

Effets du réchauffement climatique sur l'accélération de la sénescence biologique tôt dans la vie chez un lézard

Niveau du stage : Stage de master 2 de recherche ou équivalent avec gratification

Période du stage : Janvier-Février à Juillet-Août 2025 (6 à 8 mois)

Laboratoire d'accueil : Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement (IEES Paris), équipes Variabilité Phénotypique et Adaptation (VPA) et Ecophysiologie Evolutive (EPE)

Encadrants principaux :

Jean-François Le Galliard (CNRS) : galliard@bio.ens.psl.eu

Sandrine Meylan (Sorbonne Université) : sandrine.meylan@sorbonne-universite.fr

Collaborations :

Julien Cote (CNRS) : julien.cote@univ-tlse3.fr

Pierre de Villemereuil (EPHE) : pierre.devillemereuil@ephe.psl.eu

Résumé du projet de stage

La théorie métabolique prévoit que le réchauffement climatique devrait avoir un impact important sur l'histoire de vie des organismes ectothermes, entraînant une accélération de leur rythme de vie dans les climats plus chauds. Des résultats obtenus dans notre équipe suggèrent que cette accélération thermique du cycle de vie se traduit par une altération de la dynamique de la longueur des télomères des individus dans les populations naturelles d'une espèce de lézard (Dupoué et al. 2022). Toutefois, un lien causal entre réchauffement climatique, vieillissement biologique et altération de l'histoire de vie des individus reste encore à démontrer. Ce projet de stage propose donc d'étudier les effets du réchauffement climatique sur la longueur des télomères, le stress physiologique et traits d'histoire de vie précoce du lézard vivipare en utilisant les données d'une expérience en conditions semi-naturelles dans le dispositif du Métatron terrestre (<https://metatron.sete.cnrs.fr>). Une poursuite en thèse sera possible en candidatant pour une bourse sur un sujet concernant l'étude de l'accélération du rythme de vie aux limites chaudes critiques.

Contexte et objectifs

Contexte. Pour de nombreux organismes vivants, la principale capacité de faire face aux changements climatiques implique des modifications plastiques de la physiologie et des comportements. Chez les organismes ectothermes, la théorie métabolique prévoit une plasticité thermique de l'histoire de vie, le réchauffement climatique devant accélérer la croissance et la reproduction au début de la vie au détriment de la longévité (Dupoué et al. 2022). En parallèle, on s'attend à une accélération de la sénescence biologique, le processus physiologique de dégradation progressive des fonctions cellulaires avec l'âge qui est à l'origine du vieillissement de l'organisme (Burraco et al. 2020).

L'usure des télomères avec l'âge constitue l'une des causes majeures du vieillissement biologique (Lopez-Otin et al. 2013, Lemaître et al. 2024). Les télomères sont des structures nucléoprotéiques complexes composées de séquences répétées non codantes situées aux extrémités des chromosomes et

contribuant à protéger l'ADN « informatif » des régions centrales des chromosomes. La longueur des télomères diminue avec l'âge dans la plupart des tissus et des animaux. Chez les vertébrés, une érosion plus rapide de la longueur des télomères avec l'âge est corrélée avec des environnements stressants et est associée à une longévité réduite ainsi qu'à un vieillissement des performances de l'organisme plus rapide. L'étude des télomères permet donc de faire le lien entre l'accélération du rythme de vie, les stress environnementaux dont le climat et le déclin de certaines fonctions vitales voir des effectifs de la population (Dupoué et al. 2022).

Dans le cadre d'une expérience simulant des conditions climatiques estivales plus ou moins chaudes au sein de grands enclos semi-naturels abritant des écosystèmes naturels de prairies humides (le Métatron terrestre, voir Bestion et al. 2015), nous avons suivi une cohorte de nouveau-nés initialement composée de 1067 lézards vivipares (*Zootoca vivipara*) depuis l'été 2022 (naissance, environ 200 portées) jusqu'à l'été 2024 (première reproduction adulte, environ 150 individus). Des mesures morphologiques et fonctionnelles, des prélèvements de tissus et des extractions d'ADN ont été effectués cinq fois au cours de la vie précoce des animaux. Des données sur leurs mères ont été récoltées en 2022 concernant leur reproduction, leur condition énergétique et leurs télomères ainsi que d'autres traits fonctionnels (métabolisme, etc). Ce protocole permet ainsi de caractériser des profils individuels de vieillissement à l'échelle cellulaire (télomères), à l'échelle tissulaire (physiologie du stress) et à celle de l'organisme (performances et histoire de vie). Cette étude expérimentale offre donc un cadre idéal et unique pour tester la théorie métabolique du vieillissement chez un organisme ectotherme.

