Avraam, I., Antoniou, I., Pantis, J. D., & Sgardelis, S. P. (2014). Providing insights on habitat connectivity for male brown bears: A combination of habitat suitability and landscape graph-based models. *Ecological Modelling*, 286, 37-44.

- Almasieh K., Rouhi H., Kaboodvandpour S. (2019) Habitat suitability and connectivity for the brown bear (*Ursus arctos*) along the Iran-Iraq border. *European Journal of Wildlife Research*, 65(4), 1-12.
- Büttner, G., Feranec, J., Jaffrain, G., Mari, L., Maucha, G., & Soukup, T. (2004). The CORINE land cover 2000 project. *EARSeL eProceedings*, 3(3), 331-346.
- Carruthers-Jones J. (2013). The selection, evaluation and testing of methods for the identification of priority connectivity conservation areas: a case study in the Pyrenees. Master Thesis, Centre for Mountain Studies, University of the Highlands and Islands.
- Cisneros-Araujo, P., Goicolea, T., Mateo-Sánchez, M. C., García-Viñás, J. I., Marchamalo, M., Mercier, A., & Gastón, A. (2021). The Role of Remote Sensing Data in Habitat Suitability and Connectivity Modeling: Insights from the Cantabrian Brown Bear. *Remote Sensing*, 13(6), 1138.
- Gallo, J., Strittholt, J., Joseph, G., Rusigian-Romsos, H., Degagne, R., Brice, J., et al. (2019). Mapping Habitat Connectivity Priority Areas that are Climate-wise and Multi-scale, for Three Regions of California. *figshare*. Online resource. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.7477532.v6>
- Hilty, J., Worboys, G. L., Keeley, A., Woodley, S., Lausche, B., Locke, H., ... & Tabor, G. M. (2020) Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors. *Best practice protected area guidelines series*, (30).
- Keeley, A. T., Beier, P., & Jenness, J. S. (2021). Connectivity metrics for conservation planning and monitoring. *Biological Conservation*, 255, 109008.
- Kopatz, A., Eiken, H. G., Hagen, S. B., Ruokonen, M., Esparza-Salas, R., Schregel, J., ... & Aspi, J. (2012). Connectivity and population subdivision at the fringe of a large brown bear (*Ursus arctos*) population in North Western Europe. *Conservation Genetics*, 13(3), 681-692.
- Kopatz, A., Kleven, O., Kojola, I., Aspi, J., Norman, A. J., Spong, G., ... & Flagstad, Ø. (2021). Restoration of transborder connectivity for Fennoscandian brown bears (*Ursus arctos*). *Biological Conservation*, 253, 108936.
- Le Maho Y., Boitani L., Clobert J., Quenette P-Y., Sarrazini F. (2013). Expertise collective scientifique : l'Ours brun dans les Pyrénées.
- Martin, J., Revilla, E., Quenette, P. Y., Naves, J., Allainé, D., & Swenson, J. E. (2012). Brown bear habitat suitability in the Pyrenees: transferability across sites and linking scales to make the most of scarce data. *Journal of Applied Ecology*, 49(3), 621-631.
- Peters, W., Hebblewhite, M., Cavedon, M., Pedrotti, L., Mustoni, A., Zibordi, F., ... & Cagnacci, F. (2015). Resource selection and connectivity reveal conservation challenges for reintroduced brown bears in the Italian Alps. *Biological Conservation*, 186, 123-133.
- Petsas P., Tsavdaridou A. I., Mazaris A. D. (2020) A Multispecies Approach for Assessing Landscape Connectivity in Data-Poor Regions. *Landscape Ecology*, 35(3), 561-576.
- Rodriguez Recio, M., Jerina, K., Knauer, F., Molinari-Jobin, A., Groff, C., Huber, D., ... & Filacorda, S. (2018). Action A3: Analysis of spatial connectivity and preparation of environmental impact assessment guidelines (Doctoral dissertation, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta).
- Schregel, J., Kopatz, A., Eiken, H. G., Swenson, J. E., & Hagen, S. B. (2017). Sex-specific genetic analysis indicates low correlation between demographic and genetic connectivity in the Scandinavian brown bear (*Ursus arctos*). *PloS one*, 12(7), e0180701.
- Sentilles J., Lemaitre P-L., Vanpé C., Quenette P-Y. (2021). Rapport annuel du réseau ours brun 2020. Office Français de la Biodiversité, Paris.
- Taberlet, P., Camarra, J. J., Griffin, S., Uhres, E., Hanotte, O., Waits, L. P., ... & Bouvet, J. (1997). Noninvasive genetic tracking of the endangered Pyrenean brown bear population. *Molecular ecology*, 6(9), 869-876.
- Ziółkowska, E., Ostapowicz, K., Radeloff, V. C., Kuemmerle, T., Sergiel, A., Zwijacz-Kozica, T., ... & Selva, N. (2016). Assessing differences in connectivity based on habitat versus movement models for brown bears in the Carpathians. *Landscape Ecology*, 31(8), 1863-1882.

RELATIONS LIEES AU POSTE

Relations internes :

Encadrement au sein de l'OFB : Dr Cécile Vanpé – chef de projet ours.

Chercheurs, techniciens, assistantes et autres étudiants du service impliqués dans la problématique, notamment Dr Pierre-Yves Quenette (Chef du Service Gestion et conservation des espèces à enjeux).

Relations externes :

Ce stage sera co-encadré par Dr Jonathan Carruthers-Jones, chercheur extérieur à l'OFB rattaché à l'Université de Leeds, mais basé dans les Hautes Pyrénées en France, spécialiste des questions de connectivité du paysage et de naturalité.

Des collaborations sont envisageables avec Dr Olivier Gimenez du CEFE-CNRS et Maëlis Kervellec, étudiante en thèse dans son équipe, qui étudie entre autres la connectivité du paysage pour l'ours brun dans les Pyrénées à partir de méthodes de capture-recapture spatialement explicites.

COMPETENCES ET QUALITES REQUISES

Connaissances :

Cartographie et SIG

Statistiques spatiales

Des connaissances en écologie seraient un plus

Savoir-faire opérationnel :

Logiciel QGIS

Langage de programmation R (et notamment les packages d'analyses spatiales et de cartographie)

Bon niveau en anglais

Savoir-être professionnel :

Sens du relationnel (travail en équipe), rigueur, autonomie

Diplômes – Formation – Expérience :

Etudiant en Master 1, spécialité Cartographie - SIG ou en Master 1, spécialité Ecologie avec de très bonnes compétences avérées en Cartographie et SIG.

CONDITIONS D'EXERCICE / SUJETIONS PARTICULIERES

- Permis de conduire et véhicule personnel (non obligatoire mais préférable)
- Stage non indemnisé

DEPOSER UNE CANDIDATURE

Les personnes intéressées devront adresser leurs candidatures (CV détaillé et lettre de motivation) par courriel sous la référence **Stage Master 1 - Connectivité fonctionnelle Ours** à cecile.vanpe@ofb.gouv.fr et J.Carruthers-Jones@leeds.ac.uk

La date limite de dépôt des candidatures est fixée au **30/11/2021**