

Projet de Fin d'Études (PFE) 2023-2024

Les capacités de dispersion des reptiles et réponses au changement global

Francis Isselin

Odessa Chorgnon

Les capacités de dispersion des reptiles et réponses au changement global

**Directeur de recherche :
Francis Isselin**

**Auteur.e :
Odessa Chorgnon**

Année 2023-2024

AVERTISSEMENT

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur.e (les auteur.e.s) de cette recherche a (ont) signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

FORMATION PAR LA RECHERCHE, PROJET DE FIN D'ETUDES EN GENIE DE L'AMENAGEMENT ET DE L'ENVIRONNEMENT

La formation au génie de l'aménagement et de l'environnement, assurée par le département aménagement et environnement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement des espaces fortement à faiblement anthropisés, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir-faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Dynamiques et Actions Territoriales et Environnementales de l'UMR 7324 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation (SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.

Table des matières

Table des figures	4
Introduction.....	1
Matériel et méthode	2
Résultats.....	3
A. Etat des connaissances actuelles	3
B. Lien entre capacité de dispersion et vulnérabilité au changement climatique.....	4
Discussion.....	6
Bibliographie	7
Annexe.....	12

Table des figures

Figure 1: Extrait du tableau réalisé à partir de la collecte de données relatives à la dispersion des reptiles.....	3
Figure 2: Direction et distance potentiel des aires de répartition par groupe taxonomique pour l'année 2080 avec un scénario RCP6.0 (niveau moyen) concernant le changement climatique (Biber, 2023).....	4
Figure 3: Prédiction de la perte de richesse spécifique sous différents scénarios de changement climatique (Newbold, 2018).....	5

Les prédictions concernant le climat futur s'accordent toutes autour de l'urgence que représente le changement climatique, du fait de sa vitesse et son intensité. En effet, le dernier rapport du GIEC estime une augmentation des températures dépassant les 1,5°C d'ici 2050, dans leur scénario le plus optimiste où des mesures efficaces sont rapidement mises en place. L'augmentation des températures est à la fois une cause et une conséquence qui s'accompagne de réactions en chaîne et autres phénomènes. L'ensemble de ces facteurs comme l'accroissement de l'occurrence et de l'intensité des sécheresses, l'hétérogénéité accrue des phénomènes climatiques, l'acidification des océans etc. résultent en une perte irréversible de biodiversité. Ces facteurs influencent à différentes échelles les organismes, de manière directe avec la modification des caractères physico-chimiques et biologiques des milieux, mettant en péril leur manière de fonctionner et surtout leur état écologique. Les reptiles étant pour une grande partie ectotherme, ils sont directement touchés par ces changements de température qui vont impacter leur trait d'histoire de vie. En effet, que ce soit leur mode de fonctionnement lié à l'acquisition de chaleur externe, l'accès à des zones humides ou encore l'accès à leur nourriture, les reptiles aux côtés des amphibiens, font partie des taxons les plus rapidement touchés par le changement climatique. Ces taxons sont alors contraints à 3 issues : se déplacer, s'adapter ou s'éteindre.

La solution de se déplacer réside dans la capacité de dispersion, c'est-à-dire le processus de déplacement mis en place par un individu afin de s'établir à distance de son lieu initial ou premier lieu de reproduction, de manière passive ou active. Disperser est une nécessité au regard du maintien à long terme de populations et métapopulation grâce aux flux de gènes que cela implique (Trochet, 2013). C'est également un facteur déterminant dans la possibilité d'une espèce à faire face au changement climatique, bien plus que la haute spécificité d'une niche par exemple (Inman et al., 2023). L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) la liste au sein des caractéristiques et traits pouvant rendre une espèce sensible au changement climatique.

Cependant, les reptiles sont connus pour avoir, en général, des distances de dispersion maximum assez faible, les rendant d'autant plus vulnérables face au changement climatique (Zhang et al., 2022). Ils sont pour la plupart sédentaires et ceux qui dispersent sont en minorités, et plutôt des adultes mâles. (Zwahlen et al., 2021). Cela s'explique notamment par le fait que disperser demande un coût en énergie qui ne sera pas alloué ailleurs, au détriment de sa croissance, sa reproduction, c'est une prise de risque en termes d'équilibre coût/bénéfice. L'individu n'est pas assuré de s'épanouir ou de trouver un partenaire alors qu'il place son énergie dans une dispersion. Il est alors plus fréquent que ce soient davantage les individus les plus grands, gros et agressifs qui dispersent (Clobert et al., 2009).

La question de l'adaptation est une seconde possibilité moins probable puisqu'elle requiert des individus des changements physiques ou physiologiques conséquents, dans un laps de temps très restreint au vu de la vitesse du changement climatique actuel. C'est pourquoi nous nous questionnerons davantage sur la dispersion en mettant en avant un résumé des distances de dispersion connues afin de la quantifier. On pourra ensuite observer quelles sont les issues possibles et comment elles sont mesurées.

MATERIEL ET METHODE

Le but de cette étude est de faire un état des lieux des connaissances existantes sur les échelles de distance de dispersion des reptiles dans le monde afin de le relier à leur vulnérabilité face au changement climatique. Pour ce faire, il a été choisi de réaliser un tableau regroupant les données concernant la dispersion pour un maximum de reptile possible afin de mettre en avant dans un second temps, le lien entre la capacité de dispersion pour les différents groupes de reptiles afin de faire face au changement climatique.

