Collège Doctoral
Languedoc-Roussillon

THÈSE
Pour obtenir le grade de Docteur

Délivré par **l'Université de Montpellier**

Préparée au sein de l'école doctorale GAÏA
Et de l'unité de recherche UMR5175 CEFE-CNRS

Spécialité : Écologie, Evolution, Ressources Génétique, Paléobiologie

Présentée par **Menad BEDDEK**

Déficit de connaissances de la biodiversité et biologie de la conservation : Le cas de l'herpétofaune d'Algérie

Soutenue le 30 novembre 2017 devant le jury composé de :

Ana RODRIGUES, Directrice de recherche, CEFE	Présidente
M. José Carlos BRITO, Chargé de recherche, CIBIO	Rapporteur
Mme Anne-Marie OHLER, Professeur MNHN	Examinatrice
Mme Violaine NICOLAS, Maitre de conférences, MNHN	Examinatrice
M. Errol VELA, Maitre de conférences, UM	Examinateur
M. Olivier PEYRE, NATURALIA-ENVIRONNEMENT	Membre invité
M. Pierre-André CROCHET, Directeur de recherche, CEFE	Directeur de thèse

Centre d'Ecologie Fonctionnelle & Evolutive

INTRODUCTION GENERALE

I- Pourquoi la biodiversité est au sommet des préoccupations de l'humanité ?.....**1**
I-1 Perte de la biodiversité et nécessité de la conserver…….....**1**
I-2 Valeurs de la biodiversité…….....**2**
I-3- Biologie de la conservation : une discipline de crise……..…**3**
I-3-1- Une nouvelle science de la conservation (new conservation science, NCS)…….....**4**
II- Connaissance de la biodiversité et biologie de la conservation.....**5**
II-1- La biodiversité, que devons-nous connaitre en priorité ?.....**5**
II-1-1- Les hots-spots de biodiversité, la connaissance de la biodiversité et développement économique…….....**6**
II-1-2- Quels sont les déficits les plus importants en connaissance de la biodiversité ?.....**6**
III- Thématique de ma thèse…….....**9**
III-1- Pourquoi l'Algérie ?.....**9**
III-1-1- L'Algérie, hotspot et cas d'école dans l'ignorance e la biodiversité …….....**9**
III-1-2- Une grande diversité d'habitats…….....**11**
III-1-3- L'Algérie carrefour biogéographique…….…….…**15**
III-2- Conservation en Algérie : un projet ambitieux face à de grandes lacunes de connaissances…….…….…**15**
III-3- La recherche scientifique en soutien à l'expertise environnementale…….…….…**16**
III-4- Pourquoi les reptiles et amphibiens ?…….…….....**16**
III-5- Objectifs de la thèse et organisation du manuscrit…….…..**17**

CHAPITRE I : Diversité taxonomique et liste rouge des reptiles et amphibiens d'Algérie

I- Introduction…….....**19**
I-1 Objectifs…….....**19**
I-2 Historique et état des connaissances sur les reptiles et amphibiens d'Algérie…….…….....**20**
II- Méthodes…….....**23**
II-1- Origine des données de distribution…….....**23**
II-2- Vérification et validation des données…….…….....**23**
II-3- Validation de la checklist taxonomique…….……**23**
II-4- Evaluation des statuts UICN…….…**24**
III- Résultats……**24**
III-1- Liste taxonomique…….…**24**
III-2- Les statuts de conservation…….…**27**
III-3- Les espèces classées dans la catégorie données manquantes (DD).....**33**
IV-Discussion…….....**34**

IV-1- Distribution, géographique des espèces menacées ou quasi menacées……..…**34**
IV-1-1- L'écosystème dunaire du littoral ouest ……..**34**
IV-1-2- Les écosystèmes steppiques ……**34**
IV-1-3- Les zones boisées de l'Atlas Saharien……..**35**
IV-2- Les déficits de connaissance sur la biodiversité comme obstacle à l'évaluation des espèces……..…..**35**
IV-3- Répartition géographique des espèces classée DD……...**35**
IV-4- Espèces à surveiller……**36**
V- Conclusion……..…...**36**
VI- Article 1: La redécouverte d'un lézard mythique l'Acanthodactyle de Doumergue……..….

CHAPITRE II : Etude des lacunes de prospection des reptiles et amphibiens en Algérie

I- Introduction……..….**44**
II-Effort de recherche et biodiversité attendue……..…....**45**
III- Matériel et méthodes……..….**46**
III-1-Origine des données et leur précision géographique……...…**46**
III-2- Variables environnementales…….…...**46**
III-3- Variables climatiques……..…**47**
III-4- Variables d'habitat (landocver)…….……...**47**
III-5- Indice de rugosité de terrain, Terrain Ruggedness Index, TRI (Riley 1999)……..……...**47**
III-6- Effort d'échantillonnage et diversité observée……..……..**47**
III-7- Modélisation de la richesse spécifique…….……...**47**
III-7-1- Approche 1 : Modéliser la distribution des espèces……..……**47**
III-7-2- Approche 2 : Utilisation des enveloppes……...…**48**
IV- Résultats……..……**49**
IV-1- Effort d'échantillonnage…….…..**49**
IV-2- Richesse spécifique observée…….…...**49**
IV-3- Distribution de la richesse spécifique attendue…….…..**52**
IV-3-1- Utilisation des modèles de niches écologiques……..…..**52**
IV-3-2- Richesse spécifique attendue avec l'utilisation d'enveloppes de répartition……..……**53**
IV-4- Distribution des lacunes en prenant compte la richesse spécifique prédite…….……...**53**
V- Discussion……..…**54**
V-1- Distribution de l'effort…….……...**54**
V-2- Distribution de la richesse spécifique…….……...**55**
V-3- Hotspots de biodiversité ou artéfacts ?.....**56**
I-4- Limites méthodologiques et échelle de perception……..……..**57**
V-5- Conclusion, recommandations et perspectives…….……..**58**

CHAPITRE III : Phylogéographie comparée des reptiles et amphibiens d'Algérie

Article 2 : La phylogéographie comparée des amphibiens et reptiles d'Algérie suggère des causes communes aux sutures phylogéographique Est-Ouest dans le Maghreb……..**60**

DISCUSSION GENERALE

I- Le shortfall Linnéen……..**139**

I-1- La première checklist des reptiles et amphibiens : sommes-nous encore loin du compte ?.....**139**

I-2- Quelques espèces susceptibles de splitter……..…**139**

I-3- Diversité cryptique ou manque d'exploration ?.....**139**

II- La liste rouge des espèces d'Algérie……..……..**140**

II-1- Diversité cryptique, obstacle à la bonne évaluation des statuts de conservation…….....**140**

II-2- Des espèces « parapluie » pour guider la prospection sur le terrain……...**141**

II-3- L'évaluation des lacunes de prospection en fonction de la richesse prédite……..……...**141**

III- Alternatives aux espèces comme indicateurs de la biodiversité et conservation (biodiversity surrogates)…….**144**

IV- Les shortfall darwinien et la conservation……..**143**

IV-1- Taxonomie, substitues de la biodiversité, et biologie de la conservation en Algérie…..…..**146**

V- Conclusion et recommandations……..……..…..**148**

BIBLIOGRAPHIE……..150

Résumé

L'Algérie est un cas d'école en matière d'ignorance en biodiversité. A ce jour, on ne dispose d'aucun inventaire complet pour aucun taxon ni aucun atlas à l'échelle du pays ! Pourtant, l'Algérie est d'une grande importance pour la biodiversité mondiale. La façade littorale de l'Algérie fait partie du hostpot de biodiversité mondial qui est le pourtour méditerranéen et compte plusieurs points rouges de biodiversité régionaux. Par ailleurs, la partie saharienne contient une diversité d'organismes endémiques adaptés aux fortes conditions de sécheresse. Les autorités algériennes déploient un projet ambitieux pour la conservation en fixant 50 % de la surface du pays comme objectif pour les aires protégées ! Mais, l'emplacement de ces aires protégées et leur gestion n'obéit pas à des critères basés sur une bonne connaissance de la diversité, mais sont plutôt panifiés à dire d'expert. L'objectif général de cette thèse c'est l'étude de la distribution de l'ignorance en biodiversité en Algérie en se concentrant sur les « Linnean, Wallacean et Darwinian Shortfalls » et de contribuer à les réduire. J'ai consacré un chapitre qui a pour but de réduire le Linnean Shortfall en proposant 1) une première checklist des reptiles et amphibiens d'Algérie qui est le fruit d'un examen précis des publications scientifiques sur ces taxons en Afrique du Nord. 2) une première pré-évaluation des statuts de conservation des reptiles et amphibiens d'Algérie pour la production de la première liste rouge nationale. La deuxième partie de ce manuscrit traite la question de l'ignorance de la distribution géographique des espèces. Le but de cette partie est de cartographier l'ignorance qui est la différence entre la diversité la richesse spécifique attendue et la richesse spécifique observée. La richesse spécifique attendue a été modélisée avec deux approches : 1) l'utilisation des modèles de niche avec la méthode de maximum d'entropie (MaxEnt) pour prédire les habitats favorables pour chaque espèce puis additionner les différentes couches binaires de présence des espèces pour calculer la richesse spécifique. 2) l'addition des couches des aires d'occurrence des espèces construite par la méthode du minimum convex polygon pour produire la carte de distribution de la richesse spécifique. Les deux approches ont montré la même tendance à l'échelle nationale, c'est-à-dire la concentration des zones les plus riches sur le long de l'Atlas Saharien et des hauts plateaux qui sont la zone de transition entre le Sahara et la partie méditerranéenne de l'Algérie. L'opposition de la partie saharienne globalement pauvre en espèce et la moitié nord plus riche. En fin, les massifs sahariens du Hoggar et Tassili forment une zone très distincte avec une richesse nettement supérieure par rapport au reste du Sahara. Pour ce qui est des lacunes, dans la Partie nord, la Kabylie, le parc national d'El Kala et la région d'Oran sont assez bien prospectés. Dans le Sahara, seuls quelques points sont assez bien prospectés comme Biskra, Béchar et quelques zones du Hoggar et Tassili. En fin, la troisième partie porte sur la distribution des lignées génétiques dans le Maghreb. Les objectifs de cette partie est de localiser les zones de sutures entre les lignées génétiques divergentes des populations de l'est et de l'ouest du Maghreb et d'essayer de comprendre les mécanismes qui ont conduit à ce patron de diversité génétique. Pour répondre à ces questions, j'ai effectué une phylogéographie comparées sur 11 espèces de reptiles et amphibiens à distribution continue et large dans le Maghreb. Deux zones de sutures ont été identifiées : une zone à la frontière de l'Algérie et du Maroc, l'autre en Kabylie à l'ouest de la vallée de la Soummam. Les divergences entre les clades de l'est et les clades de l'ouest ont eu lieu entre la période pré-messinienne jusqu'à la limite plio-pleistocène et se seraient maintenues dans des refuges climatiques à l'est et à l'ouest du Maghreb.

Mots clés : Biodiversité, Algérie, Biodiversity Shortfall, Reptiles et Amphibiens, Phylogéographie, Taxonomie, Modèles de niche, Conservation

Abstract

Algeria is a case study of biodiversity ignorance. To date, there are neither complete inventories for any taxa nor atlas across the country! Yet, Algeria is of great importance for global biodiversity. The coastal area of Algeria is part of the global biodiversity hostpot which is the Mediterranean perimeter and has several regional red spots of biodiversity. Moreover, the Saharan part encompasses a diversity of endemic organisms adapted to the strong conditions of drought. The Algerian authorities are deploying an ambitious project for conservation aiming to reach 50% of the country's surface as protected areas! However, the location of these protected areas and their management don't obey to a scientific evidence based, but are rather based on experts opinion. The main aim of this thesis is the study of the biodiversity ignorance distribution in Algeria by focusing on the "Linnean, Wallacean, and Darwinian Shortfalls" and to contribute to reduce them. The first chapter aims at reducing the Linnean Shortfall by proposing 1) a first checklist of reptiles and amphibians of Algeria which is the result of an accurate review of scientific publications on these taxa in North Africa. 2) a first pre-assessment of the conservation status of reptiles and amphibians of Algeria for the production of the first national red list. The second part of this manuscript deals with the ignorance of the geographical distribution of species. The purpose of this part is to map the ignorance which is defined as the difference between the expected specific richness diversity and the observed specific richness. The predicted species richness was modelled with two approaches: 1 ecological niche modelling with the maximum entropy method (MaxEnt) to predict the suitable habitats for each species and then add the different binary layers of species presence to calculate the specific richness. 2) Minimum convex polygon method was used to create range maps of each species and were auditioned to obtain predicted species richness. Both approaches have shown the same trend at a national scale: the concentration of the richest areas along the Saharan Atlas and the High Plateaus which are the transition zone between the Sahara and the Mediterranean part of Algeria. The opposition of the Saharan with a low species richness and the northern part with a higher species richness. Finally, the Saharan massifs of the Hoggar and Tassili form a very distinct zone with a much greater wealth compared to the rest of the Sahara. In terms of gaps, in the northern part, Kabylie, El Kala National Park and the Oran region are fairly well surveyed. In the Sahara, only a few points are clearly well prospected as Biskra, Bechar and some areas of the Hoggar and Tassili. The third part deals with the distribution of genetic llineages in the Maghreb. The aim of this section is to locate the phylogeographic breaks between the divergent eastern and western populations of the Maghreb and to try to understand the mechanisms that led to this pattern of genetic diversity. To answer these questions, I carried out a comparative phylogeography on 11 species of reptiles and amphibians with continuous and wide distribution in the Maghreb. Two suture zones have been identified: one zone on the border of Algeria and Morocco, the other in Kabylia west of the Soummam valley. The divergences between the eastern clades and the western clades occurred between the pre-Messinian periods up to the plio-pleistocene boundary and were maintained in climatic refugia in the East and West of the Maghreb.

Keywords: Biodiversity, Algeria, Biodiversity Shortfalls, Reptiles and Amphibians, Phylogeography, Taxonomy, Niche modelling, Conservation

REMERCIEMENTS

Pour réaliser cette thèse j'ai bénéficié d'une bourse de l'Association Nationale de la Recherche et de la Technologie (ANRT) et du bureau d'études NATURALIA ENVIRONNEMENT dans le cadre d'une convention CIFRE n° 2013/0145.

J'ai bénéficié d'une bourse Synthesis (HU-TAF-3927) pour la visite du Museum de Budapest.

Le LABEX-CEMEB a pris en charge les dépenses d'un de mes séjours à l'étranger.

Je remercie Pierre-André CROCHET pour avoir dirigé cette thèse. C'est une chance d'être encadré par un grand spécialiste des reptiles et amphibiens. JE suis surtout marqué de ta vision de la biologie en général et de la conservation en particulier. J'ai bien appris grâce à tes analyses critiques à ne pas accepter systématiquement certaines idées pourtant établies dans la communauté scientifique. Je voulais citer tes points négatifs, mais je les ai oubliés. Je ne te pardonnerai tout de même pas le fait que tu n'aies jamais pu te libérer pour que nous allions faire du terrain en Algérie durant ma thèse, bon allez, tu peux te rattraper le printemps prochain.

Olivier PEYRE, je te remercie beaucoup d'avoir pris l'initiative de créer ce projet. Sache que je suis pressé que nous retournions sur le terrain. Nous avons passé de très agréables moments en Algérie. Nous avons fait ensemble de belles découvertes, de belles coches et d'infinies discussions scientifiques sur la biodiversité en général et les reptiles et amphibiens du Maghreb en particulier, c'était très enrichissant. Merci de m'avoir fait découvrir des coins sympas en Algérie.

Philippe GENIEZ, c'était une chance de travailler avec toi aussi, tu es le champion du monde des reptiles et amphibiens de l'ouest paléarctique… Oui c'est moi qui te le dis. Durant ces dernières années, nous avons pu ensemble dépasser des moments très difficiles. Mais nous allons retenir plutôt toutes ces blagues salées et les interminables rigolades. J'espère sincèrement que ce n'est que le début d'une longue collaboration.

Je remercie José Carlos BRITO et Uwe FRITZ pour avoir accepté d'être les rapporteurs de ma thèse.

Je remercie Mme. Violaine NICOLAS, Ana RODRIGUEZ, Errol VELA, Annemarie Ohler et J.C BRITO d'avoir accepté de faire partie de mon jury.

Je remercie Ana RODRIGUEZ d'avoir été là à tous mes comités de thèse, merci pour ton soutien et tes suggestions, ça m'a été d'une grande utilité.

Merci à Marc CHEYLAN, je n'oublie pas que sans toi cette thèse n'aurait certainement pas vu le jour. C'est toi qui as donné l'idée de créer le projet CIFRE à Naturalia.

Merci également à Roger PRODON pour sa présence et ses suggestions à mes comités de thèse.

Je tiens à remercier particulièrement Vincent de Victor. Tu as contribué à ma décision de focaliser ma thématique vers l'ignorance de la biodiversité au lieu que celle-ci soit un obstacle pour la recherche.

Merci Jean-Yves BARNAGAUD pour ta présence à mon dernier comité de thèse et merci pour ton soutien et les échanges scientifiques, désolé d'avoir souvent débarqué dans ton bureau soit pour te voir ou pour parler à Jules.

Je remercie également Roumsais BLATRIX pour sa disponibilité et son soutien. Merci à Joan MICHAUX et Salvador CARRENEZA, Benjamin ALLEGRINI et Philippe GENIEZ pour leur présence et leurs suggestions à mes comités de thèse.

Je remercie mon épouse Saliha pour sa patience. Je n'aurai pas pu finir cette thèse dans les conditions difficile que j'ai traversées sans toi. Tu as été aussi une excellente collaboratrice sur une bonne partie de mes travaux.

J'hésite à remercie nommément les collègues en Algérie, ils ont été très nombreux à contribuer à mon travail de terrain

Je remercie mon acolyte Boualeme DELLAOUI, c'est très agréable de parcourir l'Algérie d'ouest en est avec toi. Tu as mis fin à une énigme de l'herpétologie en Algérie, tu as été le premier à voir l'Acanthodactyle de Doumergue depuis Sidi Doumergure lui-même, waw ! En ce moment tu cherches du travail, et tu trouves encore une nouvelle espèce pour l'Algérie !! Je te souhaite une grande réussite dans tout ce que tu feras.

Merci à Amina FELLOUS. Tu fais un excellent travail de mise en réseau entre les naturalistes algériens. J'espère que nous allons continuer les projets de la conservation de la biodiversité en Algérie.

Un grand MERCI A Salah TELAILIA pour ton aide précieuse. Quand j'arrive dans le nord-est de l'Algérie je me sens dans le royaume de Salah. Merci de m'avoir hébergé, de m'avoir fait découvrir des endroits magnifiques, de m'avoir conduit et m'avoir présenté aux différents parcs nationaux. Un énorme MERCI à Lamia BOUTABIA pour tout ce qu'elle a fait pour nous.

Merci à mon cousin Abdelkrim BELHADJ dit Krimo, tu m'as accompagné partout en Algérie, merci d'avoir supporté mon mauvais caractère quand je

suis épuisé. Très peu de gens auraient pu tenir le rythme de notre expédition de 2015.

Un grand merci à mon ami Sofiane Benharriga pour nous avoir facilité le terrain dans l'ouest de l'Algérie. C'était très agréable de faire des sorties naturalistes avec toi. Je remercie également tous les autres membres de l'association écologique marine Barbarous, vous faites un excellent travail.

Je tiens à remercier Mohamed Mebarki et son équipe de l'hôtel le Galion pour la prise en charge. Merci pour nous avoir accompagnés sur le terrain, je ne sais pas si j'aurais le courage de reprendre le bateau avec toi.

Merci à Mr. Houari DJARDINI pour nous avoir ouvert les portes du parc de Theniet El Had dont il est directeur. Merci à Mr. Saïd ABDERRAHMANI pour nous avoir accueilli dans le parc de Belezma. Merci à Mr. Ammar de la conservation des forêts de Khenchla et à l'agent qui m'a accompagné sur le terrain dans le sud des Aurès.

Merci à Hiba LOUMASSINE, Amina KERBOUB, Rabah MAMOU pour m'avoir accompagné sur le terrain. Nous avons passé des moments très agréables malgré la fatigue.

Ce fut un grand plaisir d'être accompagné sur le terrain par Koen De Semt

Je remercie Sana CHELBABI pour nous avoir permis d'utiliser les infrastructures de la direction de la jeunesse et des sport à travers l'ensemble du territoire de l'Algérie.

Je remercie Jules CHIFFARD pour m'avoir accompagné sur le terrain en Algérie mais surtout pour l'aide précieuse dans le travail de la modélisation. Roozbeh BEHROOZ, merci beaucoup d'avoir été le secouriste du SIG.

Merci Raoua FATHALLAH pour ton travail au labo.
Merci à Patricia SOUROUILLE, Véronique ARNAL et l'ensemble du service des marqueurs génétiques du CEFE.

Je tiens à remercier mon ami Ammar SHIHAN pour son grand soutien et son aide.

Merci mes amis Jules, Ammar, Sébastia CAMARAZA, Thani, Roozbeh, c'était agréable de prendre je ne sais combien de mètres cubes de café avec vous.

Merci à mes amis du CIBIO (Portugal) en particulier Leyli Khalatbari et Hosein Yusefi pour m'avoir accueilli et pour tout ce qu'ils ont fait pour moi.
Merci aux amis du CIBIO, Ana PERERA, Pedro TARROSSO, Raquel XAVIER, Silvia CARVALHO…et désolé, j'ai une mauvaise mémoire des prénoms, pour tous les échanges scientifiques.

Je remercie tous les membres permanents et non permanents de l'équipe EPHE pour tous les moments de convivialité et pour leur intérêt pour mes travaux.
Merci aux amis de mon équipe d'accueil génétique et écologie évolutive.

Je remercie les groupe des naturalistes algériens, je m'excuse par avance de ne pas citer tous les noms, merci au groupe Nataurès, Raouf Guéchi, Habib Bouletif, Said Fritas. Merci à l'équipe de l'ouest, Ali Mehadji, Radouane Tahri, Walid Mohamed d'Oran, Walid Dahmani de Tiaret, Mon ami Ahmed Amin de Laghouat. Djamal Aissa Filali, Aimen Boulaouad, Mohamed Missoum, Amin Djabari, Idriss Belbali et bien d'autres soit pour m'avoir envoyé des photos des reptiles et amphibien ou pour m'avoir accompagné sur le terrain.

Je remercie Judit Vörös la responsable de la collection des reptiles et amphibiens du Musuem de Budapest pour m'avoir facilité ma mission.

En fin, je remercie ma famille ainsi que ma belle-famille en Algérie, ma mère et mon frère Tarik qui ont été là pendant mes déplacements en Kabylie. Merci pour tout. Merci à Rafik et Oum El Aaz Benmerad pour leur accueil.

