



Qu'est-ce que le dispositif ExposUM Doctoral Nexus ?

Les Doctoral Nexus proposés par [l'Institut ExposUM](#) sont des réseaux de 3 à 4 doctorantes et doctorants, issus de disciplines différentes et affiliés à au minimum deux unités de recherche différentes.

Par rapport à une thèse classique, participer à un Doctoral Nexus favorisera la capacité à travailler en équipe et à concevoir des projets de manière transdisciplinaire tout en approfondissant son propre champ d'expertise.

Un programme pédagogique spécifique sera proposé et les doctorant(e)s concerné(e)s auront également l'opportunité d'organiser un séminaire au sein du réseau Nexus.

Les thèses sont financées d'emblée pour 4 années, comprenant le salaire du doctorant ou de la doctorante ainsi qu'une enveloppe d'environnement.



Modélisation multi-échelle des dynamiques spatiales du ragondin

Date envisagée de démarrage de la thèse : Décembre 2025

Directeurs de thèse : QUEFFELEC Hoel, UMR IMAG et GIMENEZ Olivier, UMR CEFE ; co-encadrante GUERAND Jessica, UMR IMAG

Contexte

Le ragondin (*Myocastor coypus*) est une espèce envahissante largement répandue en Europe, ayant un fort impact écologique et sanitaire. Son expansion et son interaction avec les habitats naturels et anthropisés posent des enjeux importants, notamment en raison de son rôle potentiel dans la transmission d'agents pathogènes zoonotiques comme les leptospires. Cette thèse vise à combiner des approches statistiques et mécanistiques pour mieux comprendre la dynamique spatiale et sanitaire du ragondin, en intégrant les interactions avec l'environnement et les pressions exercées par les changements climatiques.

Objectifs et méthodes proposés

Volet 1 : Analyse des données de suivi pour caractériser les déplacements et l'utilisation de l'habitat. Ce premier volet se concentrera sur l'exploitation des données empiriques pour comprendre les déplacements et l'utilisation de l'habitat par le ragondin. Deux types d'analyses seront menés :





- Analyse des données GPS : Utilisation des modèles de type Markov cachés (HMM) pour caractériser les comportements de déplacement du ragondin en fonction des conditions environnementales (Klappstein et al., 2023 ; Michelot et al., 2023). Ces modèles permettront d'intégrer la diffusion spatiale et la dépendance temporelle pour identifier les régimes comportementaux (repos, alimentation, exploration). Une originalité du travail consistera à intégrer la dépendance entre individus (structure sociale) dans ces modèles.

- Analyse des données opportunistes : Exploitation d'un modèle de type processus ponctuel de Poisson inhomogène (IPPP) pour relier les observations opportunistes de présence du ragondin à la structure de l'habitat, notamment en lien avec la disponibilité des ressources et les pressions anthropiques. Ici l'originalité résidera dans l'extension des modèles classiques au cas dynamique pour tenir compte de la dimension temporelle.

Ces analyses permettront de mieux comprendre les préférences d'habitat et les dynamiques de dispersion du ragondin, posant ainsi les bases pour la modélisation des interactions population-habitat.

Volet 2 : Développement de modèles mécanistes de dynamiques spatiales. Ce volet s'attachera à la construction de modèles mécanistes permettant de simuler les dynamiques spatiales et démographiques du ragondin. Deux approches complémentaires seront explorées :

- Modèle individu-centré (IBM) : Développement d'un modèle simulant le comportement individuel et les interactions sociales des ragondins, avec une calibration sur les données empiriques du volet 1 (Banks & Hooten, 2021; Hooten & Wikle, 2010).

- Modèle mécaniste-statistique (« mecastat ») : Application d'une approche alternative permettant d'intégrer des composantes statistiques dans une modélisation mécaniste, avec une calibration sur les données empiriques du volet 1. Ici il s'agira d'inférer les paramètres d'un modèle de réaction-diffusion (Roques & Soubeyrand, 2013; Soubeyrand & Roques, 2014). L'originalité tiendra dans la prise en compte de la topologie en réseau des cours d'eau.

Une composante sanitaire sera intégrée dans ces deux approches de modélisation sous la forme d'une dynamique SIR (*Susceptible-Infected-Recovered*), distinguant les individus porteurs et non porteurs d'agents pathogènes comme *Leptospira spp.*. Cette approche permettra d'évaluer comment les dynamiques spatiales et les pressions de régulation influencent la persistance et la propagation de la leptospirose dans les populations de ragondins.

