

Variation adaptative et vulnérabilité climatique chez *Podarcis tiliguerta*

Institutions et personnes impliquées

UNIMI : Università degli Studi di Milano, Milan, Italie

UNIPV : Università degli Studi di Pavia, Pavie, Italie

MSNM : Museo Civico di Storia Naturale di Milano, Milan, Italie

Ficetola Gentile Francesco (coordination ; UNIMI)

Sacchi Roberto (coordination ; UNIPV)

Sherpa Stéphanie (membre de l'équipe ; UNIMI)

Melotto Andrea (membre de l'équipe ; UNIMI)

Scali Stefano (collaborateur ; MSNM)

Delaugerre Michel (collaborateur)

Di Canio Viola (membre de l'équipe ; UNIMI)

Dadda Thomas (membre de l'équipe ; UNIPV)

Trenti Matteo (membre de l'équipe ; UNIPV)

Dalpasso Andrea (collaborateur ; UNIMI)

Lapadula Stefano (collaborateur ; UNIMI)

Storniolo Federico (collaborateur ; UNIPV)

Résumé du projet

Face à l'accélération des changements environnementaux, de nombreuses espèces devront s'adapter ou migrer pour survivre. Cependant, les espèces ne sont pas des entités homogènes et présentent souvent plusieurs populations, spécifiquement adaptées aux particularités de leur environnement local, ayant des histoires démographiques distinctes, et pouvant être plus ou moins connectées les unes aux autres, ce qui conditionne la diversité génétique intraspécifique. Cette variabilité génétique est cruciale pour la persistance des populations car elle affecte leur performance et leur capacité d'adaptation (Allendorf et al., 2010 ; Hanson et al., 2020). Ainsi, les populations d'une même espèce ne répondront pas nécessairement de manière uniforme aux changements environnementaux. Par exemple, les populations de petite taille, génétiquement appauvries, pourraient occuper des niches écologiques étroites et être moins tolérantes au stress, et des adaptations locales distinctes pourraient permettre aux populations d'exploiter des niches différentes. Malgré les progrès réalisés dans la compréhension et la prédiction de la réponse des espèces aux changements globaux, nous avons une connaissance limitée sur la façon dont la diversité intraspécifique peut affecter le potentiel adaptatif des espèces.

Le projet de recherche EndeNiche (variation intraspécifique et réponse des espèces endémiques aux changements globaux) financé par le Ministère de l'Éducation, de l'Université et de la Recherche Italien (MIUR ; PRIN, Progetti di Rilevante Interesse Nazionale 2022) vise à fournir une nouvelle compréhension de la réponse des espèces endémiques aux changements globaux, en se concentrant sur le lézard tyrrhénien, *Podarcis tiliguerta*, endémique de Corse et de Sardaigne. Plus précisément, nous mesurerons les caractéristiques génomiques (histoire démographique et adaptation locale à l'aide du séquençage de génome complet) et phénotypiques (morphologie, écophysiologie, comportement) des populations, et les paramètres de la niche climatique, afin d'évaluer les relations entre la variation génétique, les traits et la niche de l'espèce en développant des modèles éco-évolutifs (par exemple, Urban et al., 2016 ; Cotto et al., 2017). Cela permettra d'identifier les populations de *P. tiliguerta* les plus vulnérables au changement climatique, fournissant des indications clés pour la conservation au niveau génétique (unités évolutives significatives qui nécessitent une attention particulière).

Méthodologie

- Zone d'étude

Les analyses génétiques des populations de *P. tiliguerta* en Corse et en Sardaigne ont révélé l'existence de lignées évolutives très divergentes (Salvi et al., 2017 ; Rodríguez et al., 2017). Nous caractériserons la variation phénotypique et génétique parmi l'ensemble des lignées précédemment identifiées (au moins deux en Corse et deux en Sardaigne). Afin d'obtenir un échantillonnage représentatif de la distribution géographique actuelle de *P. tiliguerta*, de la variabilité génétique des populations et de l'hétérogénéité des conditions environnementales, la zone d'étude couvrira les deux départements de la Corse. L'échantillonnage sera réalisé dans huit sites d'échantillonnage répartis sur quatre zones géographiques en Corse-du-Sud et en Haute-Corse, dans les environs des communes de Sartène, Serra di Ferro, Cargèse, Vico, Corte, Vivario et Brando.