Saïd Larbes n'a malheureusement pas pu contribuer directement à ce travail, mais je dois le remercier car c'est lui qui m'a mis le pied à l'étrier en herpétologie. C'est avec un grand plaisir que nous travaillerons ensemble à l'avenir.

Merci à mes enfants Aly-Réda et Amnaye ça aurait été bien plus facile sans vous, mais vous êtes mon pur bonheur.

Introduction générale

I- Pourquoi la biodiversité est au sommet des préoccupations de l'humanité ?

L'humanité réalise de plus en plus l'importance et l'urgence de la conservation de la biodiversité. En raison du fait que nous traversions une crise d'extinction de masse de la biodiversité, la communauté scientifique, les décideurs et aussi le grand public placent la biodiversité au cœur des préoccupations mondiales. La convention sur la biodiversité adoptée lors du sommet de la terre qui s'est tenu au Brésil en 1992 a été un évènement mondial de grande ampleur. En effet, elle est ratifiée par 196 pays soit la quasi-totalité des pays, ce qui montre la prise de conscience au niveau des états de l'importance de la biodiversité. (CBD). Cette convention comporte trois objectifs principaux : 1- La conservation de la biodiversité. 2- L'utilisation durable de ses éléments. 3- Le partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques.

Par le terme biodiversité, on entend la variabilité du vivant à différentes échelles, des gènes aux écosystèmes en passants par les espèces. La prise de conscience de l'importance de la biodiversité est survenue après la réalisation qu'il y a une perte rapide de biodiversité (voir plus loin). Certains ouvrages comme *The silent spring* (Carson et al. 1962) ont contribué à la prise de conscience de l'enjeu de l'environnement en général et l'impact de sa dégradation sur les être-humains.

I-1 Perte de la biodiversité et nécessité de la conserver

Les fonctions écosystémiques, ici définies comme les changements de stocks ou les flux de matières dans un écosystème résultant de l'interaction entre organismes et entre ceux-ci et leur environnement physico-chimique (Mace et al 2012), engendrent des biens et des bienfaits *« goods and benefits »* pour l'Homme, on appelle ceux-ci les « services écosystémiques ». Le disfonctionnement des écosystèmes a donc des conséquences négatives en diminuant ces services écosystémiques (Mace et al. 2012). Cette relation entre la biodiversité et les services écosystémiques est le noyau de la préoccupation des décideurs et de la communauté scientifique sur l'état de la biodiversité. Etant donné que les écosystèmes sont formés par des organismes vivants (biocénose), le biotope physique qui les abrite et l'interaction entre ces organismes et le milieu physique, il est clair qu'une perturbation de la composante biocénotique induit un changement dans le fonctionnement de l'écosystème. De sévères perturbations vont donc altérer ces écosystèmes et par conséquence impacter la qualité des services écosystémiques.

Une littérature riche a montré les tendances actuelles inquiétantes sur la perte de la biodiversité. Par la perte de la biodiversité on entend soit l'extinction des espèces, l'extinction des populations ou la diminution des densités (Chapin et al. 2000; Cardinale et al. 2012; Ibisch et al. 2010). La crise actuelle de la biodiversité n'est pas la première qui a été enregistrée,

d'autres crises ont eu lieu à différentes époques géologiques (Ordovicien, Dévonien, Permien, Triasique et Crétacé (McGhee et al. 2004). La crise actuelle a un caractère singulier, elle a lieu dans l'ère qu'on nomme l'anthropocène, c'est-à-dire l'ère où l'Homme affecte fortement l'environnement depuis les cycles biogéochimiques majeurs jusqu'à l'évolution du vivant (Lewis et al. 2015, Barnosky et al. 2011, Wake and Vredenburg 2008; Pimm et al. 2014). Dans un article publié dans la revue *Science,* Dirzo et al. (2014) rapportent qu'en 500 ans, 322 espèces de vertébrés terrestres se sont éteintes et les espèces restantes voient leurs densités baisser de 25 %, quant aux invertébrés, 67 % des populations ont montré un déclin de 45 % des densités de leurs populations. Selon Barnosky et al. (2011), si les menaces qui pèsent sur les espèces ne sont pas réduites, une perte extrême de la biodiversité va être atteinte en quelques siècles. En effet, la relation entre la perte de la diversité et le disfonctionnement des écosystèmes est bien mise en évidence (Hooper et al. 2005; Wardle et al. 2011), il est même admis que son impact sur le fonction des écosystèmes est tout à fait comparable à l'effet des changements globaux comme la fragmentation d'habitats, le réchauffement global, etc. (Hooper et al. 2012) ! Ceballos et al. (2015) ont analysé les taux modernes d'extinctions de vertébrés et concluent avec une grande certitude que ces taux sont « exceptionnellement » élevés, qu'ils sont en augmentation et qu'ils suggèrent que la sixième crise d'extinction de masse est en cours !

Ceballos et al. (2017) mettent plutôt l'accent sur la contraction d'aires de répartition et la diminution de l'abondance des espèces de vertébrés. Ces auteurs ont montré que sur 177 vertébrés dont ils possèdent des informations sur la dynamique des populations, tous ont perdu 30 % ou plus de leur aire de répartition et plus de 40 % des espèces ont montré une sévère contraction (80 % ou plus) de leur aire de répartition ! Le déclin des populations et le rétrécissement des aires de répartitions sont au fait les indices les plus fiables pour décrire, l'actuelle crise d'extinction. Dans une publication récente, Briggs (2017) affirme que l'attention des biologistes doit être portée sur la diminution des population et non sur l'extinction des espèces qui reste qu'un phénomène marginal. Placer le déclin des espèces comme le premier signe de la crise d'extinction est une idée très discutable. D'abord, l'extinction des espèces est un phénomène irréversible contrairement aux populations qui fluctuent. Les études qui mettre l'accent sur le déclin des populations, mettent l'accent sur le tiers des espèces qui sont en déclin, mais omettent le fait que d'autres sont en augmentation. Par ailleurs, le nombre d'espèces éteintes est largement sous estimées, plusieurs espèces se sont éteintes sans même être découvertes.

I-2 Valeurs de la biodiversité

On peut classer les valeurs de la biodiversité ou de la nature en général dans trois catégories. Je dois rappeler que la plupart des références que j'ai consultées à ce sujet parlent

de la valeur de la nature. Or, la biodiversité est une composante de la nature avec la géodiversité, il est donc évident que les valeurs de biodiversité sont les mêmes.

a) Valeur utilitaire (ou instrumentale) qu'on peut désigner aussi par « services écosystémiques » et sont l'ensemble des services que l'humain tire de la nature. Ils englobent biens et des bienfaits *« goods and benefits »*, les premiers étant les produits directement prélevés de la nature comme les ressources alimentaires, pharmaceutiques et les seconds font références aux services, conséquences des cycles biogéochimiques dans la régulation climatique, pollinisation, épuration des eaux, etc. Ces services sont valorisables et peuvent dans certains cas être exprimés en monnaie. (Millennium Ecosystem Assessment 2005; Naidoo et al. 2008; Pearson 2016).

b) Valeur intrinsèque : la nature est ici valorisée pour ce qu'elle est et non par rapport à ce que l'Homme en retire. Cette valorisation n'est pas quantifiable ou convertible en monnaie. C'est un droit moral que la nature soit protégée par l'Homme.

c) Valeur non utilisée « *Non use value »*. C'est une valeur basée sur les services écosystémique potentiels. La nature est perçue ici comme un héritage aux générations futures et qui peut fournir des services qui sont actuellement inconnus (Faith et al. 2010; Mace et al. 2011; Pearson 2016). Cette valeur se distingue de la valeur intrinsèque par le fait que c'est l'humain qui est pris en considération, et elle se distingue de la valeur utilitaire par le fait qu'elle n'est pas basée sur les services qu'on utilise mais plutôt sur d'éventuels services, parfois pas encore connus, dont les générations futures peuvent en bénéficier.

I-3- Biologie de la conservation : une discipline de crise

La prise de conscience de la gravité de la perte de la biodiversité et de la responsabilité des sociétés modernes dans celles-ci a suscité l'attention des politiques, sociétés civiles et de la communauté scientifique. Il serait trop long de reconstituer toute l'histoire de la prise de conscience de la biodiversité et de l'évolution des efforts de conservation à travers le temps, mais deux évènements me semblent incontournables : la naissance de la discipline scientifique biologie de la conservation et la convention sur la diversité biologique (1992).

La préoccupation de la communauté scientifique vis-à-vis du déclin de la vie sauvage n'est pas une chose récente, on retrouve en effet la notion de conservation ou de protection de la nature ou de l'environnement dans de vieilles disciplines scientifiques (voir références dans Meine et al. (2006).Toutefois, la biologie de la conservation contemporaine n'est définie comme champs épistémique que depuis une trentaine d'année. Soulé (1985) donne la définition et l'orientation de cette nouvelle discipline de synthèse. Il définit la biologie de la conservation comme une discipline de crise et fait un parallèle avec la cancérologie pour souligner son caractère multidisciplinaire. A ses débuts, et comme elle était une discipline de crise, la biologie de la conservation devait apporter des réponses immédiates pour ralentir

l'érosion de la biodiversité. Ainsi, on donnait la priorité à l'action sans s'attarder sur une connaissance détaillée du sujet. Soulé écrivait dans son article « fondateur » de la discipline : *« Conservation biology differs from most orher biological sciences in one important way : it is often a crisis discipline. Its relation to biology, particularly ecology, is analogous to that of surgery to physiology and war to political science. In crisis disciplines, one must act before knowing all the facts; crisis disciplines are thus a mixture of science and art".*

I-3-1- Une nouvelle science de la conservation (new conservation science, NCS)

Depuis, la biologie de la conservation a connu une évolution vers une science qui se veut plus objective et passe des prises de décision basées sur de l'expérience personnelle (ou dire d'expert) à une pratique basée de plus en plus sur une accumulation de preuves scientifiques et de méta-analyses (*systematic reviews)* tout en gardant son caractère de discipline de crise (Stewart et al. 2005; Kareiva & Marvier 2012). Par ailleurs, la nouvelle science de la conservation garde aussi son caractère multidisciplinaire. La biologie de la conservation, qui a pour objectif général d'apporter des solutions pour atténuer la crise d'extinction, doit intégrer des connaissances de domaines différents. En plus des connaissances primordiales : la biologie des espèces, la systématique, la dynamique des populations, la génétique, la biogéographie…etc., la conservation intègre les connaissances des sciences sociales et politiques. A titre d'exemple, Rick & Lockwood (2013); Monsarrat et al. (2016) ont montré l'importance de l'approche archéologique, de l'histoire et de la paléobiologie dans la conservation des espèces !

En plus de cette évolution « scientifique », on observe un changement dans l'éthique de la discipline. Cette nouvelle tendance place le bien-être des humains comme objectif central pour la pratique de la conservation en favorisant la protection de la nature (la biodiversité) pour les biens et biens-faits que peuvent en tirer les humains au détriment de toute valeur intrinsèque de celle-ci. Cette génération de biologistes de la conservation pense qu'une approche anthropocentrique serait plus efficace du fait que les efforts de conservation ciblés sur l'Homme donnent des résultats plus remarquables. Autrement dit, la nouvelle philosophie de la conservation se veut plus réaliste en admettant que la destruction d'une partie de la biodiversité est inévitable et que sauver l'ensemble des espèces et des écosystèmes est impossible, on doit donc se limiter à sauver la biodiversité là où les populations humaines en tirent un bienfait immédiat. Cette position éthique est toutefois discutable et ne fait pas l'unanimité dans la communauté des biologistes de la conservation (Miller et al. 2011; Soulé 2013; Doak et al. 2014). Cette tendance à placer les bienfaits de la biodiversité comme objectif central de la conservation n'est pas complétement justifiée dans la mesure où elle réduit les enjeux de celle-ci. En effet, en plus de toutes les considérations basées sur les biens et bienfaits, les humains ont une tendance naturelle à aimer les différentes formes de la vie. On

peut et on doit exploiter cette tendance appelée *biophilie* (Wilson 1984), elle n'est pas liée uniquement à la valeur utilitaire et quand elle est inculquée dès le jeunes âge, elle un impact sur la conservation dans le sens où la *biophilie* nous affranchie de réduire la biodiversité à ses bienfaits économiques et immédiats « *The positive outcome of the biophilia concept is that it resists cultural and economic reductionism (i.e., how much land or individual species are worth to us) and outright utilitarianism. " The concept is specific in that it calls for a common ethic of the conservation of nature, beyond our immediate needs. »*

On reconnait à la biodiversité trois valeurs (voir ci-dessus), alors pourquoi s'en tenir à une seule ? Les trois valeurs de la biodiversité doivent toujours être prises en compte et rien ne nous oblige à se séparer de l'une d'elle. Les débats sur l'éthique et les choix de la philosophie de la conservation peuvent continuer, mais dans la pratique, selon la situation, on peut avancer un argument lié à la valeur intrinsèque ou la valeur utilitaire de la biodiversité.

II- connaissance de la biodiversité et biologie de la conservation

La question des connaissances en biodiversité comme base pour la biologie de la conservation est une thématique centrale de ma thèse. Je vais me concentrer sur les connaissances scientifiques de base nécessaires dont le défaut constitue un obstacle à la planification de la conservation du vivant.

II-1- La biodiversité, que devons-nous connaitre en priorité ?

Lors du nouveau plan stratégique mondial à l'horizon 2020 de la CBD édifié à Aichi, les parties de la CBD ont tracé 20 objectifs appelés généralement « objectifs d'Aichi *Aichi Targets »* (https://www.cbd.int/sp/targets/). Un de ces objectifs porte sur les connaissances en matière de biodiversité (objectif 19 : *D'ici à 2020, les connaissances, la base scientifique et les technologies associées à la diversité biologique, ses valeurs, son fonctionnement, son état et ses tendances, et les conséquences de son appauvrissement, sont améliorées, largement partagées et transférées, et appliquées*). Il est assez évident qu'on ne puisse pas protéger ou conserver ce que l'on ne connait pas. Evaluer l'état de la diversité à toutes les échelles repose d'abord sur une connaissance de celle-ci. Avant d'établir n'importe quel plan de conservation (aires protégées, actions centrées sur des espèces ou des écosystèmes, économie et gestion des ressources naturelle), on doit produire d'abord les connaissances de base : l'inventaire des espèces, leur diversité taxonomique et génétique, leur abondance, leurs traits et fonctions, leur écologie et leur distribution géographique (Cardoso, Erwin, et al. 2011; Boitani et al. 2011; Crandall et al. 2000; Tamura et al. 2012; Diniz-Filho et al. 2013; Whittaker et al. 2005)

II-1-1- Les hots-spots de biodiversité, la connaissance de la biodiversité et développement économique

La biodiversité n'est pas distribuée de manière homogène à travers le monde ; la diversité (α et β), les taux d'endémismes et les degrés de menaces sur les espèces varient dans l'espace (Gaston 2000), certaines régions ont une biodiversité remarquable et constituent ce qu'on appelle les *hotspots* de biodiversité (*Biodiversity hotspots*, Myers et al. 2000). La connaissance de la biodiversité est aussi distribuée de manière hétérogène. Certaines régions sont mieux explorées et leurs données sur la biodiversité sont accessibles tandis que d'autres régions sont toujours mal connues (Hendriks & Duarte 2008; Jetz et al. 2012). En 2008, 90% des recherches sur la biodiversité ont été publiées par des chercheurs européens et américains. Les régions les mieux étudiées ne correspondent pas à celles-où le besoin de mieux connaitre la biodiversité est les plus forts. En effet, les *hotspots* de biodiversité sont majoritairement situés dans des pays en voie de développement (Smith et al. 2003; Fisher & Christopher 2007). Or, la situation économique de ces pays fait que la recherche en biodiversité y est loin d'être une priorité. Dans une récente méta-analyse sur la distribution des recherches en biodiversité par pays et par origine des auteurs, Wilson et al. (2016) montrent que le nombre de publications sur lesquelles s'appuient les panels d'experts de l'UICN et Panel IPBES (Plate-forme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques, https://www.ipbes.net/) est très faible dans les pays les mieux classés pour l'importance de la biodiversité des mammifères, alors qu'il est élevé aux Etats Unis et au Royaume Uni qui sont pourtant des pays qui abritent une diversité moins importante par rapport à plusieurs pays en voie de développement. La figure 1 montre la distribution mondiale des publications sur la biodiversité. Les pays situés dans des *hotspots* de biodiversité ont fait l'objet d'un faible nombre d'études, c'est le cas de la rive sud du hot-spot du bassin méditerranéen (Voir : Myers et al. 2000; Medail and Quezel 1997).

L'ignorance de la biodiversité constitue un grand obstacle pour la conservation comme c'est expliqué précédemment. Ce problème est d'autant plus important dans les pays émergeants dans la mesure où une bonne gestion de la biodiversité peut contribuer à l'éradication de la pauvreté (M. Soulé 2013; Fisher et al. 2014).

II-1-2- Quels sont les déficits les plus importants en connaissance de la biodiversité ?

Pour conserver la biodiversité, il faut la connaitre. Il faut donc produire le maximum de connaissances de base sur la diversité et sa distribution afin d'évaluer d'abord l'état des populations pour ensuite dresser les priorités de conservation. En effet, la prise de décision en matière de gestion de la faune et la flore naturelles devrait passer de pratiques basées sur

du dire d'expert à des pratiques basées sur des preuves scientifiques (*evidence based studies*) (Sutherland et al. 2004; Pullin et al. 2004; Stewart et al. 2005).

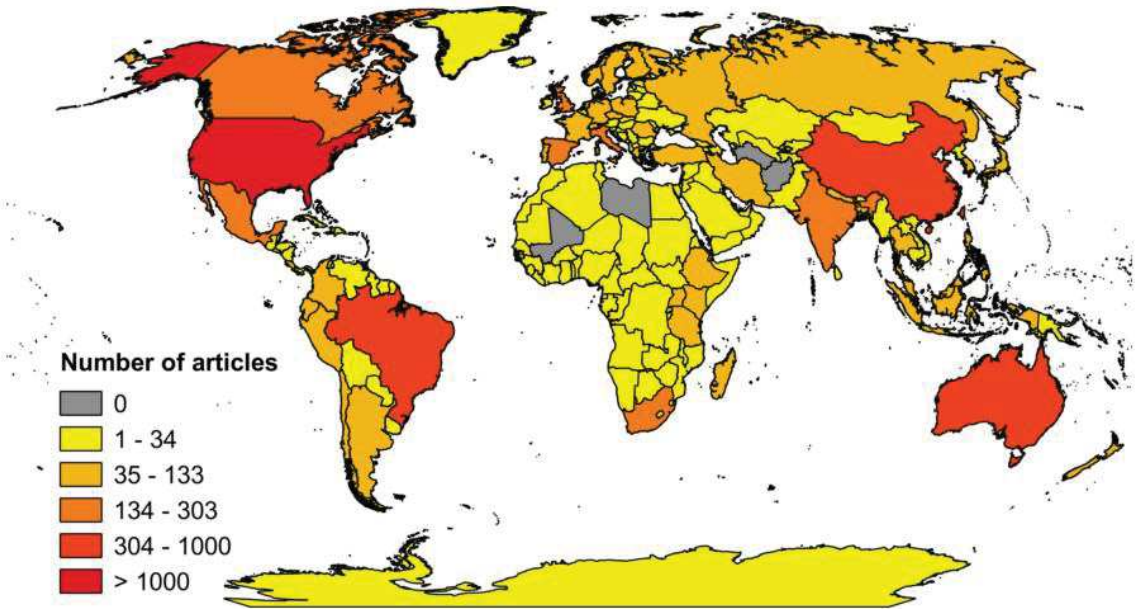


Figure 1 : Distribution des publications utilisées par l'IUCN et l'IPBES. Source : (Wilson et al. 2016)

Hortal et al. (2015) passent en revue les plus importantes lacunes de connaissance du vivant à large échelle et mettent l'accent sur sept lacunes importantes :

***a) Linnean shortfal* :**

La discordance entre le nombre d'espèces qui existe réellement et le nombre d'espèces décrites et cataloguées est appelé « Linnean shortfall » (en référence à Karl von Linné). En plus du manque de recherche sur le terrain, cette discordance est due au fait que la description de nouvelles espèces et les révisions taxonomiques se font de manière continue (Brito 2010) et qu'il y a un temps de latence entre les mises à jour taxonomique et la prise en compte de celles-ci par les gestionnaires.

b) Wallacean Shortfall

Le manque de donnée sur la distribution géographique des espèces est appelé « Wallacean Shortfall » en référence à Alfred Wallace, le « père de la biogéographie ». L'objet de la biogéographie est de décrire les patrons biogéographiques de la biodiversité et de comprendre les mécanismes qui génèrent ces patrons. Lomolino et al. (2006), définissent le *Wallacean shorfall,* comme étant « le manque d'information sur la distribution (passée et

présente) des espèces et la dynamique géographique des causes d'extinction (extinction forces), à savoir, la géographie des humains.».

c) Prestonian Shortfall

Connaitre l'abondance et la dynamique de la population est un préalable pour l'édification des listes rouges et listes d'espèces prioritaires pour la conservation. Par ailleurs, il est nécessaire de connaitre les tendances des populations (déclin, croissance, la rareté, …) pour l'établissement des plans de conservation centrés sur les espèces (Cardoso, Erwin, et al. 2011; Cardoso, Borges, et al. 2011; Hortal et al. 2015). Le manque de données sur l'abondance des espèces est nommé *Prestonian shortfall* en référence à Franck W. Preston qui est le pionnier des travaux sur la rareté et la banalité des espèces (Cardoso, Erwin, et al. 2011; Hortal et al. 2015).

d) Darwinian Shorfall

On appelle *Darwinian shortfall* le manque de connaissance sur la diversité phylogénétique du vivant. La description de ce « *shortfall »* revient à Diniz-Filho et al. (2013). Ces auteurs mettent en avant 3 points qui constituent un manque à gagner pour la connaissance de la biodiversité : 1 – le manque de phylogénies claires : pour la plupart des groupes taxonomiques, on manque de phylogénies complètes et les phylogénies disponibles sont établies sur un nombre réduits d'espèces. 2 – On fait toujours face aux problèmes de la signification des taux de divergences au sein de phylogénies ainsi qu'une grande incertitude des datations moléculaires. 3 – l'ignorance du lien entre la diversité phylogénétique et les traits d'histoire de vie ou comment les processus évolutifs créent des patrons plus complexes qui ne peuvent pas être décrits par de simples phylogénies.

e) Raunkiæran Shortfall

Il fait référence à l'ignorance de la diversité fonctionnelle. Hortal et al. (2015) le définissent comme étant le manque de connaissance sur les traits des espèces et leurs fonctions. Ceci inclut non seulement la variation des traits au sein et entre les espèces mais aussi les fonctions écologiques qui découlent de chaque trait, à savoir comment ces fonctions sont affectées par les interactions avec d'autres et quels traits agissent ensemble pour produire des fonctions écosystémiques.

f) Hutchinsonian Shortfall

La connaissance des préférences et tolérances environnementales des espèces est primordiale pour prédire la réponse des espèces à un environnement en changement (Hortal et al. 2015). La niche écologique d'une espèce au sens de Grinnell (voir Soberón 2007) représente l'ensemble des variables abiotiques (température, topographie…). Le manque de

connaissance sur la niche écologique des espèces est appelé *Hutchinsonian shortfall* (Hortal et al. 2015).

g) Eltonian Shortfall

C'est le manque de connaissances sur l'interaction entre les espèces ou groupes d'espèces. Ce déficit de connaissance est nommé *Eltonian shortfall* par rapport à Charles Sutherland Elton, le précurseur des travaux sur les chaines alimentaires (Hortal et al. 2015)

III- Thématique de ma thèse

Le cadre général de cette thèse est la compréhension des patrons de diversité en Algérie et la réflexion sur les mesures basées sur des preuves scientifiques à prendre en matière de conservation. En Algérie, le déficit criant de données sur la biodiversité nous impose d'abord de faire un état des lieux de ce que nous ignorons. Ainsi, je propose d'explorer les *biodiversity shortfalls* en Algérie afin de pouvoir établir les priorités de recherche future. Une réflexion sur les grandes lignes de la conservation sera tout de même proposée à la fin de ce manuscrit. Etant donné que l'inventaire taxonomique, les données de distribution et la diversité génétique des espèces sont les connaissances primordiales, je m'intéresserai aux déficits qui leurs sont associés à savoir respectivement : Linnean, Wallacean et Darwinian shortfalls.