Volet 3 : Projections des dynamiques de population sous scénarios climatiques. Dans ce dernier volet, les modèles développés seront utilisés pour simuler les trajectoires futures des populations de ragondins en fonction de différents scénarios de changements climatiques (Dietze et al., 2018). Ici l'approche bayésienne via les méthodes MCMC permettra de propager formellement les différentes sources d'incertitude. L'objectif sera triple :

- Évaluer l'impact de l'évolution des conditions environnementales sur l'expansion et la densité des populations de ragondins.





- Examiner comment ces changements influencent les zones de contact entre populations de ragondins et zones anthropisées.
- Analyser les implications pour les risques sanitaires, notamment en lien avec l'intensification de l'exposition humaine aux agents pathogènes tels *Leptospira spp.*.

Résultats attendus

Cette thèse apportera des avancées méthodologiques et appliquées sur la modélisation des dynamiques spatiales et sanitaires des espèces envahissantes en contexte de changement global. Les résultats obtenus permettront d'alimenter les stratégies de gestion et de mitigation des risques sanitaires liés au ragondin. Nous prévoyons bien sûr une valorisation dans des revues académiques et colloques nationaux et internationaux

Faisabilité

Le projet repose sur des bases méthodologiques et des ressources déjà disponibles, garantissant un démarrage rapide et efficace des travaux de recherche. Dès le début de la thèse, des données GPS sur 15 individus seront disponibles, ainsi que les données de présence (via le SINP <https://inpn.mnhn.fr/informations/sinp/presentation>) et une caractérisation fine de l'habitat. L'équipe possède une expérience reconnue dans le développement et l'application des modèles statistiques nécessaires à l'analyse des données, que ce soit les HMMs (Gimenez et al., 2012, 2022; Gimenez, 2026a), les IPPs (Bonnet-Lebrun et al., 2020; Renner et al., 2019), les modèles individus-centrés (Bauduin et al., 2020, 2025), l'approche mecastat (Louvrier et al., 2020) ou encore l'approche bayésienne (Gimenez, 2026b).

Références

- Banks, D. L., & Hooten, M. B. (2021). Statistical Challenges in Agent-Based Modeling. *The American Statistician*, 75(3), 235–242. <https://doi.org/10.1080/00031305.2021.1900914>
- Bauduin, S., Germain, E., Zimmermann, F., Idelberger, S., Herdtfelder, M., Heurich, M., Kramer-Schadt, S., Duchamp, C., Drouet-Hoguet, N., Morand, A., Blanc, L., Charbonnel, A., & Gimenez, O. (2025). *Modelling Eurasian lynx populations in Western Europe: What prospects for the next 50 years?* (p. 2021.10.22.465393). bioRxiv. <https://doi.org/10.1101/2021.10.22.465393>
- Bauduin, S., Grente, O., Santostasi, N. L., Ciucci, P., Duchamp, C., & Gimenez, O. (2020). An individual-based model to explore the impacts of lesser-known social dynamics on wolf populations. *Ecological Modelling*, 433, 109209. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109209>
- Bonnet-Lebrun, A.-S., Karamanlidis, A. A., de Gabriel Hernando, M., Renner, I., & Gimenez, O. (2020). Identifying priority conservation areas for a recovering brown bear population in Greece using citizen science data. *Animal Conservation*, 23(1), 83–93. <https://doi.org/10.1111/acv.12522>
- Dietze, M. C., Fox, A., Beck-Johnson, L. M., Betancourt, J. L., Hooten, M. B., Jarnevich, C. S., Keitt, T. H., Kenney, M. A., Laney, C. M., Larsen, L. G., Loescher, H. W., Lurch, C. K., Pijanowski, B. C., Randerson, J. T., Read, E. K., Tredennick, A. T., Vargas, R., Weathers, K. C., & White, E. P.





(2018). Iterative near-term ecological forecasting: Needs, opportunities, and challenges. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(7), 1424–1432. <https://doi.org/10.1073/pnas.1710231115>

Gimenez, O. (2026a). *Bayesian analysis of capture-recapture data with hidden Markov models: Theory and case studies in R and NIMBLE*. CRC Press, Taylor & Francis Group. <https://oliviergimenez.github.io/banana-book/>

Gimenez, O. (2026b). *Statistique bayésienne avec R pour les non-spécialistes*. Quae.