En termes d'acquisition de données, cette recherche a été opérée au moyen de moteurs de recherche tel que google scholar, science directe et bibCnrs.

Dans un premier temps, la recherche s'est orientée vers les bases de données existantes regroupant un maximum d'informations, comme la Life-history trait database of European reptile species. S'est ajouté ensuite des articles ayant mesurés la dispersion d'espèce ou ayant réalisé également une revue bibliographique regroupant ces données, c'est le cas des 2 documents suivants :

- How marine currents influenced the widespread natural overseas dispersal of reptiles in the Western Indian Ocean region (Hawlitschek, Ramírez Garrido, et al., 2017)
- Moving into Protected Areas? Setting Conservation Priorities for Romanian Reptiles and Amphibians at Risk from Climate Change (Popescu et al., 2013a)

Les sources de chaque information prélevée des documents ont ensuite été vérifiées au moyen des bibliothèques et ressources en ligne suivantes : Bibliothèque de Polytech tours, Worldcat, Zoological Society of London publications, Europeana, Wiley online library, Jstor, SpringerLink, ResearchGate. Une exception a été faite pour l'article de Hawlitschek (2017), seuls 5 textes ont été vérifiés en faisant l'hypothèse que le reste était fiable puisque la même méthode de mesure était utilisée.

Lorsqu'une information n'était pas retrouvée dans le document source, la mention « information non corrélée » a été notée.

Il a ensuite été question d'effectuer des recherches traitant de l'impact du changement climatique sur les échelles de dispersion. Pour cela, les mots clefs suivant ont été utilisés : dispersion, dispersal, reptile, changement climatique, climate warming, range shift, reptile database, déplacement, moving, movement. Plus de 70 articles ont été parcourus au total.

A. Etat des connaissances actuelles

Il a été choisi de compiler les données suivantes dans un même tableau (Annexe 1) pour chaque ressource trouvée : Famille, Espèce, Distance min (m/année), Distance max (m/année), Distance moyenne (m/année), Auteur.e.s, Date de publication, Méthode de mesure. Des abréviations ont été choisies pour les méthodes de mesures :

- MRR : Capture et marquage d'individus, puis recapture ultérieure pour estimer la taille de la population.
- RAD : Radio télémétrie, utilisation d'émetteurs radio pour suivre les déplacements des animaux à distance.
- RATE : Mesure du taux de déplacement des animaux depuis leur introduction.

Lorsqu'une source n'était pas accessible ou non corrélée, elle a été jugée non fiable, sa présence étant maintenue dans un second tableau (Annexe 2) mais à considérer avec précaution. Il a également été décidé d'y placer les espèces éteintes puisqu'elles nous intéressent moins mais sont quand même à considérer.

Le tableau comporte des renseignements pour 103 espèces au total, parmi eux 50 sont considérés fiables et pertinents. Il est à noter que les cases ont été coloré en fonction du document dont l'information a été extraite, orange pour la base de donnée de Grimm, bleu pour le document de Hawlitschek et vert pour celui de Popescu.

Figure 1: Extrait du tableau réalisé à partir de la collecte de données relatives à la dispersion des reptiles

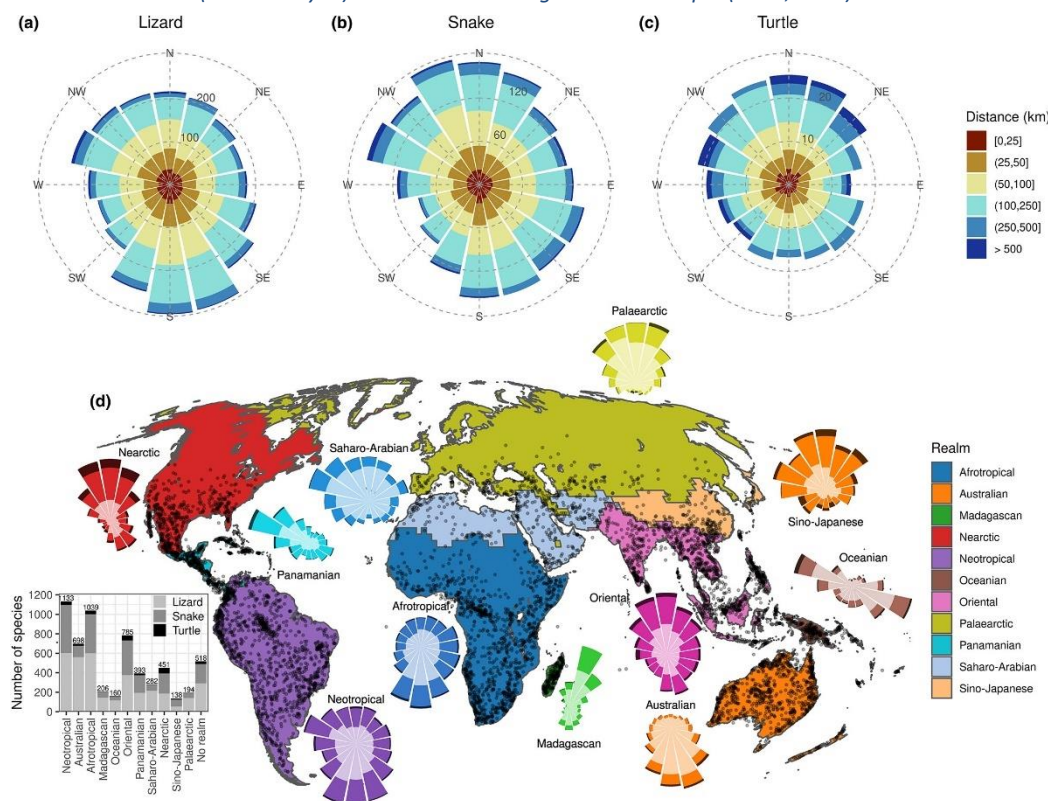
Famille	Espèce	Distance min moyenne (m/année)	Distance max (m/année)	Distance moyenne (m/année)	Auteur.e.s	Date de publication	Méthode de mesure
Anguidae	<i>Anguis fragilis</i>		130		Stumpel	2004	MRR
Bolyeriidae	<i>Bolyeriidae (partly extinct)</i>	> 4300000			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Chamaeleonidae	<i>Furcifer cephalolepis</i>	520000			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Chamaeleonidae	<i>Furcifer polleni</i>	290000			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Colubridae	<i>Gongylomorphus spp. (partly extinct)</i>	700000			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Colubridae	<i>Hierophis viridiflavus (couleuvre verte et jaune ou Cinglard)</i>		3000		Lelievre et al.	2011	RAD