- Capture et marquage des spécimens

L'échantillonnage sera effectué de fin avril à juin 2024. La capture de spécimens se concentrera uniquement sur les adultes, avec un maximum de 12 individus (8 mâles et 4 femelles) à chaque site, pour un total de 96 individus (64 mâles et 32 femelles). La capture sera réalisée à la canne à lasso (ou « noosing »), une technique rapide et indolore largement utilisée chez les lézards. Les coordonnées géographiques de chaque spécimen capturé seront relevées. La procédure expérimentale suivant la capture diffère entre les mâles et les femelles. Pour les mâles, chaque lézard sera marqué à l'aide d'un marqueur semi-permanent non toxique afin de permettre l'identification individuelle. Ce type de marquage est inoffensif et disparaît à la première mue. Les mâles seront transportés par voiture privée dans un sac en tissu jusqu'à un laboratoire de terrain, installé dans une maison privée, pour un hébergement temporaire (12 jours) où les expérimentations phénotypiques, les mesures biométriques et la collecte d'échantillons biologiques seront effectuées. Les sacs en tissu seront lavés et stérilisés après chaque session de capture afin d'éviter tout risque de transmission de pathogènes. Les mâles seront relâchés sur le site de capture à la fin de la session expérimentale. Pour les femelles, les mesures biométriques et la collecte d'échantillons biologiques seront effectuées sur le terrain, et les spécimens seront immédiatement relâchés sur le site de capture.

- Procédure expérimentale

Hébergement temporaire, tests comportementaux et de performance

Les mâles seront maintenus individuellement dans des terrariums en plastique (80,5 m²). Chaque terrarium sera équipé d'un abri fait de pierres et de tuiles, et d'un réservoir d'eau. Chaque terrarium disposera d'un tapis thermique pour fournir une source de chaleur et d'une lampe avec minuterie pour une exposition à un cycle de 12h lumière – 12h obscurité. Les lézards auront un accès libre à l'eau (changée quotidiennement), et seront nourris quotidiennement avec des arthropodes du commerce (par exemple, grillons *Acheta* ou *Tenebrio molitor*). Chaque terrarium et dispositif expérimental sera stérilisé entre différents individus afin de prévenir tout risque de transmission de pathogènes.

La session expérimentale durera 12 jours, incluant deux jours d'acclimatation suivant la capture. Chaque individu sera soumis à trois tests comportementaux et de performance (préférence thermique, bilan hydrique et performance locomotrice) afin d'évaluer leurs réponses le long d'un gradient thermique. Les protocoles expérimentaux pour les trois tests ont été définis sur la base de protocoles précédemment publiés chez les amphibiens et les reptiles (Sannolo et al., 2018 ; Baxter-Gilbert et al., 2022), et sont décrits ci-après :

- Préférence thermique – Chaque individu sera placé pendant 8 heures dans une chambre expérimentale avec un gradient thermique constant (20-35°C). La position des lézards le long du gradient thermique et leur température corporelle seront relevées toutes les heures pendant le test ;
- Bilan hydrique – Chaque individu sera placé dans une chambre expérimentale à température constante pendant une période de 8 heures et leur poids sera mesuré toutes les heures à partir du début du test. Le test sera réalisé à trois températures différentes dans la plage thermique généralement rencontrée par les lézards pendant la saison active (25, 30 et 35°C), et chaque individu sera testé une fois pour chaque température (trois tests au total) ;
- Performance locomotrice – La performance d'escalade verticale sera mesurée à l'aide d'une tour expérimentale (cylindre métallique à mailles étroites recouvert d'un couvercle) et enregistrée sur vidéo pendant 5 minutes.

À la fin de chaque test, les animaux seront replacés dans leurs terrariums respectifs pour récupération pendant au moins 24 heures avant tout autre test, à l'exception de la performance locomotrice qui sera mesurée après chaque test de bilan hydrique. Le faible nombre d'individus, le stress limité et la courte période d'hébergement auront des effets négligeables sur le rendement reproductif des populations échantillonnées.

Mesures biométriques et collecte d'échantillons biologiques

Chaque animal (mâle et femelle) sera mesuré à l'aide d'un pied à coulisse numérique et pesé à l'aide d'une balance, puis photographié dans une boîte à lumière avec une palette de couleurs standardisée pour une série d'analyses phénotypiques ultérieures :

- Vue dorsale de la tête (variation de la taille et de la forme de la tête) ;
- Écailles ventrales et pores fémoraux (présence de phénotypes asymétriques) ;
- Gorge et vue dorsale de l'animal (analyse de la coloration).

Ces procédures ne prennent généralement que quelques minutes, et le temps de manipulation sera aussi réduit que possible afin de minimiser le stress des animaux.