III-1- Pourquoi l'Algérie ?

Sa position géographique particulière de carrefour biogéographique entre les régions méditerranéenne, saharo-sindienne et éthiopienne, sa surface de 2 381 741 km^2 (dixième mondial), les ambitions de ce pays de se développer et de protéger sa nature, les différents hot-spots de biodiversité que contient ce pays et bien sûr toutes les lacunes de connaissances en biodiversité font de l'Algérie un cas d'étude très intéressant.

III-1-1- L'Algérie, *hotspot* et cas d'école dans l'ignorance e la biodiversité

L'Algérie comprend une bonne partie d'un des points chauds mondiaux de biodiversité, couvrant la rive africaine du bassin méditerranéen (Myers et al. 2000, Fig. 2). Au sein de ce *hotspot* méditerranéen, l'Algérie compte plusieurs *hotspots* régionaux pour la diversité des plantes (Médail & Diadema 2009; Véla & Benhouhou 2007). Ainsi, Yahi et al. (2012) ont décrit 22 aires importantes pour la diversité des plantes (*Important Plant Areas*) en Algérie !

Malgré un effort de recherches sur le terrain assez minime, le rythme de découverte de nouveaux taxons pour la science semble assez important chez les plantes en Algérie (Ouarmim et al. 2013). Il en est de même pour les nouvelles espèces pour le pays (Rebbas and Véla 2008; Khellaf Rebbas & Véla 2013; Véla & Mostari 2013; De Belair & Véla 2009; Véla et al. 2012; Véla, Bouguaham & Moulaï 2012; Laribi et al. 2011; Laribi et al. 2009)

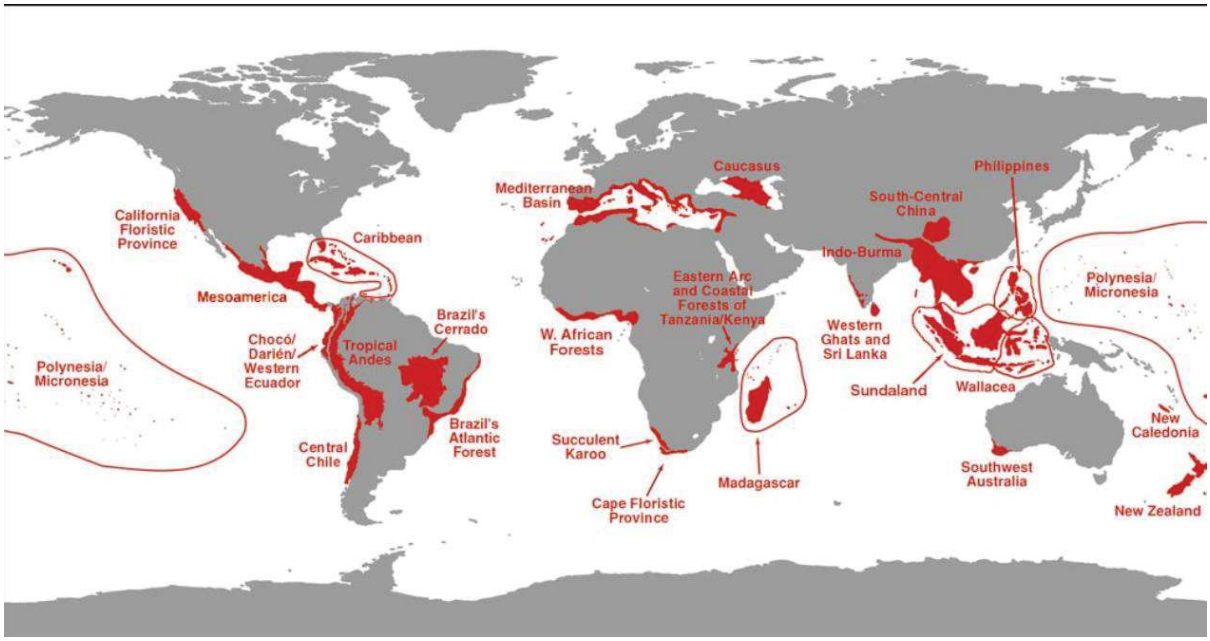


Figure 2 : Distribution des hot-spots de biodiversité selon Myers et al. (2000). L'ensemble de la façade littorale de l'Algérie fait partie du hot-spot du bassin méditerranéen.

Il est difficile d'établir une corrélation entre le nombre de révisions taxonomiques ou de mises-à-jour des inventaires et le nombre de nouvelles espèces, mais il semble certain que pour un nombre faible d'études sporadiques, on arrive à décrire de nouveaux taxons pour les animaux également. A titre d'exemple, 4 espèces de scorpions décrites ces trois dernières années : (Lourenço & Sadine 2014; Lourenco & Rossi 2016; Sadine, Bissati & Lourenco 2016; Lourenço and Sadine 2015). Chez les vertébrés, on note aussi une description récente d'une chauve-souris (Puechmaille et al. 2014) et une nouvelle espèce pour le pays (Loumassine et al. 2017). On note aussi de nouvelles données chez les rongeurs (Nicolas et al. 2014) et de Soricidae (Nicolas et al. 2014). Une série d'études phylogéographiques ont décrit des divergence de rang d'espèce chez plusieurs taxons dans le Maghreb (e.g. : Pfenninger et al. (2010). (Voir aussi plusieurs références dans le chapitre 3 de ce manuscrit).

Il peut sembler contradictoire de dire que l'Algérie septentrionale est un *hotspot* alors qu'on manque cruellement de données sur sa biodiversité. En réalité ces *hotspots* sont décrits essentiellement sur la base de la diversité floristique qui est un peu mieux connue que celles des animaux, d'une part, d'autre part, la superposition de zones peu connues et de hot-spots de biodiversité n'est pas un fait unique à l'Algérie (voir Wilson et al. (2016)).

III-1-2- Une grande diversité d'habitats

L'Algérie couvre une très grande surface (plus de 2 millions de km^2) et est marquée par une diversité d'habitats particuliers due à sa diversité bioclimatique (Figure 3) et à sa grande amplitude latitudinale (18,9°N au sud à 37,1°N au nord) soit une distance d'environ 2000 km. En plus de cette amplitude latitudinale, on trouve en Algérie une topographie assez variée, avec de grands massifs : le Tell au nord, les Aurès à l'est, l'Atlas saharien, les massif du Hoggar et le Tassili dans le Sud, etc. (Figure 4.A et 4.B). Cette diversité topographique et l'amplitude latitudinale confèrent au pays une diversité écosystémique importante. Je citerai ici les principaux biomes en Algérie et la nature des menaces qui pèsent sur chacun.

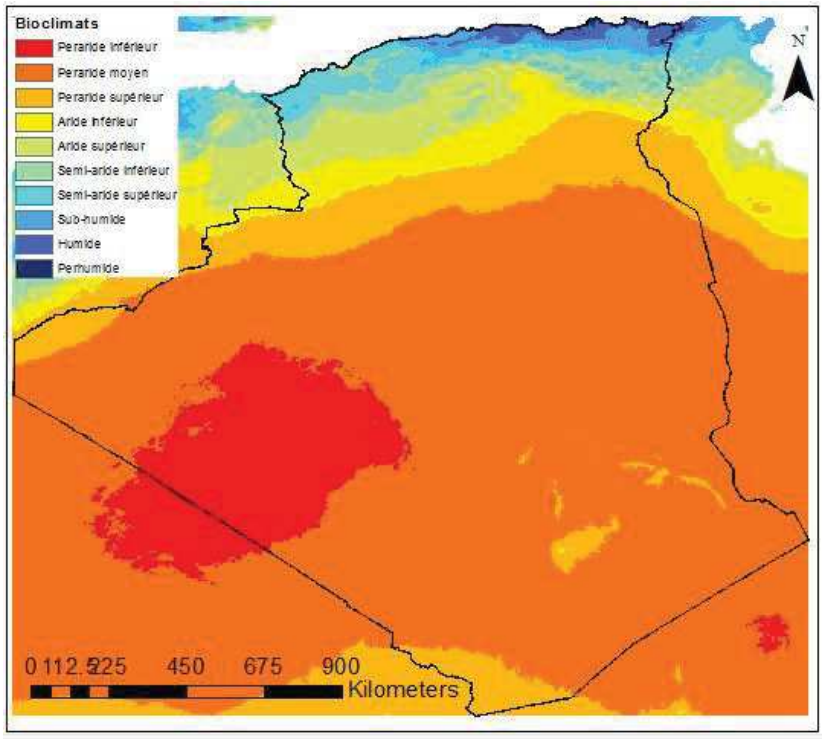


Figure 3 : Les différents bioclimats en Algérie. Le quotient pluviométrique d'Embger est calculé avec la formule de Stewart qui est plus appropriée à l'Algérie (Stewart 1974)

a) Tell (Atlas Tellien)

C'est une chaîne de montagnes côtière qui s'étend du Nord-Est du Maroc jusqu'en Tunisie sur une distance de 1500 km. Cette chaine est une succession de plusieurs massifs (Tessala, Béni Chougrane, Ouarsenis, Atlas Blidéen, Djurdjura, Babors, Titri…) et des vallées généralement traversées par des rivières qui portent le même nom (Chélif, Mitidja, Issers, Sébaou…). Les altitudes vont du niveau zéro sur les côtes et dépassent les deux milles mètres sur certains sommets (1985 m. dans le Ouarsenis, 1629 m. dans l'Atlas Blidéen, 2004 m. dans les Babors, 2308 m. dans le Djurdjura). Le relief et l'exposition permettent l'existence d'une variété de bioclimats donc d'écosystèmes dans le Tell. Ainsi, on trouve un bioclimat semi-aride à l'ouest, jusqu'à la variante froide du bioclimat humide *sensu* Daget (1977) dans le Nord-Est

du pays (Figure 4). La pluviométrie y est généralement supérieure à 400 mm/an pouvant dépasser les 1000 mm/an dans le Djurdjura, les Babors et la région de Collo. Cette diversité bioclimatique et topographique permet l'existence d'une importante diversité d'écosystèmes :

- Les forêts sont concentrées essentiellement dans la partie tellienne et représentent 1.72 % de la surface du pays soit 4 100 000 ha, 4 255 840 ha si on compte les maquis et les bois (MATET 2009). Malgré cette surface réduite, les écosystèmes forestiers sont d'une importance capitale pour la biodiversité en Algérie, ces forêts hébergeant une biodiversité particulière avec un fort taux d'endémisme pour les plantes (Véla et Benhouhou, 2007). On peut trouver différents types de forêts en Algérie suivant l'espèce dominante : forêt de pin d'Alep, de chêne liège, de caducifoliés. Louni (1994) énumère les différents types de forêts et les principales menaces qui pèsent sur elles. Les autres écosystèmes propres à ces zones telliennes sont les écosystèmes littoraux qui couvrent 162 200 ha avec des communautés originales qui d'ailleurs constituent un point chaud de biodiversité floristique (Véla et Benhouhou, 2007). En fin, le Tell comporte aussi les écosystèmes de montagne et des plaines qui contribuent aussi à la diversité des communautés de faune et flore. Cette zone tellienne est la plus anthropisée car sa densité humaine y est très élevée. En effet, alors qu'elle ne représente que 4% de la surface totale du pays, la bande littorale est habitée par 43% de la population algérienne !

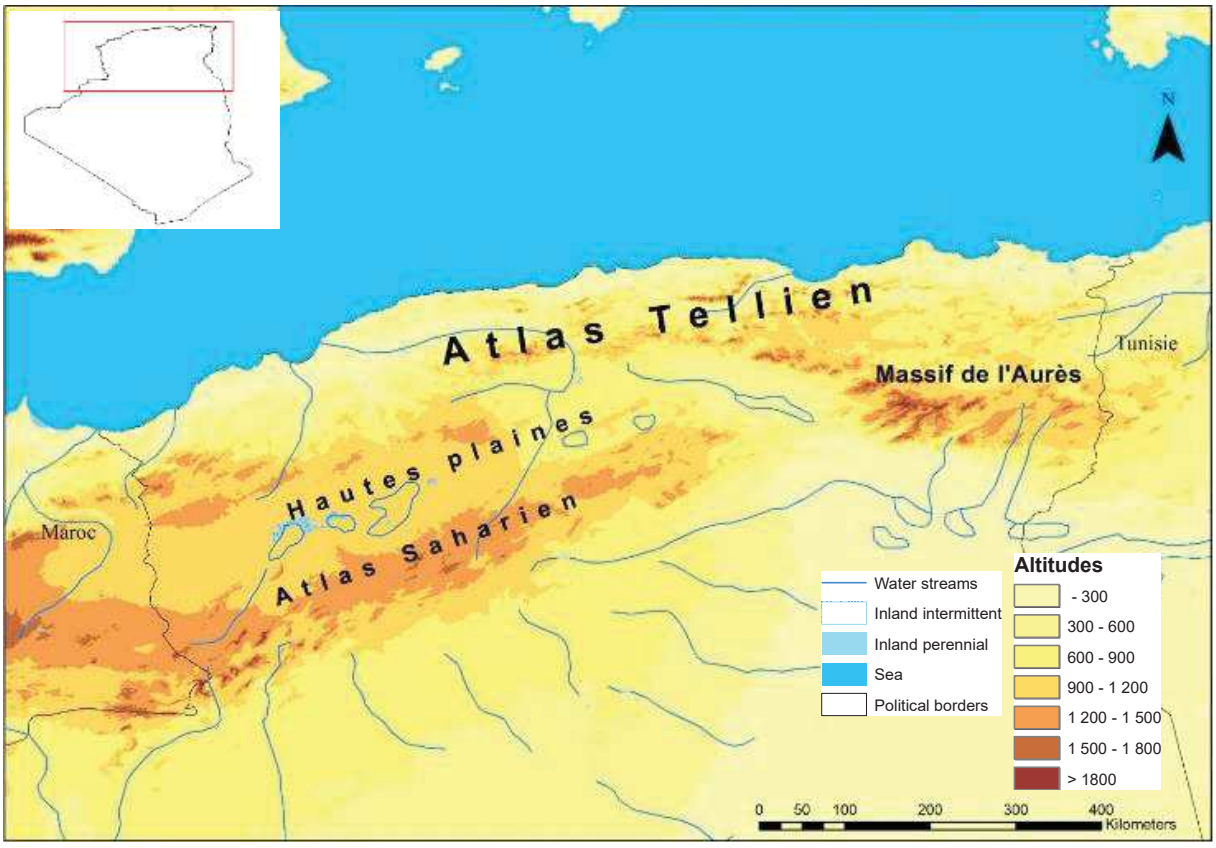


Figure 4. A) Les Principaux massifs, cours d'eau et eaux continentales de la partie nord de l'Algérie.

b) Hautes Plaines (Hauts Plateaux)

C'est un plateau dont les altitudes varient entre 900 m et 1200 m, limité au nord par les monts de l'Atlas Tellien et au sud par l'Atlas Saharien. Ces plaines se situent entre les isohyètes 100 à 400 mm (Aidoud *et al ,* 2006) et dominées par des habitats steppiques et des zones humides temporaires saumâtres appelés chotts.

Les écosystèmes steppiques couvrent une superficie de 20 000 000 ha (Chenouf 2014) et constituent le biome le plus représenté dans le nord du pays (8,4 % de la surface totale de l'Algérie). Cette zone de transition entre le Sahara et le Tell est dangereusement menacée par la désertification à cause d'une très forte pression anthropique (Mostefa et al. 2012).

c) Monts de l'Aurès

Les monts de l'Aurès forment un massif très distinct dans l'est du pays et séparent les hautes plaines de l'est du Sahara. Ce massif comporte les plus hauts sommets du nord de l'Algérie : Ras Keltoum (2328 m), Djebel Mahmel (2321 m). Les bioclimats varient de l'aride au sud dans la zone de transition avec le Sahara au subhumide supérieur. Cette diversité topo-climatique est à l'origine d'une diversité écosystémique singulière. En effet, le recouvrement végétale varie des steppes xérophytes au piémont sud aux cédraie pures de montagnes sur les versant nord, en passant par différents types de forêts : forêts de chêne vert, de pinèdes, formations de genévrier etc. (Chirio 1995).

d) L'atlas Saharien

C'est une chaine de montagne qui s'étale de l'est du Maroc jusqu'au au centre de l'Algérie ; il sépare les hautes plaines à l'est du pays du Sahara. Il est composé de plusieurs massifs comme les monts de Ksour qui culminent à 2236 m au sommet du Djebel Aïssa, le Djebel Amour qui atteint 2008 m à Ksel et les monts des Oulas Naïl dont l'altitude atteint 1491 m au Djebel El Azreg. L'Atlas Saharien se distingue des deux grands biomes qu'il sépare et présente une grande diversité d'habitats : pinèdes, formations de genévriers, steppes...etc.

e) Le Sahara

Le Sahara est certainement la région la plus difficile à décrire. C'une région très vaste qui occupe 83,97 % de la surface totale du pays et contient de vastes zones très difficile d'accès d'où une mauvaise connaissance des détails de son environnement. Cependant, nous savons que le Sahara n'est pas une grande étendue déserte et uniforme mais contient une grande diversité d'écosystèmes « *Le Sahara est vivant : 300 espèces de vertebrés et près de 3000 plantes sont recensés sur une étendue de 8 millions de Km^2. Mais le biogéographe perçoit dans ce grand désert plusieurs régions très contrastées »* (Le Houérou 1990). Par ailleurs, les limites géographiques du Sahara restent floues. On peut trouver plusieurs critères pour définir le Sahara comme la limite de la maturation du dattier ou l'isohyète 200 mm, la limite

septentrionale de la distribution de *Cenchrus biflorus*, ou la limite sud de *Stipa tenacissima.* Il est cependant actuellement largement admis que le Sahara est limité par l'isohyète 100 ± 50 mm. Au sein de cette zone peu irriguée, on identifie plusieurs niveaux d'aridité. La combinaison de ces différents degrés d'aridité, les différents types de sols confère au Sahara une diversité de biomes dont les principaux sont :

- **Les ergs**

Se sont de grandes étendues de dunes de sable avec qui a une végétation très éparses généralement formées par quelques plantes adaptées aux conditions de sécheresse extrême. Les ergs renferment une faible diversité biologique, toutefois on y trouve des communautés animales et végétales très spécialisées de ces habitats secs et sableux. On récence en Algérie plusieurs ergs dont les principaux sont le Grand Erg Occidental, le Grand Erg Oriental et l'Erg Chech.

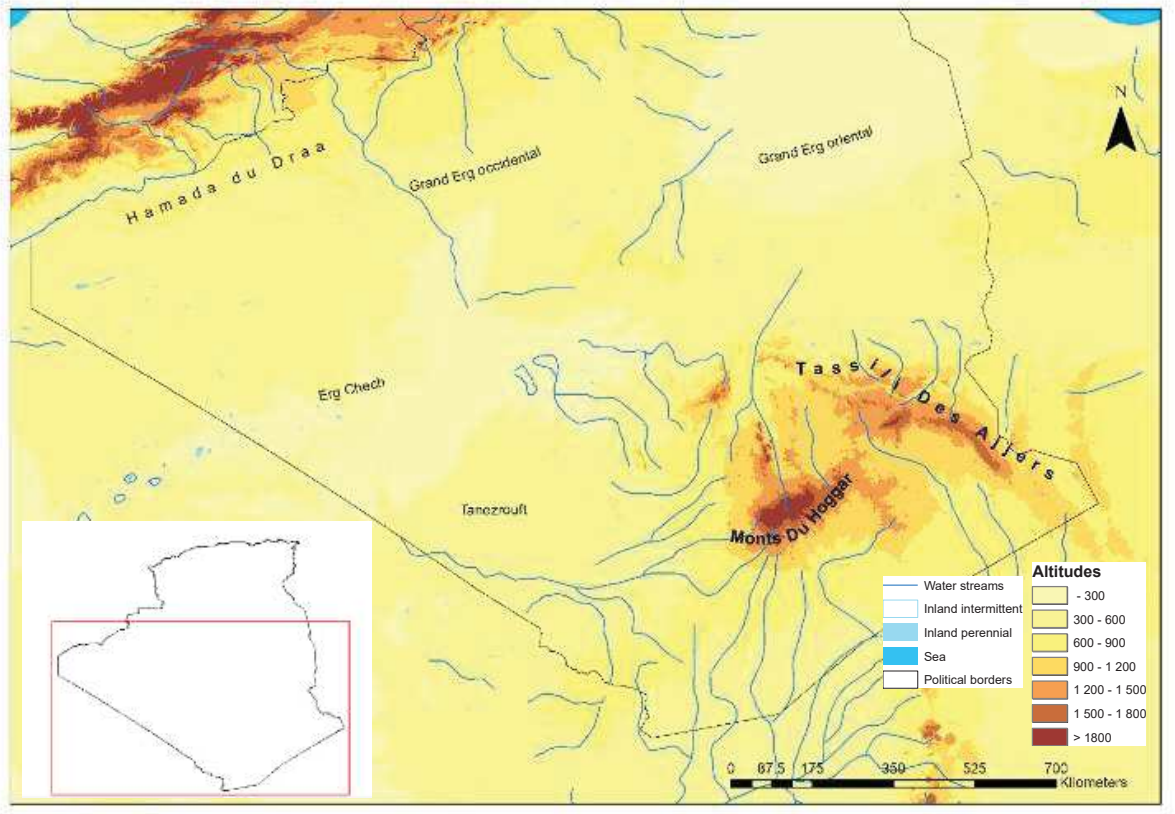


Figure 4. B) Les Principaux massifs, cours d'eau et eaux continentale, et les grands ensembles géomorphologique du sud de l'Algérie

- **Les regs**

Les regs sont de vastes étendus caillouteuses avec une faible biodiversité néanmoins très originale. Le Tanezrouft en Algérie constitue un immense reg hyperaride avec très peu d'espèces végétales et animales.