B. Lien entre capacité de dispersion et vulnérabilité au changement climatique

En raison de la faiblesse de l'échantillon de données récoltés, il n'est pas possible de produire des résultats satisfaisants quant aux capacités de dispersion des reptiles selon les groupes ou régions du monde. C'est pourquoi nous nous intéresserons au croisement de différentes études ayant réalisés des modélisations de la distribution des espèces de reptile en prenant en compte différents scénarios potentiel du changement climatique et en incluant les capacités de dispersions des espèces.

La première étude et plus récente (Biber et al., 2023), a modélisée les potentielles données suivantes : richesse spécifique, déplacement de l'aire de répartition, selon différents scénarios de changement climatique à l'échelle mondiale. Afin d'intégrer la capacité limitée de dispersion des reptiles, il a été choisi d'appliquer des coefficients tampons selon 3 scénarios (d/4, d/8, d/16), en sachant que le niveau d/8 correspond à une dispersion moyenne de 2,4km/an, un niveau moyen de dispersion (Figure 1).

Figure 2: Direction et distance potentiel des aires de répartition par groupe taxonomique pour l'année 2080 avec un scénario RCP6.0 (niveau moyen) concernant le changement climatique (Biber, 2023)



On observe alors que selon cette modélisation, les aires de répartition devraient se déplacer d'en moyenne 111+/-0.9 km, en majorité vers le sud. Au sein de l'hémisphère nord la tendance est de monter d'avantage, alors que dans l'hémisphère sud on observe l'inverse, c'est donc un déplacement orienté vers les pôles. Si on s'intéresse aux différents taxons, l'aire des lézards aurait tendance à se déplacer dans toutes les directions avec une préférence pour le sud, alors que les tortues et serpents seraient plutôt orientés vers le nord. Le taxons ayant les plus hautes prévisions de déplacement d'aire est celui des tortues, suivie des serpents, ce qui semble contre intuitif en raison des vitesses de déplacement de ces groupes. Pourtant, cette différence vient du simple fait que les lézards possèdent en général des aires de répartition moins étendue que les 2 autres groupes.

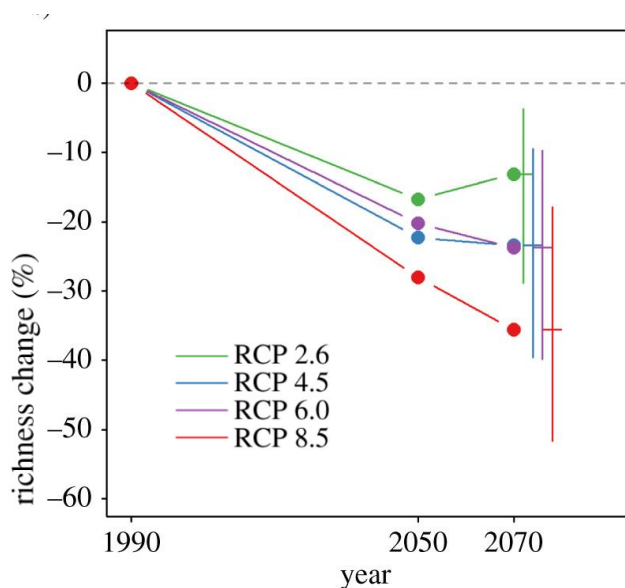
Si on observe à présent l'étude de Newbold (2018) qui a modélisé la perte de richesse spécifique au niveau mondial, 2 scénarios ont été choisis en terme de changement global : le RCP 2,6 prévoyant +2°C et le RCP 8,5 prévoyant +4°C. Trois hypothèses ont été choisies pour la capacité de déplacement : pas de dispersion, une dispersion intermédiaire de 0,5km/an, et pas de limitation de dispersion.

Le cas prenant une dispersion moyenne de 0,5km/an amène à une perte d'environ 10,5% de richesse spécifique dans le cas du scénario RCP 2,6 et de 28,8% dans celui de RCP 8,5.

Quand on prend une dispersion nulle, on obtient alors 35,4% à 61% de perte. L'hypothèse d'une dispersion illimitée démontrent en revanche une perte de 5% à 16% (Figure 2)

Les résultats montrent des écarts conséquents qui témoignent de l'importance d'inclure les données de dispersion aux modélisations, que ce soit en termes de déplacements d'aire de répartition ou perte de richesse spécifiques.