Objectifs. Ce projet de master recherche devra mettre en lumière les **effets du réchauffement climatique estivale sur la dynamique d'érosion de la longueur des télomères et l'expression de marqueurs biologiques de stress au cours de l'histoire de vie précoce**. Il s'agira ici d'utiliser l'ADN et les échantillons de tissus pour mesurer la longueur des télomères à l'aide d'une PCR quantitative (qPCR) et doser des marqueurs de stress à l'aide de kits d'analyse. Il s'agira ensuite d'assembler les données cellulaires, tissulaires et à l'échelle de l'organisme pour caractériser les profils de vieillissement biologique et leur lien avec les traitements climatiques des enclos, les traits maternels et les conditions climatiques d'origine des nouveau-nés (14 populations différentes distribuées à travers le Massif Central). **Une poursuite en thèse sera possible au sein de l'équipe dans le cadre d'une candidature sur une bourse doctorale** pour un projet concernant l'étude expérimentale de l'accélération du rythme de vie aux limites chaudes critiques.

Contribution de l'étudiant-e

Les données morphologiques et fonctionnelles de la cohorte des nouveau-nés et toutes les données des mères sont déjà disponibles. L'ADN des échantillons de la cohorte des nouveau-nés a déjà été extrait par l'un des partenaires. L'étudiant-e devra donc réaliser dans un premier temps les analyses de laboratoire sous la supervision d'une personne experte pour quantifier la longueur des télomères et caractériser des marqueurs du stress. Dans un second temps, l'étudiant-e devra assembler les données et réaliser les analyses statistiques dans un environnement de programmation R. Une participation à des travaux de terrain d'été (juillet et août) de l'équipe est proposée en option dans le cadre de ce stage après la soutenance de juin. Ces travaux de terrain impliqueront la capture et la manipulation d'animaux, la gestion d'un élevage et des expériences de laboratoire.

Profil recherché

Nous recherchons un-e étudiant-e en master 2 ou équivalent, sérieux-se et autonome, motivé-e et appréciant à la fois le travail de laboratoire et l'analyse de données. L'étudiant-e devra avoir de bonnes connaissances en écologie évolutive et écophysiologie, une maîtrise basique des techniques de

laboratoire et une appétence pour le traitement statistique des données complexes. **Les candidats devront communiquer aux deux encadrants avant le 1^{er} novembre 2024 une lettre de motivation, un CV complet, et les relevés de notes de M1.** La lettre de motivation devra préciser les compétences du candidat, justifier l'adéquation de la recherche avec le projet du candidat, et fournir les coordonnées de personnes contacts pouvant soutenir la candidature (par exemple, un ancien de responsable de stage).

Rémunération

L'étudiant-e sera installé-e au laboratoire iEES Paris de Sorbonne Université. Ce stage bénéficie d'un financement de Sorbonne Université et de l'ANR TIPEX. Rétribution au montant forfaitaire mensuelle de Sorbonne Université pendant toute la durée du stage et d'une prise en charge complémentaire des frais de mission pendant les déplacements.

Références

Bestion, E., Teyssier, A., Richard, M., Clobert, J., & Cote, J. (2015). Live fast, die young: Experimental evidence of population extinction risk due to climate change. *PLoS Biol*, 13(10), e1002281. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002281>

Burraco, P., Orizaola, G., Monaghan, P., & Metcalfe, N. B. (2020). Climate change and ageing in ectotherms. *Global Change Biology*, 26(10), 5371–5381. <https://doi.org/10.1111/gcb.15305>

Dupoué, A., Blaimont, P., Angelier, F., Ribout, C., Rozen-Rechels, D., Richard, M., Miles, D., de Villemereuil, P., Rutschmann, A., Badiane, A., Aubret, F., Lourdais, O., Meylan, S., Cote, J., Clobert, J., & Le Galliard, J.-F. (2022). Lizards from warm and declining populations are born with extremely short telomeres. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(33), e2201371119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2201371119>

Lemaître, J.-F., Moorad, J., Gaillard, J.-M., Maklakov, A. A., & Nussey, D. H. (2024). A unified framework for evolutionary genetic and physiological theories of aging. *PLOS Biology*, 22(2), e3002513. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002513>

López-Otín, C., Blasco, M. A., Partridge, L., Serrano, M., & Kroemer, G. (2013). The hallmarks of aging. *Cell*, 153(6), 1194-1217. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2013.05.039>