- **Les Hamadas**

Sont également des étendues caillouteuses mais surélevées avec un sol moins homogène que les regs.

- **Les oasis**

Les oasis sont des points de végétations qui sont situés souvent le long des Oueds (La Saoura à l'Ouest par exemple) et généralement maintenue artificiellement par les activités d'irrigation près des points d'eau. La présence de l'eau change radicalement le paysage saharien et permet l'installation d'une végétation assez importante et une relative richesse en espèce animales (amphibiens, odonates…).

- **Les Tassilis et Hoggar**

Bien que situés au cœur du Sahara centrale dans le sud-est algérien ces eux grands massifs dont des zones très distinctes. L'altitude relativement élevée permet et l'influence tropicale permet l'existence d'un climat similaire à celui des hauts plateaux. C'est une zone qui a une biodiversité très riche composée par des éléments tropicaux, saharo-sindiens et même méditerranéens !

III-1-3- L'Algérie carrefour biogéographique

Le Sahara joue le rôle de pont biogéographique entre l'aire biogéographique éthiopienne au sud et méditerranéenne au nord. Ceci permet l'existence d'éléments tropicaux ou reliques du Sahara humide comme les poissons Cihclidés et Claridae (voir Kara (2012) Par ailleurs, le Sahara lie l'Afrique du Nord à l'Asie et contient des éléments Saharo-Sindiens (exemples). Les zones des transitions entre ces aires biogéographiques comme les hautes plaines et les massifs du Hoggar et Tassili sont des zones qui contiennent une biodiversité remarquable composés d'éléments des zones biogéographiques qui s'y rencontrent.

III-2- Conservation en Algérie : un projet ambitieux face à de grandes lacunes de connaissances

La protection de la biodiversité est une préoccupation assez importante en Algérie. Pour continuer le développement du pays tout en préservant les ressources et les espaces naturelles, les autorités algériennes ont élaboré un schéma national d'aménagement du territoire (SNAT 2025 (Chenouf 2014) intégrant comme objectifs l'utilisation durable des ressources et la préservation de la biodiversité. Un chapitre a été consacré à la protection de la nature dans ce schéma.

Certains écosystèmes (le littoral, la montagne, l'écosystème steppique, l'écosystème oasien, l'écosystème forestier et les aires protégées) y sont identifiés comme prioritaires (Chenouf 2014). En outre, l'Algérie vient de lancer un programme de grande envergure pour renforcer la conservation de la biodiversité *in situ*. Son principal objectif est de protéger les divers habitats (littoraux, steppiques, montagnards…) par l'augmentation des aires protégés qui passeront de 36% de la surface totale du pays actuellement à 50 % en 2030 ! Ce plan

d'action ambitieux des aires protégées en Algérie rencontre toutefois plusieurs obstacles tous liés à la connaissance de la biodiversité :1) un déficit en matière de recherche appliquée et de taxonomie (*Linnean Shortfall)* ; 2) une faiblesse en matière de coopération régionale et d'échange d'expertises et 3) l'insuffisance et l'inadaptation de certains plans de conservation (Chenouf 2012).

III-3- La recherche scientifique en soutien à l'expertise environnementale

Ma thèse s'inscrit dans un projet de collaboration entre un laboratoire de recherche (CEFE) et le bureau d'étude Naturalia Environnement qui mène des expertises sur la faune et la flore, dans l'optique d'intégrer au mieux les enjeux de la biodiversité dans les projets d'aménagements. En dehors de la France, Naturalia travaille en Afrique du Nord et vise à renforcer sa présence dans les pays du Maghreb, en particulier l'Algérie. Durant les missions effectuées en Algérie, les experts de cette entreprise ont fait face à une difficulté majeure qui est l'absence de référentiel taxonomique et d'information sur la distribution de la biodiversité à l'échelle du pays. L'ingénierie repose essentiellement sur des travaux scientifiques, largement lacunaires dans ce pays. Ainsi l'expertise du bureau d'études se retrouve fortement biaisée par ce manque de données. L'engagement de Naturalia dans une collaboration avec un laboratoire de recherche (Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, CEFE-CNRS), qui est l'un des plus compétents sur la biodiversité des vertébrés du Maghreb, apportera à l'entreprise un encadrement scientifique indispensable à ses différentes expertises (maitrises des modèles prédictifs, SIG, taxonomie, gestion de bases de données, rédaction scientifique) pour le développement de ses activités dans le cadre de la recherche et développement (R&D). C'est dans ce cadre-là que la thèse propose notamment la production d'un référentiel taxonomique des reptiles et amphibiens d'Algérie.

III-4- Pourquoi les reptiles et amphibiens ?

Le choix des reptiles et amphibiens pour étudier l'impact des lacunes de connaissances de la biodiversité *(biodiversity shortfalls)* sur la conservation et l'expertise se justifie par le fait que ces vertébrés sont particulièrement pertinents comme indicateurs de la biodiversité pour plusieurs raisons. 1) Ils ont une faible capacité de dispersion, ce qui les rend particulièrement vulnérables aux changements du milieu. Ainsi, les amphibiens représentent le groupe le plus menacé dans le monde (Collins & Storfer 2003; Wake & Vredenburg 2008; Butchart et al. 2010). De plus, les amphibiens et les reptiles devraient être particulièrement sensibles aux changements climatiques en raison de leur ectothermie (Sinervo et al. 2010; Araújo et al. 2006). 2) Malgré un déficit criant de connaissance de base en taxonomie, et donc un besoin d'études en phylogénie et phylogéographie, l'Algérie est le pays qui compte le plus d'espèces de reptiles (99) dans tous le pourtour méditerranéen, particulièrement dans les Haut Plateaux semi-arides, le nord-est méditerranéen, le nord du Sahara et les montagnes du Hoggar (Cox

et al. 2006), régions qui sont par ailleurs particulièrement fragiles. 3) L'étendue de l'Algérie, la difficulté d'accès aux régions Sahariennes et le manque de coopération internationale sont à l'origine de l'existence de peu de données sur tous les groupes faunistiques. Cependant, nous possédons déjà une banque de données sur les reptiles et amphibiens d'Algérie et une collection de spécimens et de tissus de reptiles et amphibiens au CEFE, ce qui offre une base pour commencer des études de phylogéographie ou d'analyse des patrons géographique de diversité, contrairement aux autres taxons pour lesquels la situation ne permet même pas d'entamer une étude à l'échelle du pays.

III-5- Objectifs de la thèse et organisation du manuscrit

Le cadre général de ma thèse est l'évaluation de la biodiversité des reptiles et des amphibiens et de sa distribution en Algérie. Etant donné que l'Algérie est un cas d'école en matière de manque de connaissances sur la diversité du vivant, j'ai jugé important d'orienter ma thèse vers deux directions : 1- la création des données de bases sur les reptiles et amphibiens afin de combler les grandes lacunes de connaissances. 2- l'évaluation des lacunes de connaissance sur la biodiversité, ce qui dans le contexte algérien me semble plus pertinent que d'essayer d'analyser les patrons de diversité dans un but de conservation à l'échelle nationale.

De ces deux axes principaux sont nées les questions scientifiques suivantes :

1 – Quelles sont les espèces de reptiles et d'amphibiens qui existent en Algérie, quelle est leur distribution et leurs statuts de conservation ?

2 – Quelles sont les zones lacunaires en connaissances, c'est-à-dire celles qui présentent le moins de données par rapport à la richesse spécifiques attendue ?

3 – Est-ce que la taxonomie actuelle rend compte de la diversité des reptiles et amphibien ou bien la diversité cachée est accentuée faute d'étude de phylogéographies comparatives ?

Dans ma thèse, je consacre un chapitre à chacune de ces questions. Le premier chapitre sera une contribution à la connaissance de la diversité des reptiles et amphibiens d'Algérie, j'y présenterai la première checklist des reptiles et amphibiens d'Algérie, des cartes de distribution de quelques espèces ainsi qu'une première liste rouge nationale. Ce premier chapitre est une contribution à la production des données de distribution et une évaluation taxonomique des reptiles et amphibiens d'Algérie. Ce chapitre est donc une contribution à la réduction des shortfalls Linnnéens et wallacéens.

Le deuxième chapitre portera sur l'évaluation du shortfall wallacéen. J'y présenterai une analyse des lacunes de connaissances de distributions des espèces (*Gap analysis of knowledge*) avec différentes approches pour comparer les richesses spécifiques attendue et observée.

Enfin, dans le troisième chapitre j'ai réalisé une phylogéographie comparée des reptiles et amphibiens d'Algérie. Le but de ce chapitre est d'étudier la distribution des lignées

génétiques des reptiles et amphibiens du Maghreb en générale et de l'Algérie en particulier. Jusque-là, les phylogéographies menées au Maghreb ont montré des patrons qui se répètent chez plusieurs espèces à savoir une divergence entre les populations de l'est en Tunisie et celles du Maroc (voir les références dans le chapitre 3). Seulement, faute d'échantillonnage serré en Algérie, certaines questions restent sans réponses : est-ce que cette divergence est-ouest observée est un artéfact aux grandes lacunes d'échantillonnage en Algérie ou correspond bien à des lignées profondes qui se rencontrent quelques part en Algérie ? S'il s'agit de lignées profondes, quelle est leur distribution et où sont les zones de contact entre ces lignées ? Enfin, si la présence de lignées est-ouest est un cas général, on doit comprendre le mécanisme qui en est à l'origine.

Ce manuscrit se terminera par une discussion générale sous forme de synthèse des différentes parties où j'aborderai les limites des méthodes utilisées, la pertinence des résultats obtenus, des recommandations pour la recherche future en biodiversité en Algérie et dans les pays qui souffrent du manque de données.

Chapitre I

Diversité taxonomique et liste rouge des reptiles et amphibiens d'Algérie

I- Introduction

Identifier les zones prioritaires pour la conservation est essentiel pour établir des politiques de conservation appropriées à l'échelle d'un pays ou d'une région biogéographique donné. En raison de la limitation des ressources financières notamment, il n'est en effet pas possible de fournir le même effort de conservation sur l'ensemble de la planète ou d'un pays. Ainsi, prioriser des endroits qui méritent plus d'attention devient une nécessité (Margules et al. 2002; Bonn & Gaston 2005). Quels que soient les critères retenus pour désigner les zones prioritaires pour la conservation (degré de menace, originalité, taux d'endémisme, Le Saout et al. 2013; Brooks et al. 2006), la connaissance de la richesse spécifique et de sa distribution est fondamentale. L'espèce reste en effet l'unité de base en matière de la conservation malgré l'existence d'approches basées sur d'autres niveaux de diversité : écosystèmes (Keith et al. 2015) ou lignées génétiques (Moritz 1994) par exemple.

La prise en compte de l'espèce comme unité de base découle aussi des impératifs de législation. En effet, il n'est pas facile d'envisager d'autres listes que les listes d'espèces protégées nationalement, les convention internationales (CITES, RAMSAR..) et aussi les listes rouges globales ou régionales (Mace 2004). Il est à noter que les sous espèces peuvent également faire l'objet d'évaluation selon les critères de l'UICN.

L'Algérie, un cas d'école en matière des *biodiversity shortfalls,* manque toujours de checklists d'espèces pour tous les taxons confondus. La liste la plus récente des oiseaux d'Algérie date de 2000 (Isenmann & Moali 2000) et celle des plantes de 1962 (Quézel & Santa 1962) ! Quant aux reptiles, l'ouvrage complet dédié à l'Algérie le plus récent date de 1901(Doumergue 1901) ! On peut toutefois citer le travail de l'évaluation des reptiles et amphibiens des pays méditerranéens de Cox et al. (2006) où figure la liste des reptiles et amphibiens de chaque pays.

Malgré ce déficit criant de connaissances de la biodiversité en Algérie, il existe une législation pour la protection des espèces : l'ordonnance n°2006-05 du 15 Juillet 2006 relative à la protection d'espèces animales menacées de disparition et le décret exécutif n° 12-235 du 24 mai 2012 fixant la liste des espèces animales non domestiques protégées. Cependant ces listes ont été établies à dire d'expert car à ce moment, il n'y avait pas d'évaluation de l'état de conservation des espèces, ni de liste rouge nationale pour aucun groupe faunistique.

I-1 Objectifs

Le but de ce chapitre est de contribuer à la réduction des déficits de connaissance Linnéen et Wallacéen en proposant la première liste des amphibiens et reptiles d'Algérie, de faire un point sur les connaissances de la distribution des reptiles et amphibiens en Algérie, et de

proposer une première évaluation des statuts de conservation (liste rouge) selon les critères de l'UICN à l'échelle nationale.

I-2 Historique et état des connaissances sur les reptiles et amphibiens d'Algérie

Les premières explorations naturalistes en Algérie remontent au 18ème siècle, on peut trouver des ouvrages monographiques qui listent les animaux d'Algérie à l'instar du livre de Thomas Shaw (1738) « *Travels, or, observations relating to several parts of Barbary and the Levant* » qui cite quelques espèces de reptiles avec leurs noms vernaculaires uniquement et sans précision géographique. Carl von Linné décrit dans son ouvrage « Systema naturae » (Linnaeus 1758) quelques espèces de reptiles d'Algérie. Toujours au 18ème siècle, on peut citer le rapport de voyage de l'abbé Poiret (Poiret 1789) où figure une liste d'amphibiens et reptiles d'Algérie.

A partir de l'occupation française de l'Algérie en 1830, les expéditions scientifiques sur plusieurs domaines sont devenues nombreuses. Des scientifiques ont organisé des expéditions, et publié des ouvrages monographiques sur l'Algérie dont plusieurs ont consacré des chapitres sur la faune et la flore comme le grand ouvrage de Bertrand et al. (1850) où Guichenot a présenté un catalogue détaillé des reptiles d'Algérie « *Exploration Scientifique de l'Algérie; Reptiles et poissons»* ainsi que la description de nouvelles espèces comme *Macroprotodon mauritanicus* ou *Stenodactylus mauritanicus.* Pendant ces expéditions, les explorateurs ont collecté une grande quantité de spécimens et rapporté des observations de reptiles et amphibiens (parmi la faune et la flore en général). On trouve aujourd'hui un nombre important de spécimens de reptiles et amphibiens d'Algérie dans différents muséums d'Europe et des Etats-Unis. On peut trouver un bon nombre de données publiées dans ces récits de voyages comme celui de Henry Baker Tristram « *The great sahara : wanderings sout of the Atlas mountains* » (Tristram 1860) dont les spécimens collectés ont fait l'objet d'un article « *On the reptiles and fishes collected by rev. H.B. Tristram in Northern Africa »* publié par Günther (1859). D'autres ouvrages ont utilisé les spécimens déposés dans les muséums européens comme Duméril et al. (1834). En 1862, après une longue expédition dans le Nord de l'Algérie, Alexander Strauch a publié un ouvrage de référence « *Essai d'une Erpetologie de L'Algérie »* où il listait déjà 56 espèces (Strauch 1862). Un grand nombre de spécimens collectés par Strauch ont été déposés au muséum de zoologie de Saint Pétersbourg. En 1867, Lallemant publia un ouvrage qui synthétise les travaux des autres auteurs (Günther, Tristam…etc) : *« Erpétologie de l'Algérie ou catalogue synoptique et analytique des reptiles et amphibiens de la colonie ».*

Fernand Lataste parcourut lui-même l'Algérie de 1880 à 1888 et publia quelques articles de descriptions d'espèces de reptiles, mais arrêta ses recherches dans le Maghreb et céda ses notes et spécimens au zoologue du muséum de Londres George Albert Boulenger qui publia

en 1891 sous forme d'article un *Catalogue of the Reptiles and Batrachians of Barbary (Morocco, Algeria, Tunisia), based chiefly upon the Notes and Collections made in 1880-1884 by M.* Fernand Lataste » (Boulenger 1891) et inventoria 62 espèces de reptiles et 10 amphibiens !

A la fin du 19ème, Ernest Olivier a publié un catalogue des reptiles et amphibiens de l'Algérie : «*Herpétologie algérienne ou catalogue raisonné des reptiles et des batraciens observés jusqu'à ce jour en Algérie.* » (Olivier 1894) et un autre consacré aux serpents en 1899 « *Les Serpents du Nord de l'Afrique »* (Olivier 1899). Pendant cette période, François Doumergue publia plusieurs articles sur les reptiles d'Algérie et en 1901, il publia une synthèse de ses travaux sur les reptiles d'Algérie sous forme de livre *« Essai sur la faune erpétologique de l'Oranie »* (Doumergue 1901). Dans cet ouvrage de référence, Doumergue recense un grand nombre d'espèces du Maghreb et y décrit quelques espèces et sous-espèces et donne une monographie très détaillée de chaque espèce avec de bonnes précisions géographiques sur leur distribution.

Le début du 20ème siècle a connu un ralentissement des ouvrages naturalistes de synthèse. Un livre sur l'ensemble de la faune d'Algérie a été néanmoins publié en 1930 (Seurat 1930). A partir de 1930, l'ethnologue Henry Lhote a pu collecter un bon nombre de spécimens dans le sud de l'Algérie qui ont servi ultérieurement aux travaux de révisions systématiques publiés dans la seconde moitié du 20ème siècle, notamment la révision des Gekkonidae par Loveridge (1947) et le travail de Pasteur & Bons (1960) sur plusieurs Lacertidae du Maghreb. Quelques travaux ont été également publiés sur des inventaires géographiquement retreints à des provinces comme l'article de Llabador (1947) sur les reptiles de Ghazaouet (Nemours à l'époque) ou celui de Bellairs & Shute (1954) sur des observations de reptiles dans la baie de Bejaia.

Dans les années 1960, on note quelques travaux focalisés sur la faune saharienne, en particulier son écophysiologie. Les auteurs de ces travaux ont contribué aux inventaires des reptiles du Sahara : (Vernet & Grenot 1972a; Grenot & Vernet 1973; Grenot & Vernet 1973b). Les travaux de René Gauthier sur l'écologie et l'éthologie des reptiles du Sahara qui a séjourné à Béni Abbès dans l'Erg Occidental et qui a publié plusieurs articles dont *« Ecologie et Ethologie des reptiles du Sahara Nord-Occidental* (Gauthier 1967a) *»* et «*La faune herpétologique du Sahara Nord-Occidental algérien. Additions et mises à jour* » (Gauthier 1967b).

Malgré l'indépendance de l'Algérie et l'ouverture de plusieurs universités, l'étude des reptiles est restée marginalisée en Algérie, de même que les démarches d'atlas de distribution, et ce pour tous les groupes faunistiques. Pour un inventaire complet dans une grande province il a fallu attendre les travaux de Laurent Chirio qui a habité dans la région des Aurès et qui a étudié la distribution des reptiles et amphibiens de la région dans le cadre d'un Diplôme de

l'école Pratique des Hautes Etudes de Montpellier. Il a présenté son mémoire en 1995 (Chirio 1995) et a publié un article en 1997 sur le même sujet (Chirio & Blanc 1997). .

Pendant les années 90, l'Algérie a vécu une période d'insécurité suite aux conflits politiques et le travail de terrain s'est nettement arrêté durant cette période. A partir des années 2000, avec le boom des études de systématique moléculaire, plusieurs des chercheurs européens se sont intéressé à l'Afrique du Nord (Carranza et al. 2004; Carranza & Wade 2004; Perera & Harris 2010; Paulo et al. 2008; Carretero et al. 2009) et plus récemment (Ben Hassine et al. 2016; Escoriza & Hassine 2015; Nicolas et al. 2015) Ces études ont quasiment toutes un point commun : la présence de grandes lacune d'échantillonnage en Algérie.

Pendant les années 2000 les premières contributions d'auteurs algériens ont finalement vu le jour comme les travaux de Rouag & Benyacoub (2006) sur les reptiles du Parc National d'El Kala, de (Larbes et al. 2007) présenté au premier congrès méditerranéen d'herpétologie à Marrakech, (Samraoui, B. & De Belair 1997; Samraoui et al. 2012) sur les amphibiens des zones humides du Nord-Est. On peut citer quelques travaux d'inventaires effectués çà et là comme la contribution de Chenchouni (2012) sur les vertébrés du Lac Ayata au Sahara oriental, de Mouane et al. (2013) sur l'erg oriental et de Larabi et al. (2015) sur les vertébrés de la région septentrionale. A l'exception de ces contributions, on note quelques articles sur l'écologie des espèces ou leurs régimes alimentaires ou leurs parasites (Rouag et al. 2007; Bouslama et al. 2009; Bouam et al. 2016; Mamou et al. 2016).

On peut aussi citer les travaux non publiés dans les revues internationales mais uniquement sous forme de mémoires ou thèses pas très accessibles avec des moteurs de recherche sur internet (Rabah 2011; Targa 2013; Laoufi 2011). La plupart de ces mémoires sont très difficilement exploitables pour un atlas vu que les localités n'y sont donné parfois que de manière très vague mais aussi à cause des nombreuses fautes liées aux mauvaises identifications des espèces.

La dynamique de collaboration des chercheurs algériens avec leurs collègues étrangers est toujours insuffisante mais plusieurs collaborations ont abouti à des publications (Fonseca et al. 2008; Lima et al. 2009; Brito et al. 2007; Giménez et al. 2012; Anadón et al. 2015…). La première phylogéographie d'amphibiens dont le premier auteur est algérien a été publiée qu'en 2016 (Merabet et al. 2016).

Enfin quelques notes sur des présences de reptiles ont été publiées ces deux dernières années comme la redécouverte *d'Acanthodactylus spinicauda* observé la première fois depuis sa description par Doumergue (Dellaoui et al. 2015) et les notes sur les données de distribution *d'Agama impalearis* (Saoudi et al. 2017) et de *Timon pater* (Bouam et al. 2017).

Il existe actuellement un projet d'atlas des reptiles et amphibiens d'Algérie. Dans le cadre de la réalisation de cet atlas, José Matéo a effectué plusieurs missions de prospection en Algérie accompagné d'n groupe de Naturalistes espagnols dans les années 1980 et début des années 1990. A partir de 2004, Olivier Peyre a effectué plusieurs missions en Algérie surtout dans l'ouest du pays. J'ai enfin participé au travail de terrain avec deux missions en 2013, un séjour de 100 jours cumulé en 2014 et de deux mois en 2015.

II- Méthodes

II-1- Origine des données de distribution

Nous avons élaboré une base de données la plus complète possible sur la distribution des reptiles et amphibiens en Algérie alimentée par les données de littérature, les collections de muséums visités (Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, Londres et Budapest), ou par consultation de leur catalogue en ligne comme : Field Museum of Natural History, Chicago ; The Musuem of Vertberate Zoology at Berkeley ; California Academy of science CAS ; Muséum d'Histoire Naturelle de Vienne MNHW ; Et plusieurs données de muséum ont été récupérées à travers la plateforme du Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (https://www.gbif.org/. La base de données a été également alimentée avec des données récoltées sur le terrain par moi-même, Olivier Peyre, José Matéo Antonio Miras, Pierre-André Crochet. Enfin, quelques données participatives ont été intégrées dans la base de données. Ces donnée participatives sont soit partagées par d'autres auteurs qui ont collecté des données en Algérie et les ont publiés ou pas, ou bien des données citoyenne via les réseaux sociaux et les sites spécialisés pour la saisie de données naturalistes Observado.org et INaturalist.org.

II-2- Vérification et validation des données

Les données de distribution de chaque espèce ont été projetées sous SIG (ArcMap 10.4) pour vérifier les données douteuses. Toutes les données marginales (situées sur le bord de l'aire de distribution) et les données aberrantes qui s'écartent de la majorité des points de présence ont été vérifiées une par une avant d'être validées par la présence de preuves irréfutables (photos, spécimens, données moléculaires), faute de quoi elles ont été retirées du jeu de données d'analyses.

II-3- Validation de la checklist taxonomique

La liste des espèces de reptiles et amphibiens d'Algérie (référentiel taxonomique) a été établie avec P. Geniez et P.-A. Crochet sur la base des listes déjà existantes (listes mondiales et régionales, monographies sur des groupes particuliers) et ajustée par une analyse critique des travaux de systématique, phylogénie et phylogéographie publiés récemment. Dans la

mesure du possible nous avons évité de tenir compte des données non publiées dont nous disposons, nous conformant ainsi aux recommandations de l'UICN. Pour plusieurs espèces, notamment de Lacertidae (genre *Mesalina*, groupe d'*Acanthodactylus erythrurus* & *blanci*) mais aussi de Gekkonidae (*Tarentola mauritanica*, *Ptyodactylus oudrii*, …) les données génétiques disponibles, publiées ou non, indiquent la présence de plusieurs espèces non encore reconnues ou décrites au sein des espèces actuellement retenues.

II-4- Evaluation des statuts UICN

L'évaluation de chaque espèce a suivi les lignes directrices de l'UICN disponibles sur internet : (http://www.iucnredlist.org/static/categories_criteria_3_1), en tenant compte des spécificités des évaluations aux échelles régionale et nationale en appliquant lignes directrices pour l'application des critères de la liste rouge de l'UICN aux niveaux régional et national (http://s3.amazonaws.com/iucnredlist-newcms/staging/public/attachments/3102/reg_guidelines_fr.pdf). Voir tableau en Annexe 1 qui résume les critères IUCN.

Toutes les évaluations ont été faites au niveau taxonomique de l'espèce à l'exception des sous-espèces d'*Uromastyx dispar flavifasciata* et *U. d. maliensis* parce qu'elles occupent des aires de répartition très différentes.

III-Résultats

III-1- Liste taxonomique

Suivant la systématique actuelle, on compte 12 espèces d'amphibiens et 100 espèces de reptiles non éteintes, dont 4 tortues marines qui ne se reproduisent pas en Algérie. La liste des espèces et les références originales (autorités) sont inscrites dans le tableau 1.

Tableau 1 : Liste taxonomique des reptiles et amphibiens d'Algérie

Ordre	Famille	Taxon	Autorité
Anura	Alytidae	*Alytes maurus*	(Pasteur & Bons 1962)
Anura	Bufonidae	*Barbarophryne brongersmai*	(Hoogmoed 1972)
Anura	Bufonidae	*Pelophylax saharicus*	(Scortecci 1913)
Anura	Bufonidae	*Sclerophrys mauritanica*	(Schlegel 1841)
Anura	Bufonidae	*Sclerophrys xeros*	(Tandy 1976)
Anura	Discoglossidae	*Discoglossus pictus*	(Otth 1837)
Anura	Hylidae	*Hyla meridionalis*	(Böttger 1874)
Anura	Bufonidae	*Bufo bufo*	(Linné 1758)
Anura	Bufonidae	*Bufotes boulengeri*	(Lataste 1879)
Caudata	Salamandridae	*Pleurodeles nebulosus*	(Guichenot 1850)
Caudata	Salamandridae	*Pleurodeles poireti**	(Gervais 1835)
Caudata	Salamandridae	*Salamandra algira**	(Bedriaga 1883)
Crocodilia	Crocodylidae	*Crocodylus suchus*	(Saint-Hilaire 1807)

Squamata	Agamidae	*Agama impalearis*	(Duméril & Duméril 1851)
Squamata	Agamidae	*Agama tassiliensis*	(Geniez 2011)
Squamata	Agamidae	*Trapelus asperus*	(Wagner 2011)
Squamata	Agamidae	*Trapelus boehmei*	(Wagner 2011)
Squamata	Agamidae	*Trapelus tournevillei*	(Lataste 1880)
Squamata	Agamidae	*Uromastyx acanthinura*	(Bell 1925)
Squamata	Agamidae	*Uromastyx alfredschmidti*	(Wilms & Böhme 2001)
Squamata	Agamidae	*Uromastyx dispar flavifasciata*	(Mertens 1962)
Squamata	Agamidae	*Uromastyx dispar maliensis*	(Joger & Lambert 1996)
Squamata	Agamidae	*Uromastyx geyri*	(Müller 1922)
Squamata	Agamidae	*Uromastyx nigriventris*	(Rothschild & Hartert 1912)
Squamata	Angidae	*Hyalosaurus koellikeri*	(Günther 1873)
Squamata	Boidae	*Eryx jaculus*	(Linné 1758)
Squamata	Colubridae	*Coronella girondica*	(Daudin 1803)
Squamata	Colubridae	*Hemorrhois algirus*	(Jan 1863)
Squamata	Colubridae	*Hemorrhois hippocrepis*	(Linné 1758)
Squamata	Colubridae	*Lytorhynchus diadema*	(Dumeril 1854)
Squamata	Colubridae	*Macroprotodon abubakeri*	(Wade 2001)
Squamata	Colubridae	*Macroprotodon brevis*	(Günther 1862)
Squamata	Colubridae	*Macroprotodon mauritanicus*	(Guichenot 1850)
Squamata	Colubridae	*Natrix astreptophora*	(Seoane 1884)
Squamata	Colubridae	*Platyceps tessellatus*	(Werner 1910)
Squamata	Colubridae	*Spalerosophis diadema*	(Schlegel 1837)
Squamata	Colubridae	*Spalerosophis dolichospilus*	(Werner 1923)
Squamata	Colubridae	*Telescopus obtusus*	(Reuss 1833)
Squamata	Colubridae	*Telescopus tripolitanus*	(Werner 1909)
Squamata	Elapidae	*Naja haje**	(Linné 1758)
Squamata	Gekkonidae	*Hemidactylus turcicus*	(Linné 1758)
Squamata	Gekkonidae	*Stenodactylus mauritanicus*	(Guichenot 1850)
Squamata	Gekkonidae	*Stenodactylus petrii*	(Anderson 1896)
Squamata	Gekkonidae	*Stenodactylus sthenodactylus*	(Lichtenstein 1823)
Squamata	Gekkonidae	*Tropiocolotes algericus*	(Arthur Loveridge 1947)
Squamata	Gekkonidae	*Tropiocolotes steudneri*	(Peters 1869)
Squamata	Gekkonidae	*Tropiocolotes tripolitanus*	(Peters 1880)
Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus bedriagai*	(Lataste 1880)
Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus blanci*	(Doumergue 1901)
Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus boskianus*	(Daudin 1802)
Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus dumerilii*	(Lataste 1885)
Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus erythrurus*	(Gray 1838)
Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus longipes*	(Boulenger 1918)
Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus maculatus*	(Gray 1838)
Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus savignyi*	(Doumergue 1901)
Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus scutellatus*	(Audouin 1827)
Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus spinicauda*	(Doumergue 1901)
Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus taghitensis*	(Geniez & Foucart 1995)

Squamata	Lacertidae	*Mesalina guttulata*	(Schweigger 1812)
Squamata	Lacertidae	*Mesalina olivieri*	(Audouin 1827)
Squamata	Lacertidae	*Mesalina pasteuri*	(Bons 1960)
Squamata	Lacertidae	*Mesalina rubropunctata*	(Lichtenstein 1823)
Squamata	Lacertidae	*Ophisops occidentalis*	(Boulenger 1887)
Squamata	Lacertidae	*Philochortus zolii*	(Scortecci 1934)
Squamata	Lacertidae	*Podarcis vaucheri*	(Boulenger 1905)
Squamata	Lacertidae	*Psammodromus algirus*	(Linné 1758)
Squamata	Lacertidae	*Scelarcis perspicillata*	(Duméril 1839)
Squamata	Lacertidae	*Timon pater*	(Lataste 1880)
Squamata	Lacertidae	*Timon tangitanus*	(Boulenger 1889)
Squamata	Lamprophiidae	*Malpolon insignitus*	(G. Saint-Hilaire 1827 in Savigny 1827)
Squamata	Lamprophiidae	*Malpolon monspessulanus*	(Hermann & Hammer 1804)
Squamata	Lamprophiidae	*Psammophis schokari*	(Forsskål & Niebuhr 1775)
Squamata	Lamprophiidae	*Rhagerhis moilensis*	(Reuss 1833)
Squamata	Leptotyphlopidae	*Myriopholis algeriensis*	(Jacquet 1896)
Squamata	Natricidae	*Natrix maura*	(Linné 1758)
Squamata	Phyllodactylidae	*Ptyodactylus oudrii*	(Lataste 1880)
Squamata	Phyllodactylidae	*Ptyodactylus togoensis*	
Squamata	Phyllodactylidae	*Tarentola annularis*	(Saint-hilaire 1827 in Savigny 1827)
Squamata	Phyllodactylidae	*Tarentola deserti*	(Boulenger 1891)
Squamata	Phyllodactylidae	*Tarentola hoggarensis*	(Werner 1937)
Squamata	Phyllodactylidae	*Tarentola mauritanica*	(Linné 1758)
Squamata	Phyllodactylidae	*Tarentola neglecta*	(Strauch 1887)
Squamata	Scincidae	*Eumeces algeriensis algeriensis*	(Peters 1864)
Squamata	Scincidae	*Eumeces algeriensis meridionalis*	(Doumergue 1901)
Squamata	Scincidae	*Heremites vittatus*	(Olivier 1807)
Squamata	Scincidae	*Scincopus fasciatus*	(Peters 1864)
Squamata	Scincidae	*Scincus albifasciatus*	(Boulenger 1890)
Squamata	Scincidae	*Scincus scincus*	(Linné 1758)
Squamata	Scincidae	*Trachylepis quinquetaeniata*	(Lichtenstein 1823)
Squamata	Sphaerodactylidae	*Saurodactylus mauritanicus*	(Duméril 1836)
Squamata	Trogonophiidae	*Trogonophis wiegmanni*	(Kaup 1830)
Squamata	Varanidae	*Varanus griseus*	(Daudin 1803)
Squamata	Viperidae	*Bitis arietans*	(Merrem 1820)
Squamata	viperidae	*Cerastes cerastes*	(Linné 1758)
Squamata	viperidae	*Cerastes vipera*	(Linné 1758)
Squamata	Viperidae	*Echis pyramidum*	(G. Saint-Hilaire 1827)
Squamata	Viperidae	*Macrovipera lebetina*	(Linné 1758)
Squamata	Viperidae	*Vipera latastei*	(Boscá 1878)
Squamata	Chamaeleonidae	*Chamaeleo chamaeleon*	(Linné 1758)
Squamata	*Scincidae*	*Chalcides chalcides*	(Linné 1758)
Squamata	*Scincidae*	*Chalcides delislei*	(Anderson 1892)
Squamata	*Scincidae*	*Chalcides mauritanicus*	(Duméril & Bibron 1839)
Squamata	*Scincidae*	*Chalcides mertensi*	(Klausewitz 1954)

Squamata	*Scincidae*	*Chalcides ocellatus*	(Forsskål & Niebuhr 1775)
Squamata	*Scincidae*	*Chalcides parallelus*	(Doumergue 1901)
Squamata	Sincidae	*Chalcides boulengeri*	(Anderson 1892)
Squamata	Viperidae	*Daboia mauritanica*	(Duméril 1844)
Testudines	Cheloniidae	*Caretta caretta*	(Linné 1758)
Testudines	Cheloniidae	*Lepidochelys kempii*	(Garaman 1880)
Testudines	Dermochelyidae	*Dermochelys coriacea*	(Vandellius 1761)
Testudines	Emydidae	*Emys orbicularis*	(Linné 1758)
Testudines	Geoemydidae	*Mauremys leprosa*	(Harris & Perera 2009)
Testudines	Testudinidae	*Testudo graeca*	(Linné 1758)

III-2- Les statuts de conservation

Deux espèces ont été classées dans la catégorie En Danger (EN, Tableau 2.) : *A. savigyni* (Figure 1) et *C. mauritanicus* (Figure 2).

Acanthodactylus savignyi est une espèce endémique d'Algérie. Elle est classée dans la catégorie quasi menacée (NT) à l'échelle mondiale (Cox et al. 2006). Après vérification des mentions marginales au littoral algérois et encore plus à l'est et avec les récentes missions que j'ai effectuées sur le terrain ainsi que celles d'Olivier Peyre, l'aire de distribution d'*A. savignyi* a été restreinte aux plages dunaires des Wilayas de Mostaganem, Oran et Ain T'émouchent alors que lors de l'évaluation à l'échelle mondiale, on considérait que la répartition de cette espèce atteignait le littoral de Bejaia (voir la fiche d'évaluation sur le site de lUICN : http://www.iucnredlist.org/details/61461/0).

Par ailleurs, malgré une aire de distribution qui s'étend sur plus de 250 km de littoral, *A. savignyi* est strictement inféodé aux plages dunaires, ce qui réduit son aire d'occurrence. Ce cordon dunaire subit une dégradation forte et continue (Ghodbani 2010; Ghodbani T & Bouziane 2015; Kacemi 2006). Cette espèce a été classée dans la catégorie EN car elle remplit les critères B1 (zone d'occurrence) < 5000 m2 avec une sévèrement fragmentée (critère B1a) et ses habitats favorables se rétrécissent drastiquement (critère B1b).

Chalcides mauritanicus est également classée dans la catégorie (EN) car elle remplit les mêmes critères *qu'A. savigyni* et partage les mêmes exigences écologique (plages dunaires). Cette espèce est également classée dans la catégorie EN à l'échelle globale.

En plus des espèces classées dans la catégorie en danger, une espèce est classée vulnérable (VU) : ***Acanthodactylus spinicauda*** (Figure 3). Cette espèce est classée à l'échelle globale dans la catégorie En Danger Critique (CR), car lors de l'évaluation de cette espèces, les experts ne disposaient que des données historique de Doumergue (1901) et l'espèce n'avait jamais été revues depuis. Elle a été redécouverte au cours des prospections

de terrain initiées dans le cadre du projet d'atlas en cours en mars 2015 (voir l'article à la fin de ce chapitre). Une autre observation a été effectuée à Brezina en avril 2015 (Walid Dahmani com. pers.). Par cette découverte, l'aire d'occurrence de l'espèce a été augmentée, ce qui explique qu'elle est remontée de la catégorie CR jusqu'à VU. Cette espèce reste cependant toujours mal connue et nécessite plus d'effort de recherche sur le terrain.

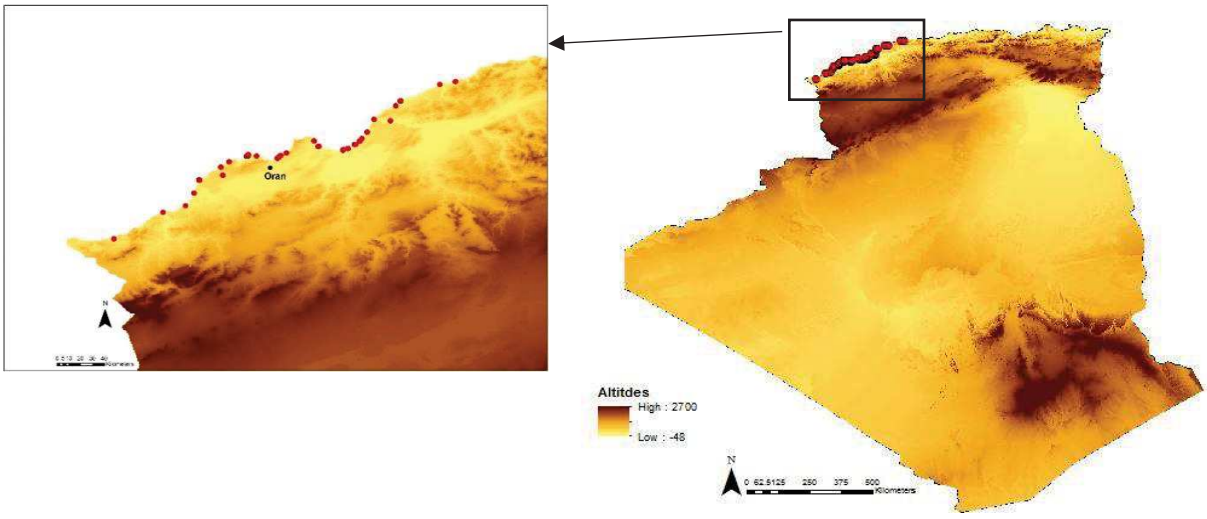


Figure 1 : Carte de répartition d'*Acanthodactylus savignyi* endémique du nord-ouest de l'Algérie.

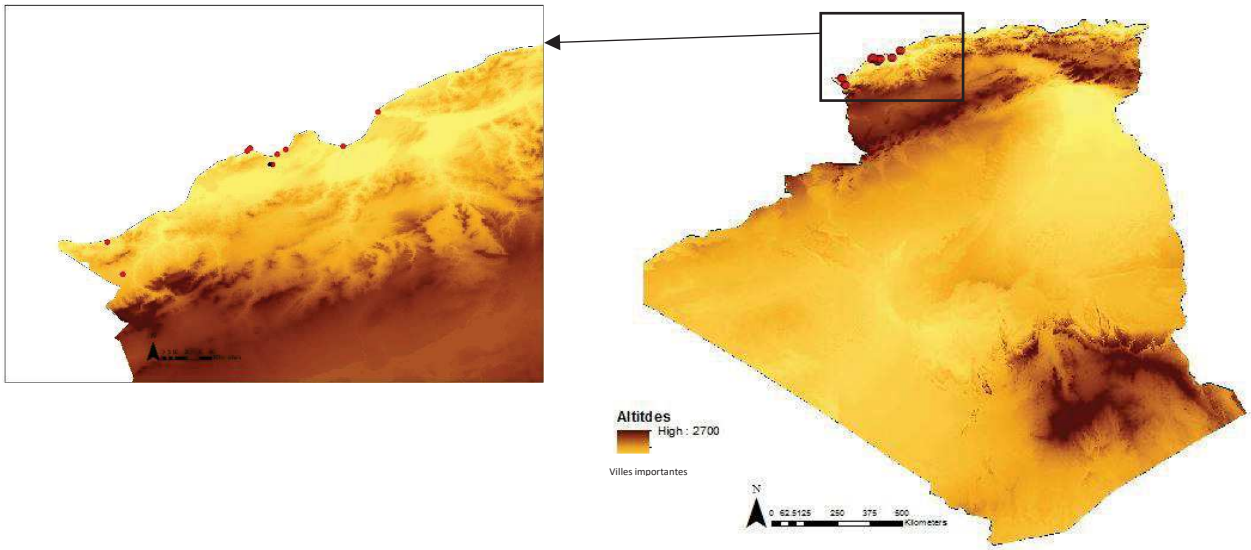


Figure 2 : Carte de répartition De *Chalcides mauritanicus*

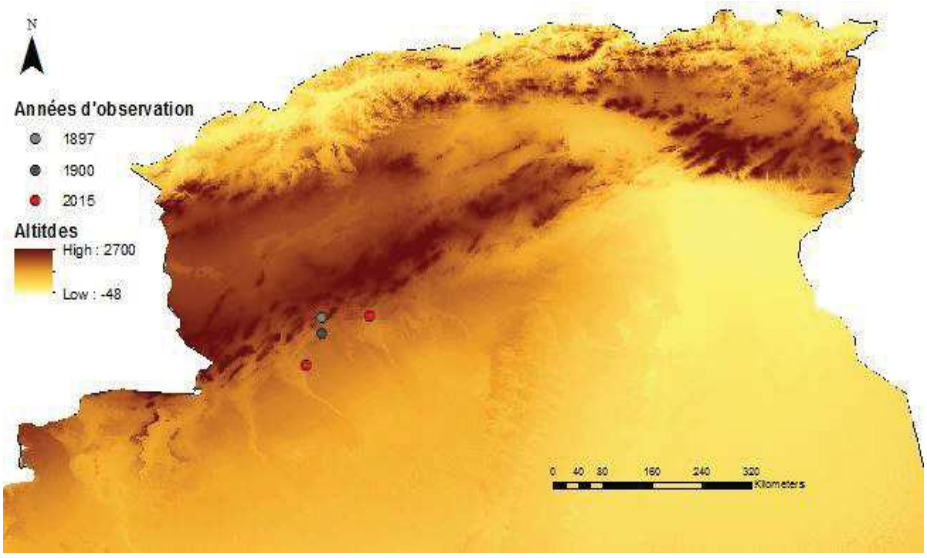


Figure 3 : Carte de répartition *d'Acanthodactylus spinicauda.* Avec les données historiques et modernes

Quatre espèces remplissent les critères pour la catégorie Quasi Menacée (NT) : ***Chalcides parallelus*** (Figure 4), ***Acanthodactylus bedriagai*** (Figure 5), ***Acanthodactylus blanci*** (Figure 6) et ***Timon tangitanus*** (Figure 7).

Chalcides parallelus a une distribution semblable à *Chalcides mauritanicus* mais on le retrouve toutefois loin du cordon dunaire notamment sur les îles. L'essentiel de sa répartition reste tout de même dans les plages et c'est pour cette raison qu'il a été classé dans la catégorie NT avec les mêmes critères qu'A. *Savignyi* et *C. mauritanicus* (B1a+b). Les trois autres espèces sont classées en Quasi menacées par car elles ne sont pas loin de remplir les critères A2c+3c+4c.