Figure 3: Prédiction de la perte de richesse spécifique sous différents scénarios de changement climatique (Newbold, 2018)



Les études s'accordent à montrer que l'avenir d'une forte majorité des reptiles est peu assuré et si aucunes mesure n'est prise pour limiter les effets du changement climatique, c'est une grande partie des reptiles qui ne seront pas apte à disperser.

Il existe des exemples plus optimistes d'espèces ayant déjà dispersé par le passé comme nous le montre les analyse de l'ADN mitochondrial de fossile de reptiles marins du pacifique (Hawlitschek, Ramírez Garrido, et al., 2017), ou plus récemment une espèce de serpent marin, *L. semifasciata*, qui ont été capturé de plus en plus loin, au nord de son aire de distribution de départ, suggérant une dispersion du au changement climatique. Le facteur commun qui facilitent ces dispersions est la présence de courant marins qui permettent de parcourir de plus grande distance (Park et al., 2017).

Une des façons d'observer l'effet de la capacité de dispersion des reptiles par rapport au changement climatique est par la modélisation. Il en existe différentes qui tentent de prédire les effets du changement climatique dans le futur. Elles diffèrent par leur choix de facteurs, le poids qu'elle leur donne, les méthodes de modélisation choisies, et hypothèses faites. La dispersion est un facteur qui a été laissé de côté dans bon nombre d'entre elles (Inman et al., 2023), alors que c'est l'un des facteurs déterminant de la survie des reptiles face au changement climatique.

Le choix de prendre en compte les hypothèses de dispersion nulle et illimitée permet d'intégrer la notion mais peut aussi fausser les résultats et donner des prédictions bien plus optimistes ou pessimiste selon la situation. (Newbold, 2018)

Appliquer une valeur commune à tous les reptiles peut permettre de se rapprocher de prédictions plus justes et moins extrême, mais laisse encore une certaine incertitude. Le moyen idéal serait d'estimer par espèces, une capacité de dispersions moyenne, et de l'appliquer à la modélisation. Or, comme ont pu le relever les recherches effectuées, ainsi que différents récents articles, les données sur les distances de dispersions des reptiles du monde entier sont manquantes et très éparses, cela démontre de la nécessité de produire d'avantage d'étude à ce sujet (Biber et al., 2023; Newbold, 2018).

Dans une démarche de précision des modèles, il serait également pertinent d'intégrer d'avantage l'effet de l'urbanisation et d'usage des sols par l'Homme puisque c'est l'un facteur limitant lors de la dispersion (Zwahlen et al., 2021).

Dans le cas d'une étude à plus petite échelle il serait aussi intéressant d'intégrer les différences intraspécifiques de dispersion au sein des groupes afin de prévoir de potentielle répartitions selon les optimums thermiques (Bestion et al., 2015). Dans cette même idée, intégrer les différences de dispersion selon le sexe permettrait de prévoir la répartition spatiale potentielle et des disparités, notamment chez les reptiles possédant un mécanisme de détermination sexuelle lié à la température extérieure (Boyle et al., 2014).

- Arnold, E. N., Ovenden, D., Danflous, S., & Geniez, P. (2010). *Le guide herpéto : 228 amphibiens et reptiles d'Europe* (3e éd). Delachaux et Niestlé.
- Arnold, N., & Bour, R. (2008). A new *Nactus* gecko (Gekkonidae) and a new *Leiopisma* skink (Scincidae) from La Réunion, Indian Ocean, based on recent fossil remains and ancient DNA sequence. *ZOOTAXA*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.180883>
- Austin, J. J., & Arnold, E. N. (2006). Using ancient and recent DNA to explore relationships of extinct and endangered *Leiopisma* skinks (Reptilia: Scincidae) in the Mascarene islands. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 39(2), 503-511. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2005.12.011>
- Austin, J. J., Arnold, E. N., & Bour, R. (2003). Was there a second adaptive radiation of giant tortoises in the Indian Ocean? Using mitochondrial DNA to investigate speciation and biogeography of *Aldabrachelys* (Reptilia, Testudinidae). *Molecular Ecology*, 12(6), 1415-1424. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2003.01842.x>
- Bender, C., Hildenbrandt, H., Schmidt-Loske, K., Grimm, V., Wissel, C., & Henle, K. (1996). Consolidation of Vineyards, Mitigations, and Survival of the Common Wall Lizard (*Podarcis Muralis*) in Isolated Habitat Fragments. In J. Settele, C. Margules, P. Poschlod, & K. Henle (Éds.), *Species Survival in Fragmented Landscapes* (Vol. 35, p. 248-261). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-009-0343-2_30
- Bestion, E., Clobert, J., & Cote, J. (2015). Dispersal response to climate change : Scaling down to intraspecific variation. *Ecology Letters*, 18(11), 1226-1233. <https://doi.org/10.1111/ele.12502>
- Biber, M. F., Voskamp, A., & Hof, C. (2023). Potential effects of future climate change on global reptile distributions and diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 32(4), 519-534. <https://doi.org/10.1111/geb.13646>
- Boyle, M., Schwanz, L. E., Hone, J., & Georges, A. (2014). How do climate-linked sex ratios and dispersal limit range boundaries? *BMC Ecology*, 14(1), 19. <https://doi.org/10.1186/1472-6785-14-19>
- Buskirk, J. R., Keller, C., & Andreu, A. C. (2001). *Testudo graeca* Linnaeus, 1758—Maurische Landschildkröte. In *Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas* (Vol. 3, p. 125-178).

