

PROPOSITION DE SUJET POUR UN CONTRAT DOCTORAL

Laboratoire

UMR CNRS-LR univ. 7372 Centre d'Études Biologiques de Chizé (CEBC), équipe Résilience

Titre de la thèse

Influence des pesticides sur le microbiote et le système immunitaire des oiseaux spécialistes du milieu agricole

Direction de la thèse directeur·trice·s (grade, HDR) et éventuels co-directeur·trice·s

- Karine Monceau (MCF HC, La Rochelle université, HDR) : 50%
- Jérôme Moreau 50% (PR, université de Bourgogne) : 50%

Adéquation scientifique avec les priorités de l'établissement

Ce projet s'inscrit dans l'axe Environnement littoral et biodiversité du LUDI et vise à comprendre les implications de l'utilisation des pesticides en milieu agricole dans le déclin des populations d'oiseaux d'espèces patrimoniales comme le busard cendré et la perdrix grise en regard de leur santé *via* le microbiote et le système immunitaire.

Le plan Ecophyto (I puis II) a été lancé en 2008 en réponse à la directive Européenne (2009/128) afin de réduire massivement l'utilisation des pesticides en agriculture. La réglementation et les interdictions autour de différentes molécules suscitent toujours un certain nombre de controverses quant à leurs effets sur l'animal ainsi que sur l'Homme. Globalement, l'approche qui a été favorisée jusqu'à présent vise à estimer l'impact des pesticides *via* la perte de biodiversité en milieu naturel sans en comprendre les mécanismes sous-jacents ni les conséquences évolutives à long terme. Le projet de thèse soumis ici est original pour plusieurs raisons :

- il est basé sur une double approche *in natura* et expérimentale en captivité
- il implique des espèces sauvages qui ne sont jamais utilisées pour les tests classiques
- il intègre la diversité des molécules de pesticides auxquelles les organismes sont confrontés
- il se base sur des fonctions physiologiques majeures pour l'organisme à savoir sa digestion et son système immunitaire

Ce projet est fédérateur autour de 4 laboratoires rattachés à différentes universités avec La Rochelle université comme université fédératrice :

- CEBC (La Rochelle université, K. Monceau, co-encadrant HDR)
- Biogéosciences (université de Bourgogne, J. Moreau, co-encadrant, spécialiste en immuno-écologie)
- Évolution et Diversité Biologique (université Toulouse 3, J. White, partenaire spécialiste du microbiote aviaire)
- Institut de Chimie et Procédés pour l'Énergie, l'Environnement et la Santé (université de Strasbourg, M. Millet, partenaire spécialiste des pesticides)

Descriptif du sujet (enjeux scientifiques, applicatifs, sociétaux...)

Mots clés : Déclin des populations aviaires ; Effet cocktail ; Effets sublétaux ; Microbiote ; Pesticides ; Populations naturelles ; Système immunitaire

Contexte de la thèse

L'intensification de l'agriculture est indissociable de transformation massive de l'environnement rural concomitant avec le déclin des espèces aviaires spécialistes^{1,2,3,4}. Différents processus contribuent à expliquer ce déclin comme la diminution des ressources^{5,6}, la fragmentation/destruction de certains habitats^{7,8}, la mécanisation^{9,10} et l'usage de pesticides. Toutefois, l'impact des produits phytosanitaires sur l'avifaune a principalement été étudié au travers du déclin de la biodiversité^{4,11,12}. Même si l'innocuité des molécules actives est testée (*via* des tests de toxicité et la détermination de la dose létale 50) avant d'obtenir l'autorisation de mise sur le marché, les effets indirects et différés dans le temps sont probablement sous-estimés par les agences de régulation¹³, en raison i) du faible nombre d'études réalisées *in natura*, ii) du nombre limité d'espèces testées (espèces modèles comme canard colvert ou caille japonaise) qui ne représentent pas la diversité de l'avifaune, iii) du manque de prise en compte de l'exposition multiple auxquels tous les organismes sont soumis (effets cocktails) et iv) de la méconnaissance des effets de ces molécules sur la physiologie, le comportement et les traits d'histoire de vie et leurs conséquences sur la dynamique des populations restent encore mal connus. Tous ces éléments font d'ailleurs l'objet d'une revue large de la littérature réalisée par les encadrants de la thèse¹⁴. L'exemple des insecticides néonicotinoïdes en est la parfaite illustration. Lors de leurs mises sur le marché, ces molécules n'étaient pas supposées impacter les vertébrés car leur mode d'action visait les invertébrés (les récepteurs à l'acétylcholine de type nicotinique sont prédominants chez les invertébrés comparés aux vertébrés). Depuis, il a été montré à de multiples reprises principalement chez les mammifères mais aussi les oiseaux qu'ils génèrent des effets non-létaux différés génotoxiques, neurotoxiques et sont associés à des retards de développement^{15,16,17}. Les néonicotinoïdes étaient aussi supposées être peu rémanentes dans l'environnement. Or, ces molécules, interdites d'utilisation depuis septembre 2018, ont été retrouvées chez des oiseaux des plaines agricoles 3 ans après leur retrait¹⁸. A l'heure actuelle, un faisceau d'éléments tend à montrer que les pesticides pourraient constituer une pression de sélection importante sur la survie des oiseaux.