Afin d'obtenir des informations sur la variation génomique, la réponse immunitaire et les interactions comportementales, nous collecterons trois types d'échantillons biologiques : tissus, sang et sécrétions des pores fémoraux, respectivement. Les protocoles expérimentaux sont décrits ci-après :

- Tissus – L'extrémité de la queue (~2 cm) de chaque individu sera prélevée. Le prélèvement de la partie distale de la queue n'a pas de conséquences à long terme et entraîne une très faible perturbation (García-Muñoz et al., 2011), car l'autotomie caudale est une stratégie adaptative anti-prédatrice chez les lézards, qui régénèrent rapidement leur queue. Les tissus seront conservés dans de l'éthanol à 95 % pour les analyses génétiques ultérieures ;
- Sang – Les échantillons de sang seront prélevés par la technique d'aspiration rétro-orbitaire. Un tube capillaire stérile en verre hépariné ($\varnothing = 2$ mm) sera délicatement poussé contre le bord de l'œil de l'individu, puis une petite pression sera exercée sur le plexus rétro-orbitaire afin de provoquer un saignement localisé (Sacchi et al., 2017). Cette méthodologie n'entraîne pas de conséquences à long terme pour les animaux, tout en minimisant le stress pour les animaux par rapport à des techniques plus invasives (Michael & Muthukkaruppan, 1984) ;
- Sécrétions des pores fémoraux – Les sécrétions seront collectées pour étudier la variation des composés impliqués dans la signalisation chimique, qui médient les interactions intra- et interspécifiques chez les lézards (Baeckens et al., 2017). Les sécrétions seront obtenues (uniquement chez les mâles) en exerçant une pression légère sur la ligne de pores fémoraux sur la partie ventrale du membre postérieur suivant Pellitteri-Rosa et al. (2014), avec un stress minimal pour les animaux.

Références

- Allendorf, F. W., et al. (2010). Genomics and the future of conservation genetics. *Nature Reviews Genetics* 11: 697–709. doi: 10.1038/nrg2844
- Baeckens, S., et al. (2017). Evolutionary morphology of the lizard chemosensory system. *Scientific Reports* 7: 10141. doi: 10.1038/s41598-017-09415-7
- Baxter-Gilbert, J., et al. (2022). Island hopping through urban filters: Anthropogenic habitats and colonized landscapes alter morphological and performance traits of an invasive amphibian. *Animals* 12: 2549. doi: 10.3390/ani12192549
- Cotto, O., et al. (2017). A dynamic eco-evolutionary model predicts slow response of alpine plants to climate warming. *Nature Communications* 8: 15399. doi: 10.1038/ncomms15399
- García-Muñoz, E., et al. (2011). Tail tip removal for tissue sampling has no short-term effects on microhabitat selection by *Podarcis bocagei*, but induced autotomy does. *Acta Herpetologica* 6: 223–227. doi: 10.13128/Acta_Herpetol-9814
- Hanson, J. O., et al. (2020). Global conservation of species' niches. *Nature* 580: 232–234. doi: 10.1038/s41586-020-2138-7
- Michael, R. D., and Muthukkaruppan, V. R. (1984). A simple method for serial bleeding of lizards. *Developmental & Comparative Immunology* 8: 209–212. doi: 10.1016/0145-305X(84)90025-9
- Pellitteri-Rosa, D., et al. (2014). Chemical polymorphism in male femoral gland secretions matches polymorphic coloration in common wall lizards (*Podarcis muralis*). *Chemoecology* 24: 67–78. doi: 10.1007/s00049-014-0148-3
- Rodríguez, V., et al. (2017). Evolutionary history of *Podarcis tiliguerta* on Corsica and Sardinia. *BMC Evolutionary Biology* 17: 1–12. doi: 10.1186/s12862-016-0860-4
- Sacchi, R., et al. (2017). Seasonal variations of plasma testosterone among colour-morph common wall lizards (*Podarcis muralis*). *General and Comparative Endocrinology* 240: 114–120. doi: 10.1016/j.ygcen.2016.09.012
- Salvi, D., et al. (2017). Digging up the roots of an insular hotspot of genetic diversity: decoupled mitochondrial histories in the evolution of the Corsican-Sardinian endemic lizard *Podarcis tiliguerta*. *BMC Evolutionary Biology* 17: 1–22. doi: 10.1186/s12862-017-0899-x
- Sannolo, M., et al. (2018). Physiological differences in preferred temperatures and evaporative water loss rates in two sympatric lacertid species. *Zoology* 126: 58–64. doi: 10.1016/j.zool.2017.12.003
- Urban, M. C., et al. (2016). Improving the forecast for biodiversity under climate change. *Science* 353: aad8466. doi: 10.1126/science.aad8466