- Clobert, J., Le Galliard, J.-F., Cote, J., Meylan, S., & Massot, M. (2009). Informed dispersal, heterogeneity in animal dispersal syndromes and the dynamics of spatially structured populations. *Ecology Letters*, 12(3), 197-209. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01267.x>
- Darevskii, I. S. (1978). *Rock Lizards of the Caucasus (Skal'nye Yashcheritsy Kavkaza) : Systematics, Ecology, and Phylogeny of the Polymorphic Lizards of the Caucasus of the Subgenus Archaeolacerta*. Smithsonian Institution and the National Science Foundation, Washington, D.C.
- Elbing, K. (2001). *Die Smaragdeidechsen : Zwei (un)gleiche Schwestern*. Laurenti-Verl.
- Galán, P. (1999). Demography and population dynamics of the lacertid lizard *Podarcis bocagei* in north-west Spain. *Journal of Zoology*, 249(2), 203-218. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1999.tb00759.x>
- Glandt, D. (Éd.). (1988). *Biologie und Schutz der Zauneidechse (Lacerta agilis): Ergebnisse des gleichnamigen Symposiums vom 24. bis 26. Februar 1988 im Biologischen Institut Metelen e.V., Metelen/Bundesrepublik Deutschland = Biology and conservation of the sand lizard (Lacerta agilis)*. Ziegen.
- Graham Reynolds, R., Niemiller, M. L., & Revell, L. J. (2014). Toward a Tree-of-Life for the boas and pythons : Multilocus species-level phylogeny with unprecedented taxon sampling. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 71, 201-213. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2013.11.011>
- Grimm, A., Prieto Ramírez, A. M., Moulherat, S., Reynaud, J., & Henle, K. (2015). *Life-history trait database of European reptile species* (Version 2, p. 1567276 bytes) [jeu de données]. Dryad. <https://doi.org/10.5061/DRYAD.HB4HT>
- Günther, R. (Éd.). (2009). *Die Amphibien und Reptilien Deutschlands* ([Nachdr. der] 1. Aufl. 1996). Spektrum, Akademischer Verlag.
- Hawllitschek, O., Garrido, S. R., & Glaw, F. (2017). How marine currents influenced the widespread natural overseas dispersal of reptiles in the Western Indian Ocean region. *Journal of Biogeography*, 44(6), 1435-1440.
- Hawllitschek, O., Ramírez Garrido, S., & Glaw, F. (2017). How marine currents influenced the widespread natural overseas dispersal of reptiles in the Western Indian Ocean region. *Journal of Biogeography*, 44(6), 1435-1440. <https://doi.org/10.1111/jbi.12940>
- Henle, K., Dick, D., Harpke, A., Kühn, I., Schweiger, O., & Settele, J. (2008). *Climate Change Impacts on European Amphibians and Reptiles*.

- Inman, R. D., Esque, T. C., & Nussear, K. E. (2023). Dispersal limitations increase vulnerability under climate change for reptiles and amphibians in the southwestern United States. *The Journal of Wildlife Management*, 87(1), e22317. <https://doi.org/10.1002/jwmg.22317>
- Joger, U., & Stümpel, N. (2005). *Schlangen 3—Vipern. Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas*.
- Käsewiter, D. (2002). *Ökologische Untersuchungen an der Schlingnatter (Coronella austriaca Laurenti 1768)*.
- Lapini, L., Richard, J., & Dall'Asta, A. (1992). Distribution and ecology of *Lacerta Horvathi* Méhely, 1904 (Reptilia, Lacertidae) in north-eastern Italy. *GORTANIA - Atti Museo Friul. Storia Nat.*, 14, 213-230.
- Lelièvre, H., Blouin-Demers, G., Pinaud, D., Lisse, H., Bonnet, X., & Lourdais, O. (2011). Contrasted thermal preferences translate into divergences in habitat use and realized performance in two sympatric snakes. *Journal of Zoology*, 284(4), 265-275. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2011.00802.x>
- Locey, K., & Stone, P. (2009). Factors Affecting Range Expansion in the Introduced Mediterranean Gecko, *Hemidactylus Turcicus*. *Journal of Herpetology*, 40, 526-530. [https://doi.org/10.1670/0022-1511\(2006\)40\[526:FAREIT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1670/0022-1511(2006)40[526:FAREIT]2.0.CO;2)
- Meeske, M. A.-C. (2006). *Die Europäische Sumpfschildkröte am nördlichen Rand ihrer Verbreitung in Litauen*. Laurenti.
- Newbold, T. (2018). Future effects of climate and land-use change on terrestrial vertebrate community diversity under different scenarios. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1881), 20180792. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0792>
- Otte, N., Thiesmeier, B., & Bohle, D. (2020). *Die Kreuzotter—Ein Leben in ziemlich festen Bahnen* (2. Aufl.). Laurenti-Verl.
- Park, J., Kim, I.-H., Fong, J. J., Koo, K.-S., Choi, W.-J., Tsai, T.-S., & Park, D. (2017). Northward dispersal of sea kraits (*Laticauda semifasciata*) beyond their typical range. *PLOS ONE*, 12(6), e0179871. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179871>
- Peters, G. (1970). *Studien zur Taxonomie, Verbreitung und Ökologie der Smaragdeidechsen. IV. Zur Ökologie und Geschichte der Populationen von Lacerta v. Viridis (Laurenti) im mitteleuropäischen Flachland* (Veröff. Bez.-Mus).

- Popescu, V. D., Rozyłowicz, L., Cogălniceanu, D., Niculae, I. M., & Cucu, A. L. (2013a). Moving into Protected Areas? Setting Conservation Priorities for Romanian Reptiles and Amphibians at Risk from Climate Change. *PLoS ONE*, 8(11), e79330. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079330>
- Popescu, V. D., Rozyłowicz, L., Cogălniceanu, D., Niculae, I. M., & Cucu, A. L. (2013b). Moving into Protected Areas? Setting Conservation Priorities for Romanian Reptiles and Amphibians at Risk from Climate Change. *PLoS ONE*, 8(11), e79330. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079330>
- Rieck, W., Hallmann, G., & Bischoff, W. (Éds.). (2001). *Die Geschichte der Herpetologie und Terrarienkunde im deutschsprachigen Raum : Eine historische Dokumentation der Entwicklung der Herpetologie und Terrarienkunde, insbesondere aber eine Chronik der Vereinigung « Salamander », Gesellschaft für Terrarienfrende, und der « Deutschen Gesellschaft für Herpetologie und Terrarienkunde e.V. » (DGHT)*. Dt. Ges. für Herpetologie und Terrarienkunde.
- Rozyłowicz, L., & Popescu, V. D. (2013). Habitat selection and movement ecology of eastern Hermann's tortoises in a rural Romanian landscape. *European Journal of Wildlife Research*, 59(1), 47-55. <https://doi.org/10.1007/s10344-012-0646-y>
- Russell, A. P., Bauer, A. M., & Johnson, M. K. (2005). Migration in amphibians and reptiles : An overview of patterns and orientation mechanisms in relation to life history strategies. In A. M. T. Elewa (Éd.), *Migration of Organisms* (p. 151-203). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/3-540-26604-6_7
- Ryberg, K., Olsson, M., Wapstra, E., Madsen, T., Anderholm, S., & Ujvari, B. (2004). Offspring-driven local dispersal in female sand lizards (*Lacerta agilis*). *Journal of Evolutionary Biology*, 17(6), 1215-1220. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2004.00798.x>
- Strijbosch, H. (1995). Population structure and displacements in *Lacerta vivipara*. *Scientia Herpetologica*, 232-236.
- Stumpel, A. H. P. (2004). *Reptiles and amphibians as targets for nature management*. Alterra Green World Research.
- Townsend, T. M., Tolley, K. A., Glaw, F., Böhme, W., & Vences, M. (2011). Eastward from Africa : Palaeocurrent-mediated chameleon dispersal to the Seychelles islands. *Biology Letters*, 7(2), 225-228. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.0701>
- Trochet, A. (2013). *Effets de facteurs internes (traits d'histoire de vie et sexe) et externes (qualité d'habitat et densité de population) sur la dispersion et mise en évidence de syndromes de dispersion* [Toulouse III - Paul Sabatier]. <http://thesesups.ups-tlse.fr/1940/1/2013TOU30024.pdf>

- Ujvari, B., & Korsos, Z. (1997). Thermoregulation and movements of radio-tracked *Vipera ursinii rakosiensis* in Hungary. *Herpetologia Bonnensis*, 367-372.
- Vidal, N., Branch, W. R., Pauwels, O. S. G., Hedges, S. B., Broadley, D. G., Wink, M., Cruaud, C., Joger, U., & Nagy, Z. T. (2008). Dissecting the major African snake radiation : A molecular phylogeny of the Lamprophiidae Fitzinger (Serpentes, Caenophidia). *Zootaxa*, 1945(1), 51-66. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1945.1.3>
- Zhang, X.-L., Alvarez, F., Whiting, M. J., Qin, X.-D., Chen, Z.-N., & Wu, Z.-J. (2022). Climate Change and Dispersal Ability Jointly Affects the Future Distribution of Crocodile Lizards. *Animals*, 12(20), 2731. <https://doi.org/10.3390/ani12202731>
- Zwahlen, V., Nanni-Geser, S., Kaiser, L., Golay, J., Dubey, S., & Ursenbacher, S. (2021). Only males care about their environment : Sex-biased dispersal in the asp viper (*Vipera aspis*). *Biological Journal of the Linnean Society*, 132(1), 104-115. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blaa177>

ANNEXE

Annexe 1: Ensemble des distances de dispersion considérées fiables

Famille	Espèce	Distance min moyenne (m/année)	Distance max (m/année)	Distance moyenne (m/année)	Auteur.e.s	Date de publication	Méthode de mesure
Anguidae	<i>Anguis fragilis</i>		130		Stumpel	2004	MRR
Bolyeriidae	<i>Bolyeriidae (partly extinct)</i>	> 4300000?			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Chamaeleonidae	<i>Furcifer cephalolepis</i>	520000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Chamaeleonidae	<i>Furcifer polleni</i>	290000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Colubridae	<i>Gongylomorphus spp. (partly extinct)</i>	700000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Colubridae	<i>Hierophis viridiflavus</i> (couleuvre verte et jaune ou Cinglard)		3000		Lelievre et al.	2011	RAD
Colubridae	<i>Coronella austriaca</i> (Coronelle lisse)		6600		Käsewiter	2002	RAD
Geckonidae	<i>Hemidactylus turcicus</i> (Gecko nocturne ou Hémidactyle verruqueux)		200		Locey&Stone	2006	MRR Estimation avec la méthode de Shnabel
Gekkonidae	<i>Ebenavia cf. inunguis</i>	290000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Gekkonidae	<i>Ebenavia cf. inunguis</i>	290000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie

Gekkonidae	<i>Ebenavia cf. inunguis</i>	> 1200000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Gekkonidae	<i>Geckolepis humbloti</i>	290000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Gekkonidae	<i>Lygodactylus insularis</i>	> 130000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Gekkonidae	<i>Nactus spp. (partly extinct)</i>	> 5000000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Gekkonidae	<i>Paroedura sanctijohannis</i>	290000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Gekkonidae	<i>Paroedura stellata</i>	290000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Gekkonidae	<i>Phelsuma andamanense</i>	> 5000000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Gekkonidae	<i>Phelsuma comorensis</i>	520000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Gekkonidae	<i>Phelsuma nigristriata</i>	290000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Gekkonidae	<i>Phelsuma parkeri</i>	> 1200000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Gekkonidae	<i>Phelsuma spp.</i>	> 1000000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Gekkonidae	<i>Phelsuma spp. (partly extinct)</i>	700000000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Gekkonidae	<i>Phelsuma spp. (v-nigra complex)</i>	290000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Gerrhosauridae	<i>Ailuronyx spp.</i>	> 1200000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie

Gerrhosauridae	<i>Urocytyledon spp.</i>	> 1200000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Gerrhosauridae	<i>Zonosaurus madagascariensis insulanus</i>	> 180000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Iguanidae	<i>Oplurus cuvieri comorensis</i>	520000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Lacertidae	<i>Iberolacerta horvathi</i> (Lézard de Horvath)		95	7,4	Lapini et al.	1993	MRR Test de G
Lacertidae	<i>Lacerta agilis</i> (Lézard des souches)		56,3		Ryberg et al.	2004	MRR, RATE, analyse de l'ADN (sang)
Lacertidae	<i>Podarcis bocagei</i>		45,6	15,7	Galan	1999	MRR
Lacertidae	<i>Podarcis muralis</i>		95	15,6	Lapini et al.	1993	MRR
Lacertidae	<i>Podarcis muralis</i>		95	15,6	Lapini et al.	1993	MRR
Lacertidae	<i>Zootoca vivipara</i>		300		Strijbosch	1995	MRR
Lamprophiidae	<i>Archaius tigris</i>	> 1200000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Lamprophiidae	<i>Lamprophis geometricus</i>	> 1200000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Lamprophiidae	<i>Liophidium mayottensis</i>	290000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Lamprophiidae	<i>Lycodryas spp.</i>	290000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Lamprophiidae	<i>Lycognathophis seychellensis</i>	> 1200000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Scincidae	<i>Amphiglossus johannae</i>	290000			Hawliitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie

Scincidae	<i>Amphiglossus valhallae</i>	180000			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Scincidae	<i>Cryptoblepharus spp.</i>	> 5000000			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Scincidae	<i>Leiopisma spp. (partly extinct)</i>	> 5000000			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Scincidae	<i>Pamelaescincus + Janetaescincus</i>	> 1200000?			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Scincidae	<i>Trachylepis comorensis</i>	290000			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Scincidae	<i>Trachylepis spp.</i>	> 1200000			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Testudinidae	<i>Aldabrachelys gigantea</i>	410 000			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Testudinidae	<i>Testudo hermanni</i>		2000		Rozyłowicz L., Popescu V.D.	2013	RAD
Typhlopidae	<i>Madatyphlops (?) sp.</i>	520000			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Typhlopidae	<i>Madatyphlops spp. (comorensis complex)</i>	290000			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Viperidae	<i>Vipera ursinii</i>		361		Újvári, Korsós	1997	RAD

Annexe 2: Ensemble des distances de dispersion considérées non fiables

Famille	Espèce	Distance min moyenne (m/année)	Distance max (m/année)	Distance moyenne (m/année)	Auteur.e.s	Date de publication	Méthode de mesure
Anguidae	<i>Anguis fragilis</i>		1000		Henle et al. Russell et al.	2010, 2005	Information non corellée
Anguidae	<i>Pseudopus apodus</i> (Orvet des Balkans ou Orvet géant des Balkans)		300		Handbuch	Non précisé	Article non accessible
Colubridae	<i>Coronella austriaca</i>		2000		Henle et al. Russell et al.	2010, 2005	Information non corellée
Colubridae	<i>Dolichophis caspius</i>		2000		Henle et al. Russell et al.	2010, 2005	Information non corellée
Colubridae	<i>Elaphe sauromates</i>		2000		Henle et al. Russell et al.	2010, 2005	Information non corellée
Colubridae	<i>Natrix tessellata</i>		10000		Henle et al. Russell et al.	2010, 2005	Information non corellée
Colubridae	<i>Zamenis lineatus</i>	2000			Arnold&Ovenden	2010	information non corellée
Colubridae	<i>Zamenis longissimus</i>		3000		Böhme	1993	Article non accessible
Colubridae	<i>Zamenis longissimus</i>		2000		Henle et al. Russell et al.	2010, 2005	Information non corellée
Crocodylidae	<i>Aldabrachampsus dilophus (extinct)</i>	410000?			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Crocodylidae	<i>Crocodylus porosus (extinct)</i>	> 3000000?			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Emydidae	<i>Emys orbicularis</i>		5000		Henle et al. Russell et al.	2010, 2005	Information non corellée
Emydidae	<i>Emys orbicularis</i> (Cistude d'Europe, Tortue de Brenne)		10000		Meeske	2006	Article non accessible