L'ingestion de nourriture ou d'eau contaminée est considérée comme la voie principale de contamination aux pesticides¹⁹. Par la suite, les molécules actives transitent par le tractus digestif puis sont absorbées et diffusées dans la circulation sanguine jusqu'aux tissus cibles. En fonction des cibles atteintes, plusieurs fonctions physiologiques peuvent être atteintes comme le système nerveux (e.g., organophosphorés, carbamates et néonicotinoïdes sont typiquement des pesticides ciblant le système nerveux^{20,21}) puis générer par un effet de cascade des modifications du comportement des individus. Certaines molécules peuvent également induire une réaction de détoxification pouvant générer des dégâts au niveau de l'ADN et des tissus, appelés stress oxydatif qui est généralement neutraliser par un complexe anti-oxydant^{22,23,24}. Les pesticides peuvent également affecter le système immunitaire en réponse au stress oxydatif ou par la modulation de la sécrétion de la testostérone (i.e., perturbation endocrinienne) *via* son effet immunosuppresseur, cette hormone ayant par ailleurs un effet sur l'agressivité des mâles ainsi que sur leur fertilité^{25,26,27}. Les caroténoïdes sont des molécules antioxydantes d'intérêt dans ce contexte car ils interviennent à la fois au niveau de la fonction immunitaire et des colorations. De ce fait, ils sont au cœur de compromis évolutifs entre la maintenance de l'intégrité de l'organisme (*via* la limitation du stress oxydatif et le système immunitaire) et l'expression des caractères sexuels secondaires liés à la reproduction *via* la sélection sexuelle²⁸. Comme les caroténoïdes ne peuvent être acquis que par

l'alimentation²⁹, les individus capables de monopoliser une ressource riche en caroténoïdes devraient être mieux protégés contre les effets néfastes des pesticides. Pour résumer, les pesticides peuvent impacter les individus du niveau intracellulaire (ADN) jusqu'aux fonctions majeures de l'organisme, qui affectent elles-mêmes les traits d'histoire de vie (reproduction et survie) et en conséquence les dynamiques de population.

Lors d'une ingestion de nourriture contaminée, la dernière barrière séparant les molécules pesticides de la physiologie des individus est le système digestif et notamment le microbiote (communautés bactériennes) intestinal. A ce jour, les effets des pesticides sur les communautés d'organismes constituant ce microbiote restent largement ignorés chez les oiseaux à l'exception de quelques études sur des espèces modèles (caille japonaise) limitant les extrapolations au compartiment sauvage. Pourtant, des modifications de la constitution du microbiote par différents types d'alimentation sont déjà observées³⁰. Néanmoins, à notre connaissance, aucune étude à ce jour ne s'est intéressée aux modifications engendrées sur le microbiote par une exposition aux pesticides. Le rôle crucial du microbiote est pourtant reconnu en santé humaine (pathologies digestives, développement de cancers) et prend de plus en plus d'ampleur, notamment en regard de la pollution chimique environnementale^{31,32}. La labilité importante du microbiote face aux variations environnementales serait en fait un indicateur extrêmement sensible des perturbations que subissent leurs hôtes³³. Compte tenu de l'implication du microbiote dans les processus liés à l'acquisition de nutriments, au système immunitaire et à la détoxification de l'organisme³⁴, il paraît incontournable de l'intégrer dans à notre démarche globale visant à comprendre les mécanismes liant exposition aux pesticides et déclin des population aviaires en milieu rural. Ce cadre prend d'autant plus son sens que la problématique du lien entre microbiote intestinal, immunité et santé de l'oiseau peut être transposable sur l'humain (concept *One Health*, une seule santé).

Nos travaux actuels sur l'effet des pesticides comportent à la fois un suivi annuel de populations naturelles (passereaux et busards cendrés) et de l'expérimentation en semi-captivité sur la perdrix grise³⁵, avec pour chaque modèle biologique une étude du comportement, de la physiologie (système immunitaire, endocrine) et des traits d'histoire de vie (reproduction). L'originalité de notre démarche globale est de pouvoir travailler avec une exposition réaliste aux effets cocktails des pesticides. Grâce à une collaboration avec Maurice Millet du laboratoire ICPEES de l'université de Strasbourg, nous avons pu développer une méthode de dosage pour plus d'une centaine de molécules pesticides³⁶, permettant ainsi de quantifier l'exposition des individus dans leur sang, reflétant ainsi une exposition récente³⁷. Nous bénéficions également d'un site d'étude remarquable, la Zone Atelier Plaine et Val de Sèvre (ZA-PVS³⁸), sur laquelle nous avons une connaissance fine du mode de pratiques agricoles réalisées (agriculture conventionnelle vs. biologique), nous permettant donc de travailler sur un gradient d'exposition aux pesticides. Au niveau expérimental, nous avons développé un protocole original en proposant aux oiseaux non pas une nourriture traitée (ou non) avec une molécule pesticide mais à proposer comme source de nourriture aux oiseaux des grains issus de plantes produites en agriculture conventionnelle (présentant des résidus pesticides confirmés par analyses) ou de plantes produites en agriculture biologique (et exempts de résidu pesticides). Lors d'un précédent projet financé (2022) par une ACI LUDI, nous avons pu mettre en place une collaboration avec Joël White du laboratoire EDB à Toulouse afin de mettre en place un protocole permettant d'intégrer l'étude du microbiote chez les oiseaux et donc de voir les effets des pesticides sur sa composition. Ce protocole au point nous invite désormais à prendre un compte cet aspect de la physiologie d'importance majeure mais largement ignoré jusqu'à présent sur des espèces d'oiseaux le long d'un gradient d'utilisation d'agriculture biologique.

Nous visons à répondre à 3 pistes majeures de recherche pour l'étude du microbiote chez les espèces aviaires sauvages que Grond et al.³⁴ ont identifiés à savoir : i) étendre le nombre de taxons étudiés au-delà des espèces modèles classiques, ii) établir les liens entre microbiote et système immunitaire et iii) réaliser une transition entre les études corrélatives et expérimentales.

Ainsi la thèse permettra d'apporter des éléments à ces 3 volets avec la dimension supplémentaire de l'exposition aux pesticides : i) par l'études d'espèces non modèles, appartenant à la fois à des taxons différents (passeriformes, galliformes, accipitriformes), permettant d'explorer de possibles réponses différentiels du microbiote selon la taxonomie et l'écologie des hôtes, ii) par l'études conjointes du système immunitaire que nous maîtrisons déjà^{35,39} et iii) par l'étude conjointes observationnelle (poussins de busard cendré), semi-expérimentales (passereaux capturés dans des haies avec un pourcentage de parcelles en agriculture biologique ou conventionnelle contrasté, voir ACI JCJC K. Monceau 2019) et expérimentale en conditions contrôlées (perdrix grise)^{18,35}.

Objectifs et résultats attendus de la thèse

Objectifs : Ce projet vise à analyser les différences de microbiote chez les oiseaux spécialistes du milieu rural, principalement le busard cendré, et leurs liens avec le système immunitaire, afin de savoir si l'exposition aux pesticides est susceptible de modifier la structure des communautés bactériennes. Nous analyserons également les conséquences que ces modifications sur la physiologie des individus et plus largement sur leur santé.

Hypothèses et prédictions : Le microbiote est constitué d'une communauté de microorganismes entretenant des relations mutualistes avec leur hôtes, le tout avec une certaine homéostasie. En fonction de l'exposition aux pesticides des individus, ces communautés sont susceptibles d'être altérées au niveau composition taxonomique et fonctionnelles, ces modifications pouvant directement impacter la santé de l'hôte par perturbation de l'homéostasie (appelée dysbiose), par perte de certaines fonctions essentielles⁴⁰ ou par la prolifération de pathogènes aviaires et/ou humains (les oiseaux sont notamment des réservoirs d'agents pathogènes pour l'Homme comme *Cryptosporidium* sp. et *Aspergillus* sp.). Nos premiers résultats chez la perdrix grise semblent indiquer une variation en lien avec la testostérone potentielle médiatrice du système immunitaire *via* son effet immunosuppresseur, de même qu'une structuration différente des communautés bactériennes en fonction du type d'alimentation (bio vs. conventionnel).

Méthodes : Grâce à l'ACI LUDI précédemment obtenue, nos expérimentations et suivis se font déjà en routine avec un lavage cloacal (peu invasif) afin de récupérer un échantillon de microbiote intestinal pour chaque individu. Par la suite, une extraction d'ADN et un séquençage de l'ARNr 16S seront effectués afin de décrire la diversité, la composition taxonomique et le potentiel fonctionnel de la communauté bactérienne (voir Teyssier et al.³⁰).

Pour chaque oiseau, nous disposerons donc de la diversité et de la composition taxonomique et fonctionnelle du microbiote ainsi que de ses paramètres immunitaires (numération sanguine, challenge immunitaire, voir Biard et al.³⁹) et du niveau d'exposition aux pesticides (voir Moreau et al.³⁵ pour un exemple) et de leur parasitémie (parasites sanguins).

Plusieurs espèces et taxons pour lesquels nous disposons déjà de données pourront être étudiés dans le cadre d'une analyse comparative :

- le busard cendré : cette espèce constitue un modèle biologique d'intérêt majeur en étant au sommet du réseau trophique avec une exposition potentiellement plus importante due à la biomagnification. Par ailleurs, les poussins présentent l'avantage de ne pas avoir d'historique alimentaire en dehors de notre zone d'étude ce qui permettra d'avoir une comparaison objective *in natura*. L'autre avantage des rapaces est la production de pelote de réjection, véritable traceur de leur régime alimentaire et pour lesquels des analyses de pesticides peuvent être également générées dans les poils de micromammifères. Cela permet ainsi de lier l'alimentation, le microbiote et les paramètres immunitaires.
- les passereaux : les captures sont réalisées lors de la période de reproduction des passereaux, période à laquelle, les organismes sont particulièrement sollicités en termes de compromis

d'allocation de ressources, ce qui permet de mettre en évidence des coûts associés à différentes stratégies en fonction de la qualité de l'environnement. Ils représentent également une grande variabilité en termes d'écologie.

- la perdrix grise : les expérimentations que nous réalisons sur la perdrix grise de lignée sauvage (issu d'un élevage conservatoire) se font en collaboration avec un éleveur et pour cela nous disposons donc de volières de taille importantes limitant de ce fait les aspects négatifs des expérimentations classiques en captivité. L'avantage est que nous pourrions directement comparer les modifications de microbiote en fonction d'une alimentation issue de l'agriculture conventionnelle vs. biologique. Cela requiert donc de réaliser un prélèvement avant l'exposition puis en fin (contrairement aux passereaux et busard où une seule mesure sera faite).

Nous disposons déjà de données sur l'ensemble de ces espèces car elles sont toutes incluses dans un suivi global de populations naturelles pour les busards et les passereaux (thèses en cours). Concernant les perdrix, les données sont également acquises et pourront être valorisées dans le cadre de la thèse. Néanmoins, il sera possible de renforcer les tailles d'effectifs pour avoir une meilleure résolution statistique. L'étudiant.e recruté.e s'insérera dans le suivi de la population de busards pour les aspects terrain et pourra valoriser les données relatives à son sujet de thèse sur l'ensemble des espèces présentées.

Les rendus / livrables de la thèse

Ce type de projet est prometteur en termes de valorisation scientifique (données inédites) ainsi qu'auprès du grand public au niveau local, régional, national mais aussi international compte tenu de l'universalité des problèmes générés par les pesticides. Le porteur du projet est l'auteur de 47 publications dans des revues à comité de lecture depuis 2009 mais également d'articles de vulgarisation (<http://www.kmoneau.fr/publications/>). L'équipe Résilience à laquelle les membres du projet sont rattachés est également bien implantée localement auprès des associations de protections de l'environnement et réalise régulièrement des actions et animations citoyennes (voir <http://www.kmoneau.fr/popular-science/> pour plus de détails et l'Univ'info du 14 novembre 2023 pour un exemple récent, https://intranet.univ-lr.fr/group/univ-larochelle/actualites?MM_SEQ_ACTU_DETAIL_currentEntry=1151291).

Les risques de la thèse

Le projet dans lequel s'inscrit la thèse est dans le prolongement des travaux menés dans le cadre, d'une ANR JCJC (PestiStress), d'un projet Région Nouvelle-Aquitaine (BioBird) et de 2 ACI (2019 et 2022). Concernant les aspects liés au microbiote, ceux-ci ont pu être initiés grâce à une ACI LUDI pour l'année 2022 qui a déjà permis de mettre en place notre collaboration avec Joël White (MCF, UMR CNRS-IRD-UT3 Paul Sabatier 5174 EDB) et d'acquies les premières données mais qui doivent être augmentées (en taille d'échantillon). Ainsi, ce projet de thèse vise à aller plus loin dans la compréhension des conséquences de l'exposition aux pesticides sur la santé immunitaires et microbienne des individus, dans la droite ligne des travaux que nous menons déjà et pour lesquels différentes publications sont déjà produites depuis 2019^{18,35,41,42,43}.

Références citées (les publications de l'équipes sont en gras)

- [1] Chamberlain DE, Fuller RJ, Bunce RG, Duckworth JC, Shrubb MJ (2000) *J. Applied Ecol.* 37, 71-788. [2] Donald PF, Green RE, Heath MF (2001) *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 268, 25-29. [3] Newton I (2004) *Ibis* 146, 579-600. [4] Chiron F, Chargé R, Julliard R, Jiguet F, Muratet A (2014) *Agric. Ecosyst. Environ.* 185, 153-160. [5] Campbell L.H., Avery M.I., Donald P., Evans A.D., Green R.E. et al. (1997) JNCC Report No. 227. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough, UK. [6] Brickle NW, Harper DGC, Aebischer NJ, Cockayne SH (2000) *J. Applied Ecol.* 37, 742-755. [7] Wilson JD, Evans J, Browne SJ, King JR (1997) *J. Applied Ecol.* 34, 1462-1478. [8]

Chamberlain DE, Crick HQP (1999). *Ibis* 141, 38-51. [9] Crick HQP, Dudley C, Evans AD, Smith KW (1994) *Bird Study* 41, 88-94. [10] Green RE (1995) *Bird Study* 42, 66-75. [11] Mitra A, Chatterjee C, Mandal FB (2011) *Res. J. Environment. Toxicol.* 5, 81–96. [12] Mineau P, Whiteside M (2013) *PLoS ONE* 8, e57457. [13] Mineau, P., Palmer, C., 2013. The Impact of the Nation's Most Widely Used Insecticides on Birds. American Bird Conservancy. [14] Moreau J, Rabdeau J, Badenhauer I, Giraudeau M, Sepp T, Crépin M, Gaffard A, Bretagnolle V, Monceau K (2022) *Environ. Monit. Assess.* 194, 790. [15] Gibbons D, Morrissey C, Mineau P (2015) *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22, 103–118. [16] Pandey SP, Mohanty B (2017) *Neurotoxicology* 60, 16-22. [17] Pandey SP, Tsutsui K, Mohantu B (2017) *Physiol. Behav.* 173, 15-22. [18] Fuentes E, Gaffard A, Rodrigues A, Millet M, Bretagnolle V, Moreau J, Monceau, K (2023) *Chemosphere* 321, 138091. [19] Lopez-Antia A, Feliu J, Camarero PR, Ortiz-Santaliestra ME, Mateo R (2016) *J. Appl. Ecol.* 53, 1373–1381. [20] Čolović MB, Krstić DZ, Lazarević-Păsti TD, Bondžić AM, Vasić VM (2013) *Curr. Neuropharmacol.* 11, 315-335. [21] Wood TJ, Goulson D (2017) *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, 17285-17325. [22] Walker CH, Hopkin S, Sibly R, Peakall DB (2006) *Principles of Ecotoxicology*, 3rd ed. CRC Press Taylor and Francis. [23] Franco R, Sanchez-Olea R, Reyes-Reyes EM, Panayiotidis MI (2009) *Mutat. Res.* 674, 3-22. [24] Ghasemi E, Gholam Azad N, Tondar M, Parirokh P, Fakhretaha Aval S (2015) *J. Syst. Integr. Neurosci.* 1, 14-19. [25] Banerjee BD (1999) *Toxicol. Lett.* 107, 21-31. [26] Khalil SR, Awad A, Mohammed HH (2017) *Environ. Pollut.* 223, 51-61. [27] Mohanty B, Pandey SP, Tsutsui K (2017) *Reprod. Toxicol.* 71, 32-41. [28] Møller et al. (2000) *Avian Poul Biol Rev* 11, 137-159. [29] Goodwin TW (1984) *Annu. Rev. Nutr.* 6, 273-297. [30] Teyssier A, Matthysen E, Salleh Hudin N, de Neve L, White J, Lens L (2020) *Proc. R. Soc. B* 287, 20192182. [31] Hills Jr R, Pontefract BA, Mishcon HR, Black CA, Sutton SC, Theberge CR (2019) *Nutrients* 11, 1613. [32] Chiu K, Warner G, Nowak RA, Flaws JA, Mei W (2020) *Toxicol. Sci.* 176, 253-284. [33] Alberdi A, Aizpurua O, Bohmann K, Zepeda-Mendoza ML, Gilbert MTP (2016) *TREE* 31, 689-699. [34] Grond K, Sandercock BK, Jumpponen A, Zeglin LH (2018) *J. Avian Biol.* e01788. [35] Moreau J, Monceau K, Crépin M, Derouin Tochon F, Mondet C, Fraikin M, Teixeira M, Bretagnolle V (2021) *Environ. Pollut.* 278, 116851. [36] Rodrigues A, Gaffard A, Moreau J, Monceau K, Delhomme O, Millet M (2023) *J Chromatogr. A* 1687, 463681. [37] Espín S, García-Fernández AJ, Herzke D, Shore RF, van Hattum B, Martínez-López E, Coeurdassier M, Eulaers I, Fritsch C, Gómez-Ramírez P, Jaspers VLB, Krone O, Duk, G, Helander B, Mateo R, Movalli P, Sonne C, van den Brink NW (2016) *Ecotoxicology* 25, 777–801. [38] Bretagnolle V, Berthet E, Gross N, Gauffre B, Plumejeaud C, Houte S, Badenhauer I, Monceau K, Allier F, Monestiez P, Gaba S (2018). *Sci. Total Environ.* 627, 822–834. [39] Biard C, Monceau K, Motreuil S, Moreau J (2015) *Methods Ecol. Evol.* 6, 960-972. [40] Teyssier A, Rouffaer LO, Saleh Hudin N, Strubbe D, Matthysen E, Lens L, White J (2018). *Sci. Total Environ.* 612,1276–1286. [41] Moreau, J., Monceau, K., Gonnet, G., Pfizer, M. & Bretagnolle, V. (2022) *Agric. Ecosyst. Environ.* 336, 108034. [42] Gaffard A, Pays O, Monceau K, Teixeira M, Bretagnolle V, Moreau J (2022) *Environ. Pollut.* 120005. [43] Fuentes E, Moreau J, Teixeira M, Bretagnolle V, Monceau K (2023) *Agric. Ecosyst. Environ.* 358, 108719.

Contexte partenarial (*cotutelle internationale, EU-CONEXUS, partenariat avec un autre laboratoire, une entreprise...*)

Le co-encadrement sera réalisé avec Jérôme Moreau (PR, université de Bourgogne) rattaché au laboratoire UMR CNRS-uB 6282 Biogéosciences, équipe Écologie Évolutive. Le projet implique également :

- Joël White (Mcf, université Toulouse 3) rattaché au laboratoire UMR CNRS-IRD-UT3 Paul Sabatier 5174 Évolution et Diversité Biologique (EDB), équipe Processus de l'Adaptation (PRADA)
- Maurice Millet (PR, université de Strasbourg) rattaché au laboratoire UMR CNRS-UNISTRA 7515 ICPEES

Impacts (*scientifiques, technologiques, socio-économiques, environnementaux, sociétaux...*)

Au niveau scientifique

Ce projet de thèse s'inscrit à la limite des connaissances actuelles et permettra donc d'apporter une meilleure compréhension des effets des pesticides sur la biodiversité et leur contribution dans le déclin de l'avifaune. Elle permettra également de comprendre les liens entre microbiotes et système immunitaire comme proposé par Grond et al.³⁴.

Au niveau socio-économique, sociétal et environnemental

Les aspects scientifiques présentés ci-dessus sont considérés d'importance majeure et devraient nourrir l'approche One Health. En effet, ce concept propose d'unifier la santé de l'écosystème, la santé animale et la santé humaine dans une approche systémique et intégrée. Cette thèse devrait donc permettre de contribuer au débat sur l'utilisation des pesticides en grandes cultures, sur la façon dont les tests d'innocuité sont réalisés avant la délivrance des autorisations de mise sur le marché et devrait donc en conséquence fournir des éléments de discussions pour ce débat à la fois

scientifique, sociétal et politique, en allant au-delà des aspects purement liés aux animaux mais avec la dimension extrapolable à la santé humaine.

Programme de travail du doctorant (*tâches confiées au doctorant*)

- Bibliographie
- Analyses statistiques
- Suivis de populations naturelles
- Valorisation des données (articles, congrès, vulgarisation scientifique, etc.)
- Formations obligatoires et volontaires (notamment Expérimentation Faune Sauvage, Ex-peFS)

L'étudiant.e pourra participer également à différentes actions collectives menées à la fois au sein de l'équipe et du laboratoire. De même, en fonction du souhait de l'étudiant.e, la réalisation d'enseignements au sein du département de Biologie sera aussi possible.

Calendrier de réalisation

La première année de la thèse sera dévolue à définir le cadre de la thèse, se familiariser avec la bibliographie et commencer l'analyse des premières données déjà acquises dans le cadre de l'ACI, en vue de l'écriture d'un premier article. L'étudiant.e devra également préparer sa première année de terrain qui se déroulera d'avril à juillet en fonction de la population de busard. Un point sera donc réalisé au mois d'août en vue du premier comité de thèse afin de définir l'orientation de la seconde année.

Accompagnement du doctorant / Fonctionnement de la thèse (*accompagnement humain, matériel, financier, en particulier pour la prise en charge du fonctionnement de la thèse et des dépenses associées*)

Cette thèse bénéficiera des acquis obtenus durant l'ANR JCJC PestiStress et le projet Nouvelle-Aquitaine BioBird. Nous disposons également d'autres financements (type EC2CO, Ecophyto) sur cette thématique. Enfin, le projet PhytoBird (porteur J. Moreau) a été déposé à l'ANR en octobre 2023. Ce projet vise à intégrer les oiseaux comme bio-sentinelle de la santé de l'environnement mais également de la santé humaine et sera un appui incontestable pour la thèse demandée ici s'il était financé. Néanmoins, nos ressources propres actuelles permettent d'assurer le bon fonctionnement de la thèse. L'étudiant.e bénéficiera également des compétences déjà présentes au sein de l'équipe Résilience mais également de celles présentant dans les laboratoires partenaires de Dion, Toulouse et Strasbourg.