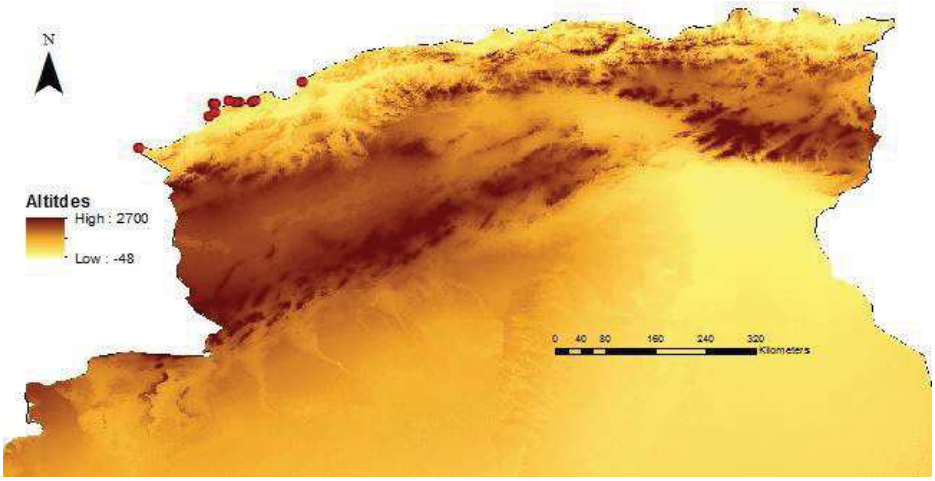


Figure 4 : Carte de répartition *Chalcides parallelus*

Acathodactylus bedriagae est inféodé aux zones steppiques même s'il a l'air de persister dans zones très dégradées (par exemple : Sebkhat Ezzemoul 35.8734° N 6.4974°E et le site antique de Zana 35.7783°N 6.0762°E). Cependant l'aire d'occurrence reste assez large et ne permet pas de le classer en vulnérable. La dégradation des habitats steppiques (Aidoud & Touffet 1996; Moulay et al. 2011; Nedjraoui & Bédrani 2008) est aussi le critère retenu pour classer *A. blanci* dans la catégorie NT.

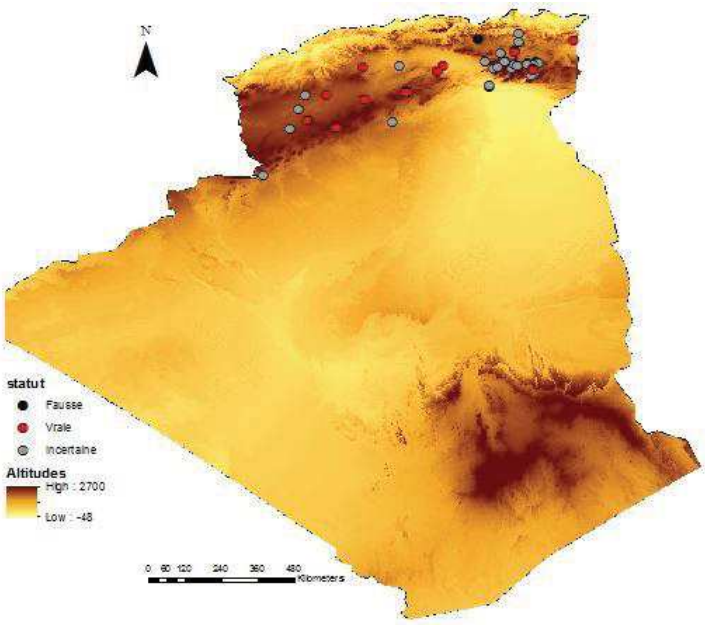


Figure 5 : Carte de répartition d'*Acanthodactylus bedriagae*

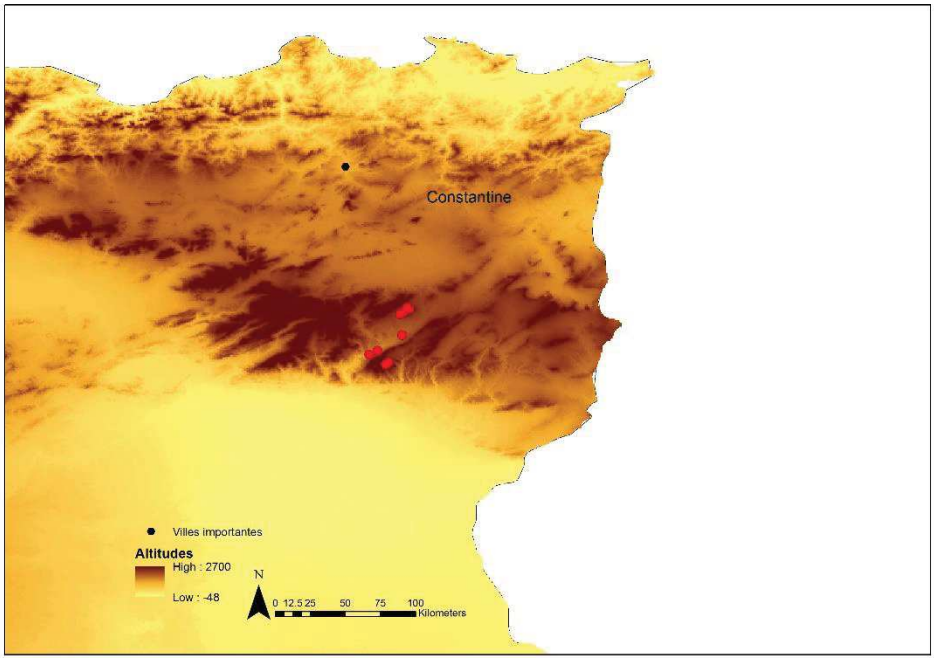


Figure 6 : Carte de répartition d'*Acanthodactylus blanci*

Enfin ***Timon tangitanus*** est rapportée pour la première fois d'Algérie au cours de ma thèse sur la base de donnés moléculaires (voir chapitre 3). Cette espèce n'a été trouvée en Algérie que dans les massifs boisés de l'Atlas Saharien, (massifs de Senalba à Djelfa, Stiten, El Bayadh…). Sa surface d'occurrence ne permet pas de le classer comme vulnérable mais nous savons que les chênaies vertes de l'Atlas Saharien sont fortement dégradées.

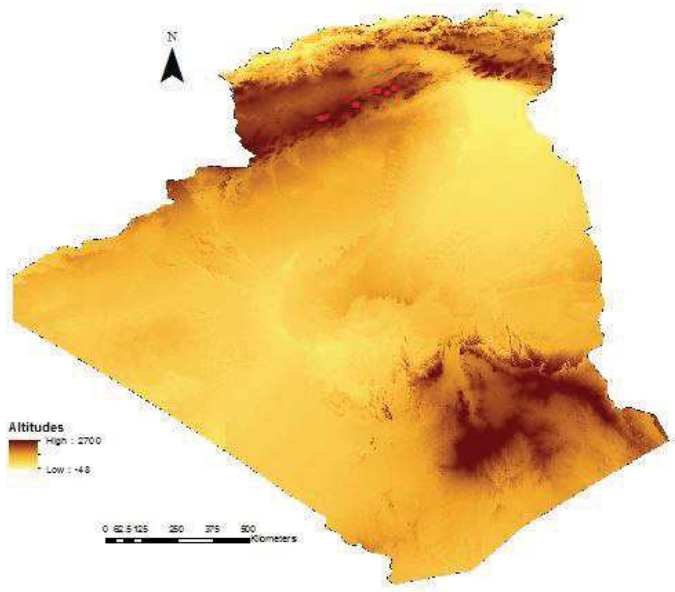


Figure 7 : Carte de répartition de *Timon tangitanus*

Tableau 2 : Statuts de conservation des reptiles et amphibiens d'Algérie et les critères retenus pour les catégories NT, VU, et EN.

	Ordre	Family	Genus species subspecies	Statut	Critères
1	Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus savignyi*	**Endangered (EN)**	B1a+b
2	Squamata	*Scincidae*	*Chalcides mauritanicus*	**Endangered (EN)**	B1a+b
3	Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus spinicauda*	**Vulnerable (VU)**	D2
4	Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus bedriagai*	**Near Threatened (NT)**	A2c+3c+4c
5	Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus blanci*	**Near Threatened (NT)**	A2c+3c+4c
6	Squamata	*Scincidae*	*Chalcides parallelus*	**Near Threatened (NT)**	B1a+b
7	Squamata	Lacertidae	*Timon tangitanus*	**Near Threatened (NT)**	A2c+3c+4c
8	Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus maculatus*	**DD**	-
9	Anura	Alytidae	*Alytes maurus*	**DD**	-
10			*Barbarophryne brongersmai*	**DD**	-
11	Ophidia	Viperidae	*Bitis arietans*	**DD**	-
12	Squamata	*Scincidae*	*Chalcides chalcides*	**DD**	-
13	Squamata	*Scincidae*	*Chalcides delislei*	**DD**	-
14	Squamata	Angidae	*Hyalosaurus koellikeri*	**DD**	-
15	Squamata	Viperidae	*Macrovipera lebetina*	**DD**	-
16	Squamata	Lacertidae	*Philochortus zolii*	**DD**	-

17	Squamata	Scincidae	*Scincopus fasciatus*	**DD**	-
18	Squamata	Gekkonidae	*Stenodactylus sthenodactylus*	**DD**	-
19	Squamata	Colubridae	*Telescopus obtusus*	**DD**	-
20	Squamata	Colubridae	*Telescopus tripolitanus*	**DD**	-
21	Squamata	Gekkonidae	*Tropiocolotes steudneri*	**DD**	-
22	Crocodilia	Crocodylidae	*Crocodylus suchus*	**EW**	-
23	Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus boskianus*	**Least Concern (LC)**	-
24	Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus dumerilii*	**Least Concern (LC)**	-
25	Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus erythrurus*	**Least Concern (LC)**	-
26	Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus longipes*	**Least Concern (LC)**	-
27	Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus scutellatus*	**Least Concern (LC)**	-
28	Squamata	Lacertidae	*Acanthodactylus taghitensis*	**Least Concern (LC)**	-
29	Squamata	Agamidae	*Agama impalearis*	**Least Concern (LC)**	-
30	Squamata	Agamidae	*Agama tassiliensis*	**Least Concern (LC)**	-
31	Anura	Bufonidae	*Bufo bufo*	**Least Concern (LC)**	-
32	Anura	Bufonidae	*Bufotes boulengeri*	**Least Concern (LC)**	-
33	Ophidia	viperidae	*Cerastes cerastes*	**Least Concern (LC)**	-
34	Ophidia	viperidae	*Cerastes vipera*	**Least Concern (LC)**	-
35	Squamata	Sincidae	*Chalcides boulengeri*	**Least Concern (LC)**	-
36	Squamata	*Scincidae*	*Chalcides mertensi*	**Least Concern (LC)**	-
37	Squamata	*Scincidae*	*Chalcides ocellatus*	**Least Concern (LC)**	-
38	Squamata	Chamaeleonidae	*Chamaeleo chamaeleon*	**Least Concern (LC)**	-
39	Ophidoa	Colubridae	*Coronella girondica*	**Least Concern (LC)**	-
40	Squamata	Viperidae	*Daboia mauritanica*	**Least Concern (LC)**	-
41	Anura	Discoglossidae	*Discoglossus pictus*	**Least Concern (LC)**	-
42	Squamata	Viperidae	*Echis pyramidum*	**Least Concern (LC)**	-
43	Testudines	Emydidae	*Emys orbicularis*	**Least Concern (LC)**	-
44	Squamata	Boidae	*Eryx jaculus*	**Least Concern (LC)**	-
45	Squamata	Scincidae	*Eumeces algeriensis algeriensis 'algeriensis*	**Least Concern (LC)**	-
46	Squamata	Scincidae	*Eumeces algeriensis meridionalis 'meridionalis*	**Least Concern (LC)**	-
47	Squamata	Gekkonidae	*Hemidactylus turcicus*	**Least Concern (LC)**	-
48	Squamata	Colubridae	*Hemorrhois algirus*	**Least Concern (LC)**	-
49	Squamata	Colubridae	*Hemorrhois hippocrepis*	**Least Concern (LC)**	-
50	Squamata	Scincidae	*Heremites vittatus*	**Least Concern (LC)**	-
51	Anura	Hylidae	*Hyla meridionalis*	**Least Concern (LC)**	-
52	Squamata	Colubridae	*Lytorhynchus diadema*	**Least Concern (LC)**	-
53	Squamata	Colubridae	*Macroprotodon abubakeri*	**Least Concern (LC)**	-
54	Squamata	Colubridae	*Macroprotodon brevis*	**Least Concern (LC)**	-
55	Squamata	Colubridae	*Macroprotodon mauritanicus*	**Least Concern (LC)**	-
56	Squamata	Lamprophiidae	*Malpolon insignitus*	**Least Concern (LC)**	-
57	Squamata	Lamprophiidae	*Malpolon monspessulanus*	**Least Concern (LC)**	-
58	Testudines	Geoemydidae	*Mauremys leprosa*	**Least Concern (LC)**	-
59	Squamata	Lacertidae	*Mesalina guttulata*	**Least Concern (LC)**	-
60	Squamata	Lacertidae	*Mesalina olivieri*	**Least Concern (LC)**	-
61	Squamata	Lacertidae	*Mesalina pasteuri*	**Least Concern (LC)**	-
62	Squamata	Lacertidae	*Mesalina rubropunctata*	**Least Concern (LC)**	-
63	Squamata	Leptotyphlopidae	*Myriopholis algeriensis*	**Least Concern (LC)**	-
64	Squamata	Elapidae	*Naja haje**	**Least Concern (LC)**	-
65	Squamata	Colubridae	*Natrix astreptophora*	**Least Concern (LC)**	-
66	Squamata	Natricidae	*Natrix maura*	**Least Concern (LC)**	-
67	Squamata	Lacertidae	*Ophisops occidentalis*	**Least Concern (LC)**	-
68	Anura	Ranidae	*Pelophylax saharicus*	**Least Concern (LC)**	-
69	Squamata	Colubridae	*Platyceps tessellatus*	**Least Concern (LC)**	-

70	Caudata	Salamandridae	*Pleurodeles nebulosus*	**Least Concern (LC)**	-
71	Caudata	Salamandridae	*Pleurodeles poireti**	**Least Concern (LC)**	-
72	Squamata	Lacertidae	*Podarcis vaucheri*	**Least Concern (LC)**	-
73	Squamata	Lacertidae	*Psammodromus algirus*	**Least Concern (LC)**	-
74	Squamata	Lamprophiidae	*Psammophis schokari*	**Least Concern (LC)**	-
75	Squamata	Phyllodactylidae	*Ptyodactylus oudrii*	**Least Concern (LC)**	-
76	Squamata	Phyllodactylidae	*Ptyodactylus togoensis*	**Least Concern (LC)**	-
77	Squamata	Lamprophiidae	*Rhagerhis moilensis*	**Least Concern (LC)**	-
78	Caudata	Salamandridae	*Salamandra algira**	**Least Concern (LC)**	-
79	Squamata	Sphaerodactylidae	*Saurodactylus mauritanicus*	**Least Concern (LC)**	-
80	Squamata	Lacertidae	*Scelarcis perspicillata*	**Least Concern (LC)**	-
81	Squamata	Scincidae	*Scincus albifasciatus*	**Least Concern (LC)**	-
82	Squamata	Scincidae	*Scincus scincus*	**Least Concern (LC)**	-
83	Anura	Bufonidae	*Sclerophrys mauritanica*	**Least Concern (LC)**	-
84	Anura	Bufonidae	*Sclerophrys xeros*	**Least Concern (LC)**	-
85	Squamata	Colubridae	*Spalerosophis diadema*	**Least Concern (LC)**	-
86	Squamata	Colubridae	*Spalerosophis dolichospilus*	**Least Concern (LC)**	-
87	Squamata	Gekkonidae	*Stenodactylus mauritanicus*	**Least Concern (LC)**	-
88	Squamata	Gekkonidae	*Stenodactylus petrii*	**Least Concern (LC)**	-
89	Squamata	Phyllodactylidae	*Tarentola annularis*	**Least Concern (LC)**	-
90	Squamata	Phyllodactylidae	*Tarentola deserti*	**Least Concern (LC)**	-
91	Squamata	Phyllodactylidae	*Tarentola hoggarensis*	**Least Concern (LC)**	-
92	Squamata	Phyllodactylidae	*Tarentola mauritanica*	**Least Concern (LC)**	-
93	Squamata	Phyllodactylidae	*Tarentola neglecta*	**Least Concern (LC)**	-
94	Testudines	Testudinidae	*Testudo graeca*	**Least Concern (LC)**	-
95	Squamata	Lacertidae	*Timon pater*	**Least Concern (LC)**	-
96	Squamata	Agamidae	*Trapelus asperus*	**Least Concern (LC)**	-
97	Squamata	Agamidae	*Trapelus boehmei*	**Least Concern (LC)**	-
98	Squamata	Agamidae	*Trapelus tournevillei*	**Least Concern (LC)**	-
99	Squamata	Trogonophiidae	*Trogonophis wiegmanni*	**Least Concern (LC)**	-
100	Squamata	Gekkonidae	*Tropiocolotes algericus*	**Least Concern (LC)**	-
101	Squamata	Gekkonidae	*Tropiocolotes tripolitanus*	**Least Concern (LC)**	-
102	Squamata	Agamidae	*Uromastyx acanthinura*	**Least Concern (LC)**	-
103	Squamata	Agamidae	*Uromastyx alfredschmidti*	**Least Concern (LC)**	-
104	Squamata	Agamidae	*Uromastyx dispar flavifasciata*	**Least Concern (LC)**	-
105	Squamata	Agamidae	*Uromastyx dispar maliensis*	**Least Concern (LC)**	-
106	Squamata	Agamidae	*Uromastyx geyri*	**Least Concern (LC)**	-
107	Squamata	Agamidae	*Uromastyx nigriventris*	**Least Concern (LC)**	-
108	Squamata	Varanidae	*Varanus griseus*	**Least Concern (LC)**	-
109	Squamata	Viperidae	*Vipera latastei*	**Least Concern (LC)**	-
110	Testudines	Cheloniidae	*Caretta caretta*	**NE**	-
111	Testudines	Dermochelyidae	*Dermochelys coriacea*	**NE**	-
112	Testudines	Cheloniidae	*Lepidochelys kempii*	**NE**	-
113	Testudines	Emydidae	*Trachemys scripta*	**NE**	-
114	Squamata	Scincidae	*Trachylepis quinquetaeniata*	**NE**	-

III-3- Les espèces classées dans la catégorie données manquantes (DD)

Un total de 14 espèces a été classé dans la catégorie DD : *Acanthodactylus maculatus*, *Barbarophryne brongersmai, Chalcides chalcides, Chalcides delislei, Hyalosaurus koellikeri, Macrovipera lebetina, Philochortus zolii, Scincopus fasciatus, Stenodactylus sthenodactylus, Telescopus obtusus, Telescopus tripolitanus, Tropiocolotes steudneri.* Ce déficit est lié soit au

faible nombre d'observations de l'espèce comme c'est le cas de *Barbarophryne brongersmai* qui est une espèce décrite en 1972 et confondue probablement avant cette description avec les juvéniles de *Bufotes boulengeri.* Après sa découverte et sa description au Maroc, cette espèce n'a été observa que dans quatre localités en Algérie (Mateo et al. 2013), ces mêmes auteurs souligne le fait que cette espèce est mal connue à cause des confusions possible avec *Bufotes boulengeri.* Le faible nombre d'observations concerne aussi *Chalcides deliselei* (observations), *Philocortus zolii* (observations), *Telescopus obtusus* et *Telescopus tripolitanus*. Pour *Acanthodactylus maculatus,* c'est plutôt sa taxonomie complexe qui est à l'origine de l'ignorance de son statut. Cette espèce n'est pas facile à différencier par rapport à d'autres Acanthodactyles proches comme *A. bedriagai*, mais surtout Tamar et al. (2016) ont montré que ce qui est appelé aujourd'hui *A. maculatus* n'est pas un taxon monophylétique mais correspond à plusieurs populations formant un groupe paraphylétique. *Chalcides chalcides* est une espèce dont la présence a été rapportée à l'extrême est de l'Algérie par Rouag & Benyacoub (2006), avec 2 observations et attestée par la présence d'un spécimen au muséum de Budapest.

Le problème de l'identification est aussi à l'origine d'un grand nombre de données douteuses de *Stenodactylus sthenodactylus* vraisemblablement non différenciée de *S. mauritanicus.*

IV-Discussion

IV-1- Distribution, géographique des espèces menacées ou quasi menacées

On peut retenir trois principaux biomes où se concentrent les espèces menacées et quasi menacées en Algérie :

IV-1-1- L'écosystème dunaire du littoral ouest

Deux espèces classées en Danger et une espèce Quasi menacées sont localisée dans le littoral à l'ouest du pays entre la wilaya de Mostaganem et la frontière avec le Maroc. Ce cordon dunaire est très menacé par l'extension des zones urbaines et le développement du tourisme côtier. Cette concentration d'espèces menacées et la destruction effrénées des habitats naturels confèrent à cette région un enjeu majeur pour la conservation de la biodiversité.

IV-1-2- Les écosystèmes steppiques

Trois espèces liées aux steppes sont menacées ou quasi-menacées par la disparition de cet habitat naturel. *Acanthodactylus spincauda*, classé vulnérable, semble lié aux steppes de la limite nord du Sahara. *Acanthodactylus bedriagai*, qu'on retrouve dans l'ensemble des zones steppiques et *A. blanci*, confiné aux zones steppiques des Aurès, sont associés aux steppes des Hauts Plateaux, qui subissent une dégradation accélérée à cause du surpâturage mais surtout de la mise en culture qui détruit les steppes de manière irréversible. L'ensemble des espèces distribuées dans les milieux steppiques en est forcément affecté. A l'exception de ces deux espèces d'Acanthodactyles, aucun reptile ou amphibien n'est exclusivement lié

aux steppes. Cependant, il faudrait porter attention aux espèces dont une grande partie des effectifs sont concentrés dans les zones steppiques comme *Trapelus asperus* et *Stenodactylus mauritanicus.* Enfin, *Psammodromus blanci* présente des populations qui occupent des habitats très différents (pelouses d'altitude dans les Aurès et steppes des Hauts Plateaux) ; il conviendrait de s'assurer que ces deux niches distinctes ne sont pas occupées par des lignées évolutives (ou espèces) distinctes.

IV-1-3- Les zones boisées de l'Atlas Saharien

Une seule espèce (*Timon tangitanus*) est liée an Algérie aux zones boisées de l'Atlas Saharien. Elle a été classée dans la catégorie quasi menacée (NT) à cause de la disparition des chênaies vertes à cause du surpâturage. Une étude approfondie de l'écologie de cette espèce est recommandée pour une meilleure connaissance de son statut de conservation.

IV-2- Les déficits de connaissance sur la biodiversité comme obstacle à l'évaluation des espèces

Les déficits de connaissance sur la biodiversité (biodiversity shortfalls) rendent difficile la production d'un référentiel taxonomique et l'évaluation des statuts de conservation des espèces. Les critères d'évaluation des statuts proposés par l'IUCN permettent de contourner le déficit de connaissances sur l'évolution des tailles de populations (Prestonian shortfall (Cardoso et al. 2011)) en analysant l'évolution des habitats des espèces. Cependant, deux lacunes de connaissance sont récurrentes et ont rendu l'évaluation de certaines espèces impossible. Le déficit linnéen (déficit de connaissances sur la taxonomie) et le déficit wallacéen (manque de données de distribution géographique). Ces déficits de connaissance (biodiersity shortfalls) sont souvent emboités, l'un aggravant l'autre puisqu'un manque de connaissance sur la systématique cause fréquemment la confusion entre des espèces proches. C'est le cas des espèces proches du genre *Stenodactylus* dont l'une est dans la catégorie DD car nous n'arrivons pas à déterminer sa répartition en Algérie par manque d'observations fiables (elle n'est pour l'instant connue que d'un échantillon de queue collecté dans le Sahara et dont les résultats d'analyse génétiques ont été publiés par Metallinou et al (2015).

IV-3- Répartition géographique des espèces classée DD

Il est intéressant d'analyser la distribution géographique des espèces classées dans la catégorie DD pour contribuer à la planification des travaux de recherche futures. On peut envisager des missions de terrain ciblées sur des espèces dont nous manquons de données.

La plupart des espèces dont le statut n'est pas connu se concentrent dans deux régions : 1) la région frontalière avec le Maroc, entre le littoral et l'Atlas Saharien : *Alytes maurus* découvert dans les monts de Tlemcen dans les années 1990 ((Mateo et al. 2013), *Hyalosaurus*

koellikeri découvert à la même période et dans la même région (Mateo et al. 1998) et *Barbarophryne brongersmai* dont la présence à l'ouest de l'Atlas Saharien a été rapportée par Mateo et al. (2013) ; 2) le Hoggar et le Tassili d'où proviennent l'unique présence attestée de *Bitis arietans*, *Philochortus zolii*, *Chalcides delislei, Tropiocolotes steudneri* et *Telescopus obtusus*.

IV-4- Espèces à surveiller

Malgré leur classement dans la catégorie préoccupation mineur (LC), certaines espèces méritent une attention particulière. Si les critères UICN ne permettent à notre avis pas de les classer dans aucune catégorie plus menace que LC, la majorité des espèces liées à l'eau sont à surveiller : *Salamandra salamandra, Pleurodeles poireti, Pleurodeles nebulosus, Emys orbicularis, Natrix astreptophora.* En effet, l'eau se raréfie dans beaucoup de zones à cause du captage des sources, de l'asséchement de bras d'oueds à causes des barrages hydrauliques, de la pollution, etc... D'autres espèces nécessitent une attention particulière à cause du prélèvement direct comme les *Uromastyx* et les jeunes varans (*Varanus griseus*) dont plusieurs centaines finissent empaillés et vendus en toute impunité malgré le statut d'espèces protégée !

V- Conclusion

La constitution d'une base de données de distribution des reptiles et amphibiens et de nombreuses missions sur le terrain réalisées par moi-même ou mes collaborateurs nous ont permis de produire une liste rouge des reptiles terrestres et amphibiens. Deux espèces sont classées en danger, une espèce vulnérable, quatre espèces quasi menacées et on dispose de données insuffisantes pour 14 espèces. Cette évaluation confirme que le cordon dunaire de l'ouest du pays est un enjeu majeur pour la conservation des reptiles puisqu'il abrite les deux espèces en danger et une espèce quasi menacée. Les zones steppiques et les milieux boisés de l'atlas saharien sont également un enjeu important pour la conservation pour abriter des espèces quasi menacées.

A cause de l'interaction des shortfalls linnéen et wallacéen, il a été impossible d'évaluer le statut de toutes les espèces. Cependant, l'étude de la localisation des espèces avec des données insuffisantes souligne l'importance de la bande frontalière avec le Maroc ainsi que les montagnes du Tassili et du Hoggar comme zones prioritaires pour la recherche de terrain des reptiles et amphibiens.

VI- Article 1: La redécouverte d'un lézard mythique l'Acanthodactyle de Doumergue

Cet article publié en 2015 dans la revue Herpetology notes retrace la découverte d'une espèce qui a suscité l'interrogation des spécialistes des reptiles de l'Afrique du Nord : L'acanthodactyle de Doumergue *Acanthodactylus spinicauda.* Cette espèce décrite pour la première fois par Doumergue (1901) n'a été observé par aucun herpétologue et aucun spécimen en dehors de ceux de Doumergue ne figure dans aucune collection dans le monde. Olivier Peyre a entrepris plusieurs recherches sur le terrain dans l'espoir de retrouver cette espèce. Après ces missions d'OP rejoint par la suite par Dellaoui Boualem et moi-même, nous avons sérieusement envisagé l'extinction de cette espèce. L'idée que Doumegue se serait trompé en décrivant cette espèce en confondant ses spécimens avec des individus aberrants d'une autre espèce a été suggéré par ailleurs par d'autre hérpétologues.

C'est en Mars 2015 que suite à de nombreuses recherches, DB a clôturé le débat en retrouvant en fin cette espèce au sud de l'Atlas Saharien à 40Km des stations historiques.

Herpetology Notes, volume 8: 511-515 (2015) (published online on 03 October 2015)

Rediscovery of *Acanthodactylus spinicauda* Doumergue, 1901 in Algeria

Boualem Dellaoui[1], Menad Beddek[2,3], Olivier Peyre[3], Philippe Geniez[2], Benjamin Allegrini[3], Fatiha Koudache[1] and Pierre-André Crochet[2,*]

Acanthodactylus spinicauda was first described by Doumergue (1901) based on specimens from north-western Algeria as a variety of *Acanthodactylus pardalis* (Lichtenstein, 1823). According to Doumergue (1901), this taxon is quite similar to *Acanthodactylus pardalis* from which it differs essentially by a spiny tail basis, made of the prominent, elongated and curved keels of the scales on the basis of the tail. Pasteur and Bons (1960) afforded a full specific rank to *Acanthodactylus spinicauda*, a systematic rank also accepted by Salvador (1982).

Both Pasteur and Bons (1960) and Salvador (1982) only examined museum specimens and indeed as far as we know, the entire material available for this species until now had been collected by Doumergue himself or sent to him by a Mr. Pouplier who was living in El Abiod Sidi Cheikh (Algeria) and is now housed in Paris (Muséum national d'Histoire naturelle, specimen MNHN-RA-0.8958, Fig. 1), London (Natural History Museum, specimens BMNH 1946.8.5.34 to 43) and Rabat (Institut Scientifique de Rabat, ISR 360.003). More material is probably still housed in the Musée national Zabana d'Oran, previously Musée Municipal d'Oran, where the Paris specimens originated from (as per the online database of the MNHN) and where a large part of Doumergue's collection is still housed (pers. obs.). Since there has been no lectotype designation for this species, all these specimens are syntypes of *Acanthodactylus spinicauda*.

All the available material comes from two localities, which together constitute the type locality: El Abiod Sidi Cheikh (32.89°N / 0.54°E) and Les Arbaouats (=Arba Tahtani, 33.09°N / 0.58°E). Both localities are approximately 20 km from each other and are situated in the Saharan Atlas mountains of Algeria (Fig. 2), in the wilaya of El-Bayadh, between 900 m and 1000 m above sea level. Doumergue (1901) reports that he found the species behind the "bordj" (fort) of El Abiod Sidi



Figure 1. Specimen MNHN-RA-0.8958, adult male, syntype of *Acanthodactylus spinicauda*. Notice the typical dorsal pattern and the enlarged tail basis covered in strongly keeled scales giving a spiny aspect to the basis of the tail; compare with figures 3 & 4. Photo PG.

[1] Département de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université Djillali Liabes, route de Tlemcen, BP 89, Sidi Bel Abbes, Algérie
[2] CEFE UMR 5175, CNRS - Université de Montpellier - Université Paul-Valéry Montpellier – EPHE, 1919 route de Mende, 34293 Montpellier cedex 5, France
[3] NATURALIA Environnement, 20 rue Durrell, BP 31285, 84911 Avignon cedex 9, France
* Corresponding author e-mail: pierre-andre.crochet@cefe.cnrs.fr

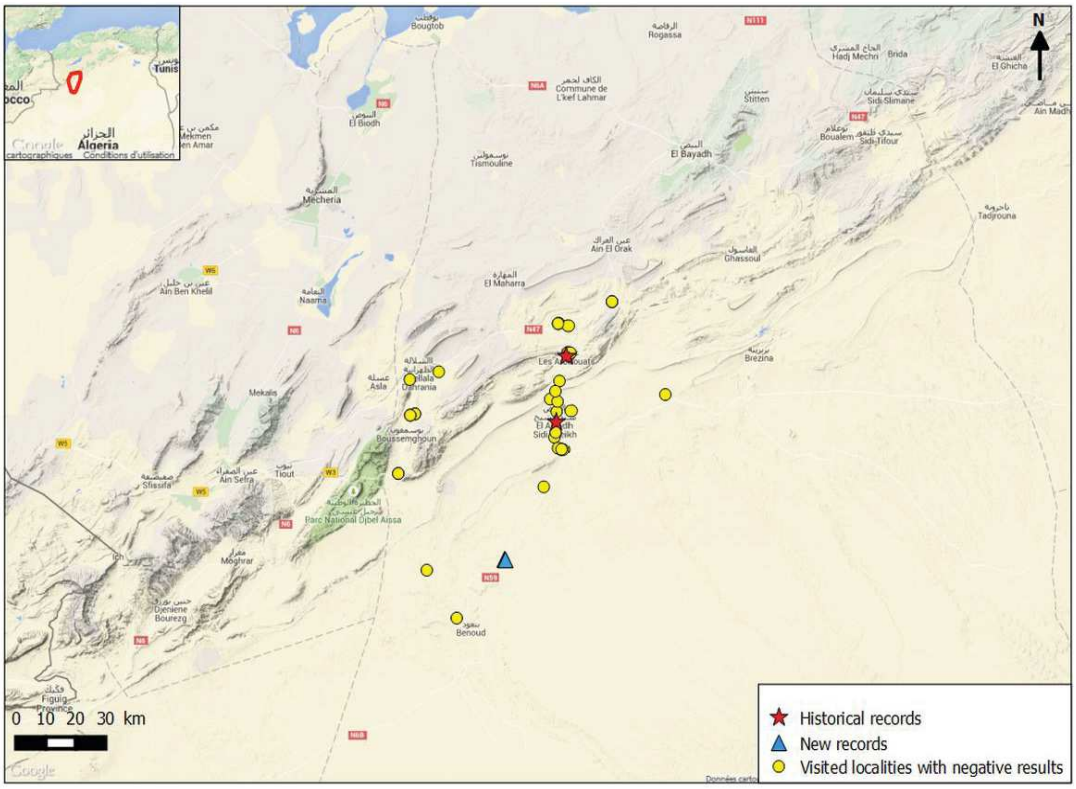


Figure 2. Map of north-western Algeria showing historical Doumergue's localities, new locality and localities visited without finding the species.

Cheikh and around the oasis of Arba Tahtani, where it occurs with *Acanthodactylus dumerili* (Milne Edwards, 1829), on mixed sandy and stony terrain, avoiding pure sands. He explained that the species was mainly active in spring and autumn, being abundant in May, rare in August and common again in September and October. Based on the material he examined, Doumergue (1901) suggested that laying takes place in spring, with around 8 eggs being laid in two clutches, while he could not exclude the possibility of a third clutch in autumn. In September the specimens he examined had fed on ants, ant larvae and small coleopterans.

As far as we are aware of, there have been absolutely no records of the species following Doumergue's reports (its records were made before 1899 as the introduction in Doumergue's book is dated to 1899). Based on the information available, Joger et al. (2006) classified *A. spinicauda* as critically endangered (CR) in the IUCN red list, but without evidence that it still existed and the species has been feared to be extinct. Locating extant populations of the species was thus of prime importance to us in the context of our current field research for a project of an atlas and red list of amphibians and reptiles of Algeria.

As a consequence, this species was particularly targeted during field work by one of us (OP) in northern Algeria between 2006 and 2011. The area of the "Monts des Ksours" and the southern High Plateaus, particularly in a radius 50 km around El Abiod Sidi Cheikh and Les Arbaouats, was visited several times between April and May, totaling 6 days of surveys and covering around 15 sites, including the localities mentioned by Doumergue (Fig. 2), with soil and habitat considered suitable for the species based on Doumergue's ecological data. Not only was *Acanthodactylus spinicauda* not located, but the habitats around the type locality were found to be severely disturbed and we started to question the survival of this lizard.

In a second step the prospection area was extended to other habitats corresponding to the Doumergue's description further away from the type locality (see Fig. 2 and Table 1). The first author (BD), sometimes joined by OP, MB and BA, made repeated visits to this region in 2010, 2013 and 2014, again without success. After

Table 1. List of visits made specifically to look for *Acanthodactylus spinicauda* around the type locality between 2006 and 2015. Successful visits (first three lines) are in italic. Latitude and longitude are given in decimal degrees in WGS84 coordinate system.

Site	Locality	Latitude	Longitude	Date	Number of persons
1	*Berr'mad, 50 km south of El Abiod Sidi Cheikh*	*32.5060*	*0.3628*	*11/03/2015*	*01*
1	*Berr'mad, 50 km south of El Abiod Sidi Cheikh*			*25/03/2015*	*01*
1b	*Berr'mad, 50 km south of El Abiod Sidi Cheikh*	*32.5045*	*0.3656*	*22/04/2015*	*03*
2	Les Arbaouats	33.0914	0.5858	30/04/2008	01
3	North of Les Arbaouats	33.0992	0.5920	30/04/2008	01
4	Mrit'aa	33.2459	0.7387	20/03/2010	01
4	Mrit'aa			18/04/2013	04
4	Mrit'aa			10/04/2014	01
5	El Hadjra Tayha, 4 km east of Chellala Dahrania	33.0451	0.1293	04/06/2010	01
6	Taoughezoult, 12 km south of Chellala	32.9243	0.0452	05/06/2010	01
6	Taoughezoult, 12 km south of Chellala			20/03/2013	01
7	2 km west of road to Les Arbaouats	33.1837	0.5551	18/04/2013	03
8	8 km north of El Abiod Sidi Cheikh	32.9669	0.5236	17/02/2014	01
9	El Abiod Sidi Cheikh (several sites along the southern ring road)	32.8713	0.5430	18/02/2014	01
9	El Abiod Sidi Cheikh (several sites along the southern ring road)			28/04/2014	01
10	between Arbaouat Tahtani and Arbouat Foukani	33.1006	0.5858	27/04/2014	01
11	2 km south of El Abiod Sidi Cheikh	32.8577	0.5385	27/04/2014	01
12	5 km south of El Abiod Sidi Cheikh	32.8221	0.5695	11/03/2015	01
13	20 km south of El Abiod Sidi Cheikh	32.7149	0.5009	11/03/2015	01
14	7 km south of the southern exit of El Abiod Sidi Cheikh	32.8230	0.5605	27/04/2011	01
14	7 km south of the southern exit of El Abiod Sidi Cheikh			26/04/2011	01
14b	7 km south of the southern exit of El Abiod Sidi Cheikh	32.8263	0.5511	26/04/2011	01
14c	7 km south of the southern exit of El Abiod Sidi Cheikh	32.8229	0.5636	26/04/2011	01
15	1 km east of El Abiod Sidi Cheikh	32.9331	0.5960	27/04/2011	01
16	2 km north of El Abiod Sidi Cheikh	32.9310	0.5465	26/04/2011	01
17	6 km north of El Abiod Sidi Cheikh	32.9602	0.5497	27/04/2011	01
18	2 Km north of Boussemghoun	32.9207	0.0281	03/04/2006	01
19	5 Km south of Boussemghoun	32.7534	-0.0139	03/04/2006	01
20	1 km west of Chellala	33.0286	0.0268	03/04/2006	01
20	1 km west of Chellala			25/04/2011	01
21	13 km north-west of Les Arbaouats	33.1832	0.5515	05/04/2006	01
22	6 km north of Les Arbaouats	33.1767	0.5858	05/04/2006	01
23	between Les Arbaouats and El Abiod Sidi Cheikh	33.0187	0.5565	30/04/2008	01
24	north of El Abiod Sidi Cheikh	32.9894	0.5422	30/04/2008	01
25	2 Km north of Boussemghoun	32.9207	0.0282	25/04/2011	01

Table 1. Continued.

Site	Locality	Latitude	Longitude	Date	Number of persons
26	5 Km south of Boussemghoun	32.7534	-0.0140	25/04/2011	01
27	13 km north-west of Les Arbaouats	33.1832	0.5515	25/04/2011	01
28	10 km north-west of Benoud	32.3399	0.1929	22/04/2015	03
29	20 km north of Benoud along road to Boussemghoun	32.4750	0.0869	22/04/2015	03
30	37 km north-east of El Abiod Sidi Cheikh	32.9799	0.9276	15/06/2010	01
30	37 km north-east of El Abiod Sidi Cheikh			March 2013	01
30	37 km north-east of El Abiod Sidi Cheikh			12/03/2015	01

this series of unsuccessful visits, we reasoned that *A. spinicauda* might have its northern distribution limit at the type locality and the search should be oriented to the south.

On 11/03/2015, BD started visiting suitable habitats from El Abiod Sidi Cheikh southward. *Acanthodactylus spinicauda* was found at the third locality explored approximately 50 km south of Doumergue's locality, in a place called Berr'mad (Table 1). One male and one female were captured and photographed. The species was observed again at the same site and at another site on the other side of a tarmac road 400 m away on 25/03/2015 and on 22/04/2015 (see Table 1). A total of 8 individuals have been observed in three visits to the locality (2 on 11/03 by BD alone, 1 on 25/03 by BD alone and 5 on 22/04 by BD, MB, OP, see Fig. 3, 4 & 5). No other specimens were seen in localities visited south of this site.

The contemporary specimens conform perfectly to the characters given by Doumergue (1901) and Salvador (1982) and visible on the Paris syntype. The most remarkable feature is the widened and spiny tail basis of the male (Fig. 4). In females this character is less developed (Fig. 5) but the wide tail base and strongly keeled scales on the basis of the tail should allow easy distinction from similar species of the "*Acanthodactylus pardalis* species group", to which *A. spinicauda* belongs to according to Salvador (1982). Coloration is typical of the *pardalis* species group but males (Fig. 1, 3) differ from all other populations we have examined, alive or in photos, by the large elongated yellow spots on the back, which are closely spaced and tend to form broad



Figure 3. Adult male of *Acanthodactylus spinicauda*, Berr'mad, 50 km south of El Abiod Sidi Cheikh, Algeria (loc. 1b in Table 1), 22 April 2015. Photo OP.



Figure 4. Close up of tail basis, dorsal view, of an *Acanthodactylus spinicauda* adult male from locality 1 in Table 1, 11 March 2015. Photo BD.



Figure 5. *Acanthodactylus spinicauda*, adult female, from locality 1b in Table 1, 22 April 2015. Photo MB.



Figure 6. Habitat of *Acanthodactylus spinicauda* at locality 1b in Table 1. Photo OP.

lines on the dorsum and the back of the neck. The two innermost rows of spots are closer to each other than to the outer rows of spots (usually the opposite in the other species). The tips of the keels of the scales at the basis of the tail of males are white (Fig. 4), enhancing their conspicuousness. Females (Fig. 5) have a coloration similar to many other populations of the *pardalis* group.

The habitat where the species was found (Fig. 6) is a flat stony semi-desert with abundant eolian sand deposits interspersed with sparse vegetation dominated by *Helianthemum lippii* and *Calligonum comosum* with a few *Retama retam* bushes. It fits very well with Doumergue's (1901) description of the habitat where he found his specimens. Other species seen in the same localities are *Acanthodactylus taghitensis* Geniez & Foucart, 1995 and *Trapelus* cf. *mutabilis* Merrem, 1820. Notably, no record of other members of the *Acanthodactylus pardalis* species group were obtained during our samplings or are known to us from the same area.

The fact that the species was observed on all three visits to the locality suggests that its detectability is not low; therefore the species was probably not overlooked in most of other surveyed localities. If this is indeed the case, *Acanthodactylus spinicauda* is probably now genuinely rare at least in the area around the type locality where we have concentrated our efforts. Further field work is urgently needed to assess the extent of its distribution range, width of its ecological niche, frequency of occurrence within its range and ultimately provide us with the data required to evaluate its conservation status. With a single locality currently known to host the species, the CR status proposed by Joger et al. (2006) remains clearly adequate.

Acknowledgments. We thank Dihia Gaci, Abdelkader Allali and Mr. Moulay, the driver from the Haut Commissariat du Développement de la Steppe (HCDS), and the HCDS itself for their help with field work. We thank Ivan Ineich, Annemarie Ohler and Laure Pierre (MNHN, Paris) and Adila Taibi and Yamna (Musée national Zabana, Oran) for their help with accessing material housed in the collections they have in charge and Abderrahmane Mataame (ISR, Rabat) for sending photos of the Rabat syntype. Aurélien Cheylan helped with the map in Figure 2. Amina Fellous (ANN, Alger) helped with the identification of the plants found in the new locality. MB's PhD is funded by the CIFRE doctoral program of the ANRT.

References

Doumergue, F. (1901): Essai sur la faune erpétologique de l'Oranie avec des tableaux analytiques et des notions pour la détermination de tous les reptiles et batraciens du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie. Oran, Algérie, L. Fouque.

Joger, U., Slimani, T., El Mouden, H., Geniez, P. (2006): *Acanthodactylus spinicauda*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 03 July 2015.

Pasteur, G., Bons J. (1960): Catalogue des Reptiles actuels du Maroc: révision de formes d'Afrique, d'Europe et d'Asie. Travaux de l'Institut scientifique chérifien. Série zoologique **21**: 1-132.

Salvador A. (1982): A revision of the lizards of the genus *Acanthodactylus* (Sauria: Lacertidae). Bonner Zoologische Monographien **16**: 1-167.