Gekkonidae	<i>Geckolepis sp.(extinct)</i>	410 000			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Gekkonidae	<i>Paroedura sp. (extinct)</i>	> 360000			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Gekkonidae	<i>Phelsuma sp. (extinct)</i>	410000?			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Iguanidae	<i>Oplurus sp. (extinct)</i>	410 000			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Lacertidae	<i>Dalmatolacerta oxycephala</i> (lézard oxycéphale)	300			Arnold&Ovenden	2010	Information non corellée
Lacertidae	<i>Darevskia alpina</i>	300	500		Darevsky	1978	Article non accessible
Lacertidae	<i>Darevskia caucasica</i>		500		Darevsky	1978	Article non accessible
Lacertidae	<i>Darevskia praticola</i>		1000		Henle et al. Russell et al.	2010, 2005	Information non corellée
Lacertidae	<i>Eremias arguta</i>		1000		Henle et al. Russell et al.	2010, 2005	Information non corellée
Lacertidae	<i>Iberolacerta horvathi</i> (lézard de Horvath)		11,2		Günther	1996	Article non accessible
Lacertidae	<i>Lacerta agilis</i>		1000		Henle et al. Russell et al.	2010, 2005	Information non corellée
Lacertidae	<i>Lacerta agilis</i> (Lézard des souches)	2000			Arnold&Ovenden	2010	Information non corellée
Lacertidae	<i>Lacerta agilis</i> (Lézard des souches)		4000		Klewen	1988	Article non accessible
Lacertidae	<i>Lacerta bilineata</i> (Lézard vert occidental, Lézard à deux bandes ou encore Lézard à deux raies)		143		Elbing	2001	Article non accessible
Lacertidae	<i>Lacerta trilineata</i>		1000		Henle et al. Russell et al.	2010, 2005	Information non corellée

Lacertidae	<i>Lacerta viridis</i>		2100		Schneeweiß	2001	Article non accessible
Lacertidae	<i>Lacerta viridis</i>		164		Elbing	2001	Article non accessible
Lacertidae	<i>Lacerta viridis</i>		250		Peters	1970	Article non accessible
Lacertidae	<i>Lacerta viridis</i>		1000		Henle et al. Russell et al.	2010, 2005	Information non corellée
Lacertidae	<i>Ophisops elegans</i>		150		Handbuch	Non précisé	Article non accessible
Lacertidae	<i>Podarcis muralis</i>		500		Bender et al.	1996	Article non accessible
Lacertidae	<i>Podarcis muralis</i>		1000		Henle et al. Russell et al.	2010, 2005	Information non corellée
Lacertidae	<i>Podarcis siculus</i>		55		Handbuch	Non précisé	Article non accessible
Lacertidae	<i>Podarcis tauricus</i>		1000		Henle et al. Russell et al.	2010, 2005	Information non corellée
Lacertidae	<i>Zootoca vivipara</i>		236		Hofman	2004	Article non accessible
Lacertidae	<i>Zootoca vivipara</i>		1000		Henle et al. Russell et al.	2010, 2005	Information non corellée
Natricidae	<i>Natrix natrix</i> (Couleuvre à collier)		1300		Handbuch	Non précisé	Article non accessible
Scincidae	<i>Ablepharus kitaibelii</i>		1000		Henle et al. Russell et al.	2010, 2005	Information non corellée
Scincidae	<i>Amphiglossus sp. (extinct)</i>	410 000			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Scincidae	<i>Trachylepis sp. (extinct)</i>	> 360000			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Testudinidae	<i>Aldabrachelys sp. (extinct)</i>	180000			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie
Testudinidae	<i>Cylindraspis spp. (extinct)</i>	700000?			Hawlitschek O., Ramírez Garrido S., Glaw F.	2017	ADN Mitochondrie

Testudinidae	<i>Testudo hermanni</i> (Tortue d'Hermann)		1500		Cheylan	2001	Article accessible mais difficulté de traduction
Viperidae	<i>Vipera ammodytes</i>		2000		Henle et al. Russell et al. Joger U., Stümpel N.	2005	Article non accessible ou information non corellée
Viperidae	<i>Vipera aspis</i>		734		Flatt, Dummermuth	1993	Article accessible mais difficulté de traduction
Viperidae	<i>Vipera berus</i>		600		Simms	1972	Article introuvable
Viperidae	<i>Vipera berus</i>		1900		Otte, Thiesmeier	2002	Article non accessible
Viperidae	<i>Vipera berus</i>		2000		Henle et al. Russell et al. Joger U., Stümpel N.	2005	Article non accessible ou information non corellée
Viperidae	<i>Vipera ursinii</i>		220		Handbuch	Non précisé	Article non accessible
Viperidae	<i>Vipera ursinii</i>		2000		Henle et al. Russell et al. Joger U., Stümpel N.	2005	Article non accessible ou information non corellée



Directeur.rice de recherche :

Francis Isselin
2023-2024

Odessa Chorgnon
PFE/DAE5
UIT - ADAGE

Les capacités de dispersion des reptiles et réponses au changement global

Résumé : (250 mots environ)

La capacité de dispersion des reptiles est un paramètre crucial dans leur adaptation au changement climatique. Connue pour être très faible, en particulier pour les reptiles terrestres, les données à ce sujet sont manquantes pour ce taxon et empêche donc d'améliorer les modélisations des répartitions des différentes espèces selon les différents scénarios du changement climatique. Il existe cependant des cas de dispersion qui ont déjà commencé, notamment chez des espèces de reptiles marins comme *L. semifasciata*, favorisé par les courants marins.

Mots Clés : Dispersion, changement climatique, reptile, vagilité, range shift, aire de distribution, aire de répartition, déplacement vers les pôles, modélisations