Gimenez, O., Lebreton, J.-D., Gaillard, J.-M., Choquet, R., & Pradel, R. (2012). Estimating demographic parameters using hidden process dynamic models. *Theoretical Population Biology*, 82(4), 307–316. <https://doi.org/10.1016/j.tpb.2012.02.001>

Gimenez, O., Louvrier, J., Lauret, V., & Santostasi, N. (2022). Studying Species Demography and Distribution in Natural Conditions: Hidden Markov Models. In *Statistical Approaches for Hidden Variables in Ecology* (pp. 47–67). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119902799.ch3>

Hooten, M. B., & Wikle, C. K. (2010). Statistical Agent-Based Models for Discrete Spatio-Temporal Systems. *Journal of the American Statistical Association*, 105(489), 236–248. <https://doi.org/10.1198/jasa.2009.tm09036>

Klappstein, N. J., Thomas, L., & Michelot, T. (2023). Flexible hidden Markov models for behaviour-dependent habitat selection. *Movement Ecology*, 11(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s40462-023-00392-3>

Louvrier, J., Papaïx, J., Duchamp, C., & Gimenez, O. (2020). A mechanistic–statistical species distribution model to explain and forecast wolf (*Canis lupus*) colonization in South-Eastern France. *Spatial Statistics*, 36, 100428. <https://doi.org/10.1016/j.spasta.2020.100428>

Michelot, T., Glennie, R., Thomas, L., Quick, N., & Harris, C. M. (2023). Continuous-time modelling of behavioural responses in animal movement. *The Annals of Applied Statistics*, 17(4), 3570–3588. <https://doi.org/10.1214/23-AOAS1776>

Renner, I. W., Elith, J., Baddeley, A., Fithian, W., Hastie, T., Phillips, S. J., Popovic, G., & Warton, D. I. (2015). Point process models for presence-only analysis. *Methods in Ecology and Evolution*, 6(4), 366–379. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12352>

Renner, I. W., Louvrier, J., & Gimenez, O. (2019). Combining multiple data sources in species distribution models while accounting for spatial dependence and overfitting with combined penalized likelihood maximization. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(12), 2118–2128. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13297>

Roques, L., & Soubeyrand, S. (2013). *Modèles de réaction-diffusion pour l'écologie spatiale*. Quae.

Soubeyrand, S., & Roques, L. (2014). Parameter estimation for reaction-diffusion models of biological invasions. *Population Ecology*, 56(2), 427–434. <https://doi.org/10.1007/s10144-013-0415-0>



Modalités de candidature

La candidature doit être composée des éléments suivants :

- Un CV
- Une lettre de motivation
- De la copie du diplôme permettant l'inscription
- Des éléments spécifiques demandés par l'école doctorale Information Structures Systèmes (<https://edi2s.umontpellier.fr/>)

Veillez adresser votre candidature à Olivier Gimenez (olivier.gimenez@cefe.cnrs.fr) et Hoel Queffelec (hoel.queffelec@umontpellier.fr) en mettant en copie Nathalie Charbonnel (Nathalie.Charbonnel@inrae.fr) et exposum-aap@umontpellier.fr

Avant le lundi 31 mai, 14h00 CET



UNIVERSITÉ DE
MONTPELLIER



Institut
exposUM
UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER



l'Europe
s'engage
en France



The University of Montpellier

KEY FIGURES



RESEARCH CENTERS

From space exploration and robotics to ecological engineering and chronic diseases, UM researchers are inventing tomorrow's solutions for mankind and the environment. Dynamic research, conducted in close collaboration with research organizations and benefiting from high-level technological platforms to meet the needs of 21st century society.

The UM is committed to promoting its cutting-edge research by forging close links with local industry, particularly in the biomedical and new technologies sectors.

More Information: <https://www.umontpellier.fr/en/recherche/unites-de-recherche>

SCIENTIFIC APPEAL

Open to the world, the University of Montpellier contributes to the structuring of the European higher education area, and strengthens its international positioning and attractiveness, in close collaboration with its partners in the I-SITE Program of Excellence, through programs adapted to the major scientific challenges it faces.

More Information: <https://www.umontpellier.fr/en/international/attractivite-scientifique>



UNIVERSITÉ DE
MONTPELLIER



Institut
exposUM
UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER