

PROPOSITION DE SUJET POUR UN CONTRAT DOCTORAL

<p><u>Laboratoire</u> Littoral, Environnement et Sociétés (LIENSs)</p>
<p><u>Titre de la thèse</u> Effets des contaminants, des conditions environnementales et du microbiote intestinal sur le comportement des oiseaux marins arctiques</p>
<p><u>Direction de la thèse</u> <i>directeur-trice-s (grade, HDR) et éventuels co-directeur-trice-s</i> Jérôme Fort (Chargé de recherche, CNRS) Katarzyna Wojczulanis-Jakubas (Professor, University of Gdańsk, Pologne)</p>
<p><u>Adéquation scientifique avec les priorités de l'établissement</u> Le projet de thèse proposé vise à mieux comprendre les impacts des changements globaux, et notamment de la contamination du milieu, sur le comportement, l'écophysiologie et la santé des organismes littoraux et marins. Il se focalise par ailleurs sur des espèces particulièrement vulnérables aux modifications et à la pollution de leur environnement : les oiseaux marins, ainsi que sur une des régions marines du globe les plus affectées par les changements globaux : l'Arctique. Au cours des dernières années, La Rochelle Université a démontré être un pôle international sur la recherche en milieu polaire et sur la conservation des prédateurs marins supérieurs. Ce projet s'inscrit donc pleinement dans cette dynamique et dans les priorités de l'établissement.</p>
<p><u>Descriptif du sujet</u> <i>(enjeux scientifiques, applicatifs, sociétaux...)</i> Le développement des activités humaines à l'échelle globale a entraîné depuis la fin du 19ème siècle une augmentation rapide des émissions de contaminants chimiques dans l'environnement. En dépit de la mise en place de conventions internationales comme la Convention de Minamata sur le mercure ou la Convention de Stockholm sur les POPs qui visent à réguler ces émissions, de nombreux contaminants voient encore aujourd'hui leurs concentrations environnementales augmenter (UN Environnement 2019, AMAP 2022). La présence de ces contaminants dans les écosystèmes représente une source d'inquiétude majeure. En effet, certains d'entre eux comme les métaux lourds ou les polluants organiques persistants (POPs) présentent la particularité d'être extrêmement toxiques, parfois à de très faibles concentrations (Wolfe et al. 1998, Desforges et al. 2016), et leur impact sur les espèces et sur les écosystèmes dans leur ensemble pourrait être important. Parmi eux, les écosystèmes marins et côtiers sont parmi les plus exposés aux contaminants anthropiques et une des principales questions de recherche est donc de comprendre la dynamique des contaminants dans les réseaux trophiques, mais aussi leurs impacts sur la biodiversité de ces zones d'enjeu sociétal majeur. Bien que ces changements environnementaux soient une réalité dans la très grande majorité des écosystèmes marins (Walther et al. 2002), c'est en Arctique qu'ils sont les plus marqués et les plus rapides. En effet, bien qu'exempt d'une industrialisation intensive et éloigné des principales sources de pollution, d'importantes quantités de polluants émis par les pays industrialisés de l'hémisphère nord sont transportées et déposées chaque année en Arctique (e.g. Sonke et al. 2018, AMAP 2022) qui se retrouve ainsi menacé par un risque majeur et croissant de pollution. A cela s'ajoute en Arctique d'autres changements environnementaux (par ex. augmentation des températures, fonte des glaces, etc.) qui représentent autant de facteurs de stress susceptibles d'impacter (seuls ou de manière combinée avec les contaminants chimiques) les organismes, les populations, et in fine l'ensemble de la biodiversité et des écosystèmes de cette région. L'Arctique constitue donc une région essentielle pour l'évaluation et la compréhension des impacts des changements environnementaux et notamment de la contamination environnementale sur les organismes et les écosystèmes marins et côtiers. Non seulement dans une perspective de conservation de la biodiversité arctique, mais également car cette région peut être utilisée comme un laboratoire naturel permettant la compréhension des changements environnementaux et de leurs effets à l'échelle globale.</p>

Parmi les organismes arctiques, les prédateurs supérieurs, et notamment les oiseaux marins, sont les plus exposés à cette contamination environnementale du fait de leur position au sommet de la chaîne alimentaire. Par ailleurs, les oiseaux marins jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement de leurs écosystèmes (González-Bergonzoni et al. 2017) mais sont parmi les organismes les plus impactés par les changements de leur environnement (Phillips et al. 2022). Une meilleure compréhension de l'impact des changements environnementaux sur ces espèces est donc d'autant plus importante.

Dans ce contexte, notre équipe a, au cours des dernières années et dans le cadre de plusieurs programmes de recherche nationaux et internationaux, cherché à mieux comprendre la contamination par le mercure des oiseaux marins arctiques, les sources de cette contamination, les mécanismes sous-jacents à la variabilité interspécifique, temporelle et spatiale, ou encore ses impacts, seule ou de concert avec les autres stressés environnementaux. Parmi les résultats récents que nous avons obtenus, nous avons pu montrer de manière préliminaire les effets du mercure sur le comportement des oiseaux (comportement de recherche alimentaire, Grunst et al. 2023), sur leur énergétique (Grunst et al. 2023) ou encore sur leur reproduction (Carravieri et al. 2022). Le projet de thèse proposé aura donc pour objectif de s'appuyer sur ces premiers résultats pour aller plus loin dans notre compréhension de l'impact du mercure et des conditions environnementales sur la reproduction et le comportement des oiseaux marins arctiques.

Par ailleurs, dans le cadre de l'ACI 2021 Jeunes Chercheurs MICRO2MER, nous avons initié l'étude du microbiote intestinal chez les oiseaux marins arctiques et son lien avec la contamination des individus. Parallèlement, les collègues de l'Université de Gdańsk ont réalisé des analyses préliminaires similaires. Par exemple, des études ont mis en évidence que des bactéries isolées du microbiote intestinal étaient capables de transformer le mercure en une forme plus toxique (le méthylmercure) ou à l'inverse en une forme moins toxique (le mercure inorganique - forme que l'organisme est ensuite capable d'éliminer). Ce projet de thèse permettra donc de continuer le développement de ce questionnement en évaluant le lien du microbiote intestinal avec la contamination par le mercure et la santé des oiseaux.

Ce projet de thèse se divisera donc en trois parties différentes :

1/ Etudier les effets du mercure sur les soins parentaux des oiseaux marins arctiques

Le projet se focalisera sur 2 populations de mergules nains (*Alle alle*) au Groenland Est et au Svalbard. Ces populations sont suivies chaque année dans le cadre de 2 programmes à long terme coordonnés par les 2 co-directeurs de la thèse. Sur chacune de ces populations (qui présentent des environnements et des taux de contamination contrastés), différentes données déjà existantes seront utilisées : 1/ des données d'accélérométrie (Groenland et Svalbard) qui permettent d'étudier le comportement et l'effort de recherche alimentaire des oiseaux adultes tel que le temps passé en mer, le temps passé en plongée, la fréquence d'alimentation des poussins...(Grunst et al. 2023), 2/ des données vidéo (Svalbard) permettant de mieux comprendre le comportement des couples de parents au nid et la coordination entre les deux partenaires (Grissot et al. 2022), 3/ des données de biologging (capteurs de niveaux de lumière - Groenland et Svalbard) qui permettent notamment d'inférer le temps passer par les oiseaux (les deux parents) au nid. A ces données, des échantillons de régime alimentaire (composition des proies ramenées par les parents à leur poussin) ont été collectés (Groenland et Svalbard) et sont actuellement en cours d'analyse à l'Institute of Oceanology Polish Academy of Sciences dans le cadre d'une collaboration avec Kaja Bałazy. Enfin, des échantillons de sang des parents ont été prélevés pour évaluer leur contamination et leur condition écophysologique, ainsi que leur régime alimentaire. De nouvelles données et échantillons seront collectés dans le cadre des programmes de terrain financés sur les deux sites par l'IPEV et l'Université de Gdańsk, et notamment des données vidéo au Groenland. La combinaison de l'ensemble de ces données permettra de tester l'hypothèse que la contamination des oiseaux adultes impacte leurs soins parentaux.

2/ Evaluer les effets du mercure sur la condition des poussins en lien avec la contamination des parents et les impacts sur les soins parentaux)

Suite aux résultats obtenus dans la première partie, les effets sur les poussins d'une modification des soins parentaux et de la contamination des parents seront ensuite analysés. Plus spécifiquement des échantillons de sang ont été ou seront collectés sur les poussins des adultes suivis. Ils permettront d'évaluer différents paramètres écophysologiques indicateurs de la qualité des poussins (paramètres chimiques du sang, taille des télomères, niveau de stress par l'étude de la corticostérone...). Les taux de croissance des poussins ont également été (ou seront) suivis ainsi que leur survie à l'envol. L'ensemble de ces paramètres seront mis en regard de la contamination de ces poussins (mercure mais également sélénium qui est connu pour son rôle dans la détoxification du mercure) et des soins/contamination de leurs parents (partie 1) pour étudier l'impact de la contamination des parents et des soins parentaux sur les poussins. Des

analyses de contaminants seront également réalisées dans les coquilles d'œufs des nids suivis (déjà collectées) afin de différencier l'impact des soins/contamination des parents de celui du développement embryonnaire (pré-éclosion) via l'excrétion de mercure dans l'œuf par la femelle.

3/ Evaluer le rôle du microbiote intestinal comme modulateur des effets du mercure ou comme ayant un impact direct sur les oiseaux

Au cours des dernières années, il a été démontré le rôle majeur que joue le microbiote intestinal dans la santé des organismes et dans leur réponse à la contamination environnementale, notamment au mercure. Cette troisième partie se fera en parallèle et en complément des deux premières. En effet, des fèces ont été collectées chaque année depuis 2020 sur des mergules nains adultes et poussins du Groenland et du Svalbard, une partie correspondant aux individus suivis dans les deux premières parties. De nouveaux échantillons seront également collectés. Dans le cadre d'une collaboration avec des collègues microbiologistes du LIENSs et de University of Łódź (Pologne), ces échantillons seront analysés pour leur diversité microbiologique. Combinés aux données comportementales, écotoxicologiques et écophysiologiques décrites précédemment, les résultats obtenus permettront d'étudier sur ces deux sites 1/ le lien entre la diversité du microbiote intestinal et la contamination des oiseaux, 2/ le lien entre la diversité du microbiote intestinal des individus (adultes et poussins), leur comportement et leur condition écophysiologique (directement ou indirectement via une interaction microbiote/mercure) à l'échelle de l'individu, 3/ le lien entre le microbiote intestinal des différents membres d'une famille (adultes et leur poussin). Il s'agira également de la première description du microbiote intestinal des mergules nains et d'un oiseau marin de l'Arctique.

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

Principaux collaborateurs scientifiques durant la thèse :

Piotr Minias (University of Łódź, Łódź, Pologne)
Kaja Bałazy (Institute of Oceanology Polish Academy of Sciences)
Hélène Agogué (CNRS-LIENSs, La Rochelle)
David Grémillet (CNRS-CEFE, Montpellier)

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

Les résultats obtenus lors de cette thèse apporteront de toutes nouvelles informations sur l'effet du mercure (en lien avec les conditions environnementales) sur le comportement, l'écophysiologie et la reproduction des oiseaux marins et par extension de la biodiversité arctique. A ce titre, elles répondent aux priorités de recherche soulevées par différentes organisations internationales, et notamment l'Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) et le Conservation of Arctic Flora and Fauna" (CAFF) du Conseil de l'Arctique. Les données obtenues permettront également de nourrir des bases de données internationales sur le mercure comme le Global Observatory for Mercury (GOS4M) et le Global Mercury Assessment des Nations Unies. Enfin, les oiseaux marins sont une source de nourriture importante pour les communautés arctiques. Ainsi la contamination, mais aussi l'états des populations de ces espèces peuvent avoir des impacts directs sur la santé des population humaines de l'Arctique. Les informations obtenues au cours de cette thèse seront donc également importantes dans un cadre de préservation des socio-écosystèmes arctiques.

Programme de travail du doctorant (tâches confiées au doctorant)

Le travail du doctorant consistera à :

- Réaliser la collecte de données et d'échantillons au cours de une ou deux campagnes de terrain (1 au Svalbard et/ou 1 au Groenland)
- Préparer et analyser (en collaboration avec le pôle technique du LIENSs et les plateformes) les échantillons aviaires pour les concentrations de mercure et de sélénium, et les signatures isotopiques.
- Préparer les échantillons de fèces pour analyses par l'Université de Łódź.
- Réaliser (en collaboration avec le pôle technique du LIENSs) les analyses de télomères
- Analyser les données comportementales acquises par utilisation de balises ou d'enregistrements vidéos

- Réaliser et faire une veille de la bibliographie sur le sujet
- Analyser statistiquement l'ensemble des données obtenues
- Encadrer 1 étudiant de master au cours de la thèse
- Participer à deux conférences pour présenter les résultats de la thèse
- Publier plusieurs articles scientifiques dans des journaux internationaux à partir des résultats obtenus (l'objectif à partir de ce sujet de thèse étant la publication de minimum 4 articles)

Calendrier de réalisation

	Année 1	Année 2	Année 3
Suivi de la bibliographie			
Analyses en laboratoire			
Analyses comportementales			
Traitement statistique des données			
Terrain en Arctique			
Encadrement Master			
Conférences internationales			
Rédaction de manuscrits			
Rédaction de la thèse			
Partie 1			
Partie 2			
Partie 3			

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*)

Le/la doctorant(e) sera basé(e) au LIENSs où il/elle interagira au quotidien avec J. Fort ainsi qu'avec l'ensemble des membres de l'équipe AMARE. Des réunions hebdomadaires seront organisées en visioconférence avec le doctorant et ses deux co-directeurs. Au cours de sa thèse, il/elle passera également entre 6 et 8 mois à l'université de Gdańsk (Pologne) pour interagir et travailler directement avec sa co-directrice. Là encore, des réunions hebdomadaires seront organisées en visioconférence avec le doctorant et ses deux co-directeurs.

Ce projet de thèse s'inscrit dans divers programmes de recherche financés et coordonnés par les directeurs de thèse qui assureront la prise en charge du fonctionnement de la thèse. Notamment, le/la doctorant(e) réalisera une ou deux campagnes de terrain, une au Groenland dans le cadre du programme ADACLIM financé par l'institut Polaire Française (et labellisé "suivi à long-terme du vivant" CNRS Ecologie & Environnement), et/ou une au Svalbard dans le cadre du programme de recherche porté par l'Université de Gdańsk. L'ensemble des manipulations de terrain (achat de d'enregistreurs, matériel d'échantillonnage) sera couvert par ces deux mêmes programmes.

Les analyses de contaminants, d'isotopes stables et de télomères à réaliser seront couvertes par les programmes ARCTIC-STRESSORS (ANR) et ARCTOX (labellisé et soutenu comme "suivi à long-terme du vivant" CNRS Ecologie & Environnement). Les analyses de microbiote intestinal et de corticostérone seront couvertes par les collègues polonais (JUniversité of Łódź et Université de Gdańsk).

A noter que dans le cadre des programmes ADACLIM, ARCTIC-STRESSORS et ARCTOX, de nombreuses analyses ont déjà été effectuées et de nombreux échantillons et données sont déjà disponibles.