Accepted by Arie van der Meijden

Chapitre II

Etude des lacunes de prospection des reptiles et amphibiens en Algérie

I- Introduction

A l'aire de l'anthropocène et des changements globaux, l'avenir de la biodiversité s'est imposé comme thématique de recherche chez les scientifiques et comme préoccupation chez les décideurs. Parmi les questions urgentes autour de la biodiversité, on peut citer l'impact de son érosion sur l'Homme (Cardinale et al. 2012), la prédiction de l'avenir de la biodiversité dans le contexte des changements globaux (McKee et al. 2004; Urban et al. 2016) et où et comment installer les réserves (Sarkar et al. 2006; Cabeza & Moilanen 2001). Proposer des réponses à ces questions repose sur une bonne connaissance de la biodiversité actuelle et de sa variabilité géographique (Botkin et al. 2007; Hortal et al. 2015). La connaissance de la biodiversité fait partie des objectifs tracés à Aichi par la convention sur la diversité biologique (https://www.cbd.int/sp/targets/). L'objectif d'Aichi n° 19 vise l'amélioration, le partage et le transfert des connaissances de la biodiversité à l'Horizon 2020.

La biodiversité n'est pas distribuée de manière uniforme à travers le monde, la connaissance de la biodiversité n'est également pas distribuée avec la même précision à travers le monde. D'une part, l'effort dans la description des espèces – unités de base dans les plans de la conservation – n'est pas le même dans toutes les régions (Linnean shortfall, Brito 2010). Il est bien établi qu'en Europe, en l'Amérique du Nord et certaines régions d'Asie, l'effort de mise à jour taxonomique est bien plus important que dans le reste du monde (Meyer et al. 2015). De la même façon, les données de distribution des espèces ne sont pas disponibles avec la même précision dans toutes les parties du monde : c'est le Wallacean shortfall (Hendriks & Duarte 2008; Meyer et al. 2015). Ce décalage de connaissances sur la biodiversité est d'autant plus problématique que les zones qui ont une grande diversité ne sont pas forcément les mieux connues, c'est même l'inverse qui est la règle générale (Wilson et al. 2016).

L'identification des lacunes de connaissance de la biodiversité est un préalable pour orienter les missions de recherches sur le terrain et le partage de l'effort d'échantillonnage. L'analyse des lacunes de connaissances ne peut pas se faire par un simple inventaire ou par l'observation des cartes de distribution des richesses spécifiques d'une région donnée. En effet, l'hétérogénéité de l'environnement dans une région donnée est à l'origine d'une distribution hétérogène de la diversité. Dans une région donnée, la richesse spécifique varie d'un point à l'autre. Ainsi, les régions avec une grande richesse spécifique sont plus demandeuses d'effort d'échantillonnage pour atteindre un inventaire convenable. Le Maghreb est à la fois un des *hotspots* mondiaux de biodiversité et une région lacunaire en matière de connaissance sur la biodiversité (Ficetola 2013). Et dans le Maghreb, il est clair que l'Algérie est le pays le moins exploré pour sa biodiversité. A ce jour, aucun atlas de distribution n'a été publié pour aucun taxon à l'échelle du pays !

II-Effort de recherche et biodiversité attendue

Si la diversité (ici considérée comme la richesse en espèces) n'est pas répartie de manière homogène, il va de soi que l'effort des inventaires doit être réparti selon la diversité attendue pour qu'ils soient complets (*inventory completness*). Les zones lacunaires en connaissance sont obtenues par la cartographie de la soustraction de la richesse spécifique observée à la richesse spécifique attendue. Or, l'obtention des richesses attendues pose un problème méthodologique : comment modéliser cette richesse ? Plusieurs méthodes sont proposées pour l'évaluation de *l'inventory completness* (voir Beck & Schwanghart 2010; Moreno & Halffter 2000), mais la démarche reste la même ; estimer la diversité attendue et la comparer avec la diversité observée dans le but d'organiser les futures inventaires, les zones les moins connues méritant d'avantage d'efforts de recherche.

L'organisation des inventaires est tributaire de la méthode de prédiction de la diversité. Certaines approches se basent sur la prédiction de la distribution des espèces puis assemblent ces présences prédites pour le calcul de la diversité attendue (exemple : (Cord et al. 2014; Phillips et al. 2006). L'approche inverse consiste à modéliser à partir de la richesse observée, donc assembler des listes d'espèces observées dans des secteurs supposés bien connus, puis estimer la diversité attendue ailleurs en fonction des variables environnementales (voir par exemple Ficetola et al. (2013). Ces deux approches reposent sur des données d'occurrence (points). Il y a encore une approche qui est moins tributaires du nombre de points et de la variabilité environnementale, mais qui n'est pas pertinentes sur des échelles fines. Cette approche consiste à superposer les couches d'aires de répartition des espèces et les additionner pour obtenir une couche qui sera la carte de distribution de la diversité (exemple : Merow et al. 2017; Rocchini et al. 2011).

Ce chapitre a pour objectif de produire des cartes de répartition de l'ignorance (map of ignorance) de la distribution des reptiles et amphibiens en Algérie afin de 1) faire un état des lieu des connaissances de la distribution géographique des reptiles et amphibiens, 2) donner des recommandations sur les priorités de recherche future en Algérie. Cette étude repose sur la base de données construite dans le projet d'Atlas des reptiles et amphibiens d'Algérie (non publié) alimentée depuis plusieurs sources de données. Je vais essayer de répondre dans cette partie aux questions suivantes : 1) comment est répartie l'effort d'échantillonnage en Algérie, 2) quelles sont les zones où la diversité attenue est plus élevées ? 3) dans quelles zones l'écart de la diversité prédite et observée est plus grand ? Nos données proviennent essentiellement de la littérature et des collections de musée. Or, dans les données de littératures, un certain nombre sont vieilles, ou sont localisées avec une faible précision et souvent avec une systématique obsolète. Par ailleurs, la modélisation des niches ou de la richesse spécifique se basent sur des données environnementales dont l'occupation des sols (landcover) qui a drastiquement changé au cours des quelques dernières décennies.

Les reptiles et amphibiens sont utilisés comme proxy pour la biodiversité (*biodiversity surrogate)*, pour des raisons de disponibilité d'une base de données de distribution des reptiles et amphibiens d'Algérie qui est assez avancée dans un projet d'un atlas. Par ailleurs, les reptiles et amphibiens constituent un bon proxy pour la diversité à cause de leurs traits d'histoire de vie (faibles capacités de dispersion, organismes ectothermes..) qui font que ces taxons répondent immédiatement aux variables environnementales.

III- Matériel et méthodes

III-1-Origine des données et leur précision géographique

Les données proviennent de la base de données Reptiles et Amphibiens d'Algérie élaborée dans le cadre d'un atlas en cours de réalisation. Cette base de données contient environs 11000 données géo référencées. A chaque donnée d'espèce, un degré de précision est associé aux coordonnées géographiques. Pour cette étude j'ai gardé les données avec une précision inférieure ou égale à 10 km de rayon. C'est le seuil qui nous permet de garder un nombre de données utilisables pour la plupart des espèces (supérieur à deux fois le nombre de variables environnementales utilisées). La base de données a été alimentée essentiellement par Philippe Genièz et José Matéo dans le cadre de la réalisation d'un atlas des reptiles et amphibiens d'Algérie, j'ai moi-même saisi une bonne partie des données (environs 2600), enfin Pierre-André Crochet contribue également à la saisie des données.

- **Nettoyage des données**

Les données d'occurrence de chaque espèce ont été projetées par système d'information géographique pour vérifier visuellement la distribution spatiale des données. J'ai alors procédé à la vérification systématique de toutes les données marginales et aberrantes, c'est-à-dire toutes les données qui se situent dans une zone disjointe de l'essentiel de l'aire de répartition de l'espèce et les données situées en marge. Ces données marginales et aberrantes sont supprimées du jeu données à moins que l'examen révèle qu'elles possèdent des preuves de leurs véracités : observations localisées avec précision accompagnées de preuves d'identification comme des photos ou des spécimens de collection.

III-2- Variables environnementales

Pour les modèles de distribution d'espèces (SDM pour species distribution models), le nombre de variables environnementales doit être réduit au minimum étant donné que certaines espèces n'auront qu'un petit nombre de points de présence alors qu'on accepte généralement comme règle que le nombre de variable soit égal au moins à 2 fois le nombre de données. Pour réduire le nombre de variables, un analyse en composantes principales a été effectuée sur deux types de variables : les variables climatiques et les variables d'habitat (landcover).

III-3- Variables climatiques

Les variables climatiques ont été téléchargées depuis la plateforme internet du WorldClim (Fick & Hijmans 2017) : BIO1 Température moyenne annuelle, BIO4 Température saisonnière, BIO5 Température maximale du mois le plus chaud, BIO6 Température minimale du mois le plus froid, BIO7 Amplitude thermique annuelle, BIO12 Précipitations annuelles (total), BIO13 Précipitations du mois le plus humide.

L'ACP sur les variables climatiques a été effectuée avec la résolution original des rasters de la world clim soit ~1*1Km^2, les axes de l'ACP sous forme de rasters ont été ensuite transformés à des rasters avec des cellules de tailles d'environs 5*5 km^2.

III-4- Variables d'habitat (landocver)

Les données du Globcover2009 (Bontemps et al. 2011) ont été téléchargée sous forme de raster depuis le site de l'ESA (http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php). Ensuite nous avons calculé le pourcentage de chaque catégorie d'habitat et exporté sous forme de raster individuel chaque catégorie représentée à plus de 2 % de la surface totale de l'Algérie. Ces rasters individuels qui sont à leurs tailles originales (~300*300m^2) sont ensuite agrégés vers des rasters de tailles de 5*5 km^2. Le pourcentage de couverture de chaque catégorie d'habitat dans les nouveaux rasters à 5*5km^2 représente la variable pour chaque catégorie.

III-5- Indice de rugosité de terrain, Terrain Ruggedness Index, TRI (Riley 1999)

En plus des axes d'ACP des variables climatiques et du landcover, l'indice de rugosité du terrain (Riley 1999) a été calculé à partir des données d'altitude du WorldClim. Le calcul du TRI et la préparation des rasters a été effectué sous le logiciel R en utilisant la librairie « Raster » (https://cran.r-project.org/web/packages/raster/index.html).

Le calcul des ACP a été effectué sous R en utilisant la librairie « Rgdal » (https://cran.rproject.org/web/packages/rgdal/index.html).

III-6- Effort d'échantillonnage et diversité observée

La diversité observée correspond au nombre d'espèces observées par grille de raster. L'effort d'échantillonnage est considéré ici comme le nombre d'observations enregistrés par cellule, une observation étant un individu donnée d'une espèce donnée par localité par date.

III-7- Modélisation de la richesse spécifique

III-7-1- Approche 1 : Modéliser la distribution des espèces

J'ai modélisé la distribution des espèces séparément en utilisant le logiciel Maxent (Phillips et al. 2006). Les paramètres choisis pour l'ensemble des espèces sont l'utilisation de 10 *boostraps* et *random seed*, *logistic output* et le choix de seuil aux dixièmes percentiles pour le test des données. Les autres paramètres ont été laissés par défaut (voir aussi Vale et al.

2015). J'ai ensuite reclassé les sorties de Maxent en utilisant la prédiction moyenne au seuil au dixième percentile afin de produire des cartes de présences binaires sous le logiciel R (librairie raster).

III-7-2- Approche 2 : Utilisation des enveloppes

Les enveloppes d'occupation des espèces en été créés en calculant le polygone minimum convex (MCP) à partir des points de présences géoréférencés. Le calcul des MCP a été effectué avec le package « adehabitatHR». Les polygones ont été transformés vers des rasters (Librairies raster, maptools) sous R. La diversité attendue a été calculée en faisant la somme des rasters MCP. Les Figures 1 et 3 résument la méthode de calcul des richesses spécifiques à partir des enveloppes d'occurrences.

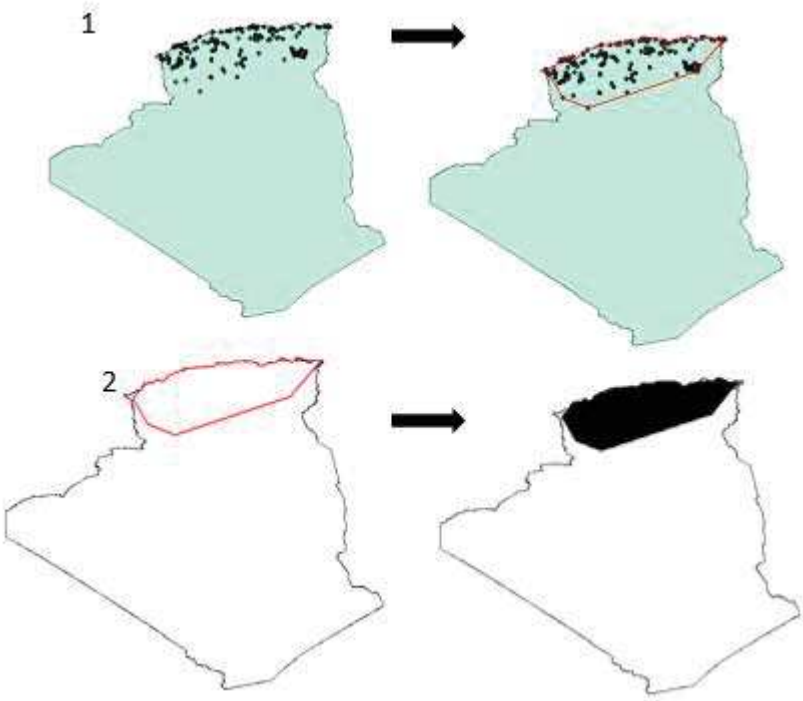


Figure 1 : 1) création des enveloppes d'occurrence par la méthode de MCP à partir des points de présence de chaque espèce. 2) transformation du polygone vers un raster à valeurs binaires 1 pour les présences et 0 pour les absences.

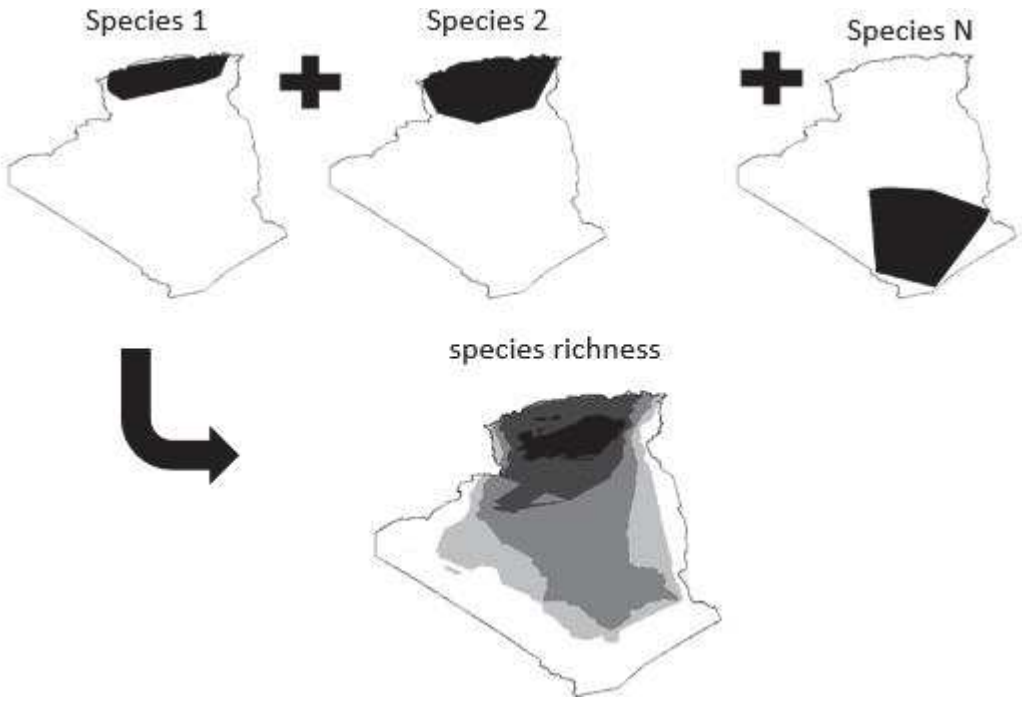


Figure 2 : Calcul de la richesse spécifique en additionnant les rasters individuels à valeurs binaires.

IV- Résultats

IV-1- Effort d'échantillonnage

La cartographie de la distribution de l'effort d'échantillonnage (Figures 3-6) montre que la plus grande partie du pays n'est pas du tout ou peu prospectée. Certaines régions sont tout de même assez bien échantillonnées comme les wilayas (département) de Tizi Ouzou, Oran, Batna, Khenchela, et el Taref. A échelle moins fine (20*20Km^2), on retrouve plusieurs carrés bien échantillonnés à Tiaret, Laghouat, Ain Témouchent et Annaba. Dans la région sud, très peu de zones sont bien échantillonnées, on trouve toute de mêmes quelques spots dont proviennent plusieurs observations à Béchar, Illizi, et Tamanrasset.

IV-2- Richesse spécifique observée

La diversité observée varie selon les régions et aussi selon la taille de pixels utilisés pour la calculer. Avec les deux tailles de pixels, les cartes de répartitions de la richesse spécifiques attendue (Figures 5, 6) montrent que les parties étudiées sont très minoritaires. Sur le littoral, on enregistre le carré (20*20Km^2) le plus diversifié dans la région d'Oran avec 30 espèces, plusieurs carrés entre 15 et 25 espèces dans les Monts de Tlemcen, toute la wilaya de Tizi-Ouzou, et l'extrême est. Les carrés les plus diversifiés de la partie nord de l'Algérie sont distribués le long de l'Atlas Saharien depuis les monts des Ksours à l'ouest jusqu'aux Aurès à l'Est. Dans l'Algérie septentrional (Figure 6.), Biskra est la zone la plus diversifiée. Dans la grande partie méridionale, les diversités observées les plus élevées sont localisées dans la

zone de Béchar, du Tassili et du Hoggar. Cependant, la plupart des régions sahariennes montrent une diversité faible ou une absence de données.

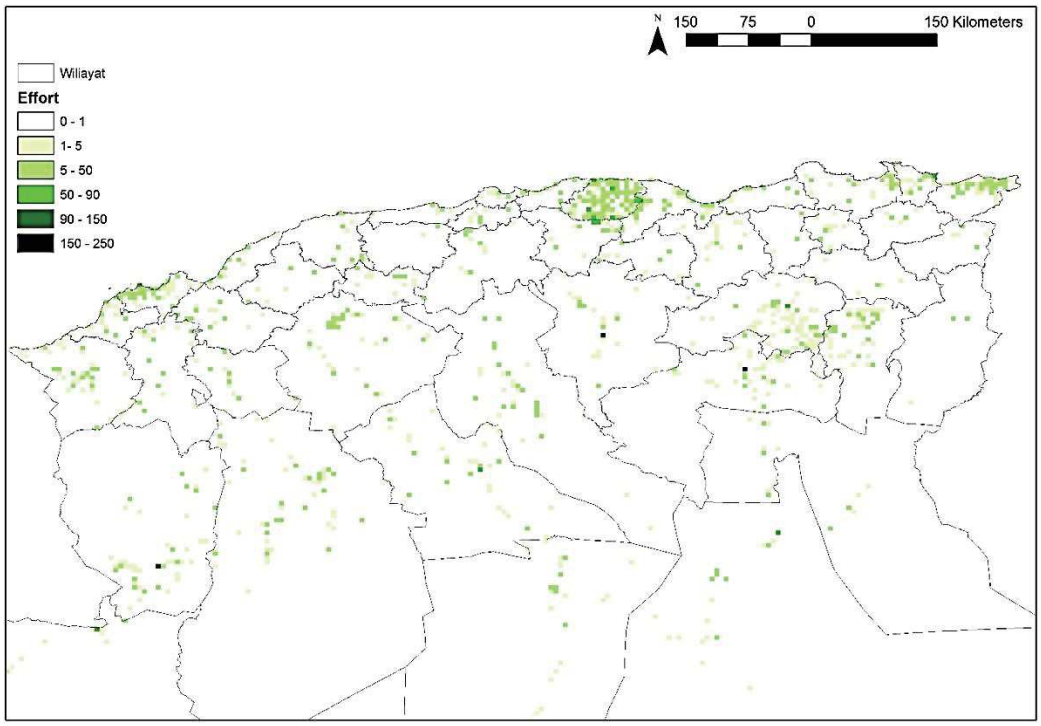


Figure 3 : Représentation de la répartition de l'effort d'échantillonnage dans la partie nord de l'Algérie avec des cellules de ~5*5Km$^{2.}$

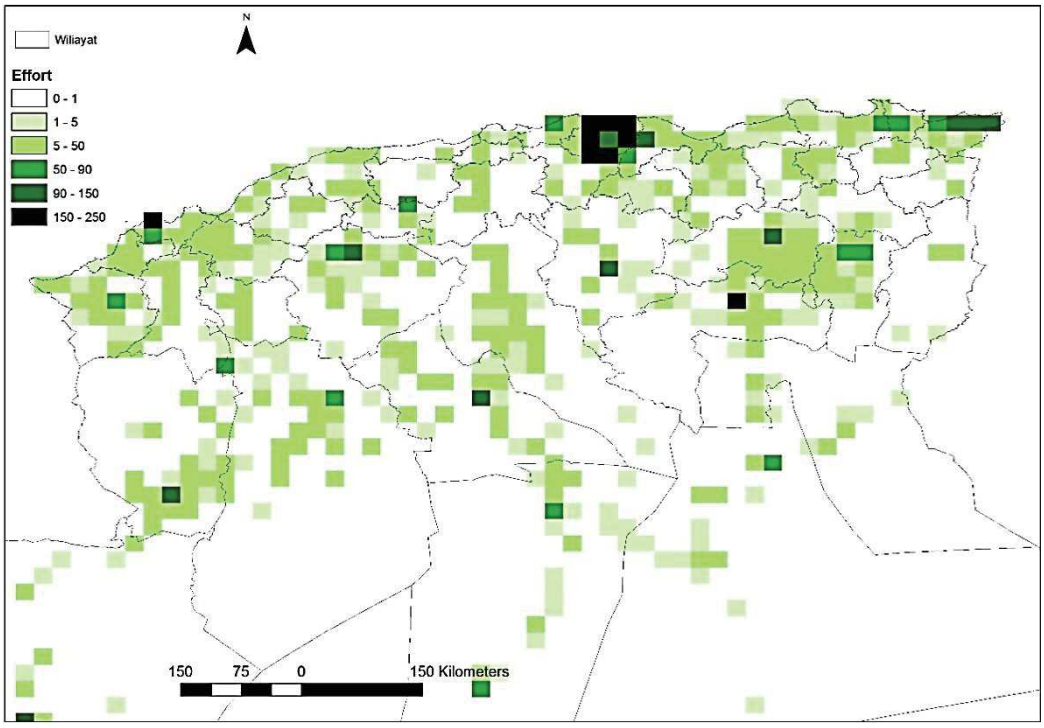


Figure 4 : Représentation de la répartition de l'effort d'échantillonnage dans la partie nord de l'Algérie avec des cellules de ~20*20Km$^{2.}$

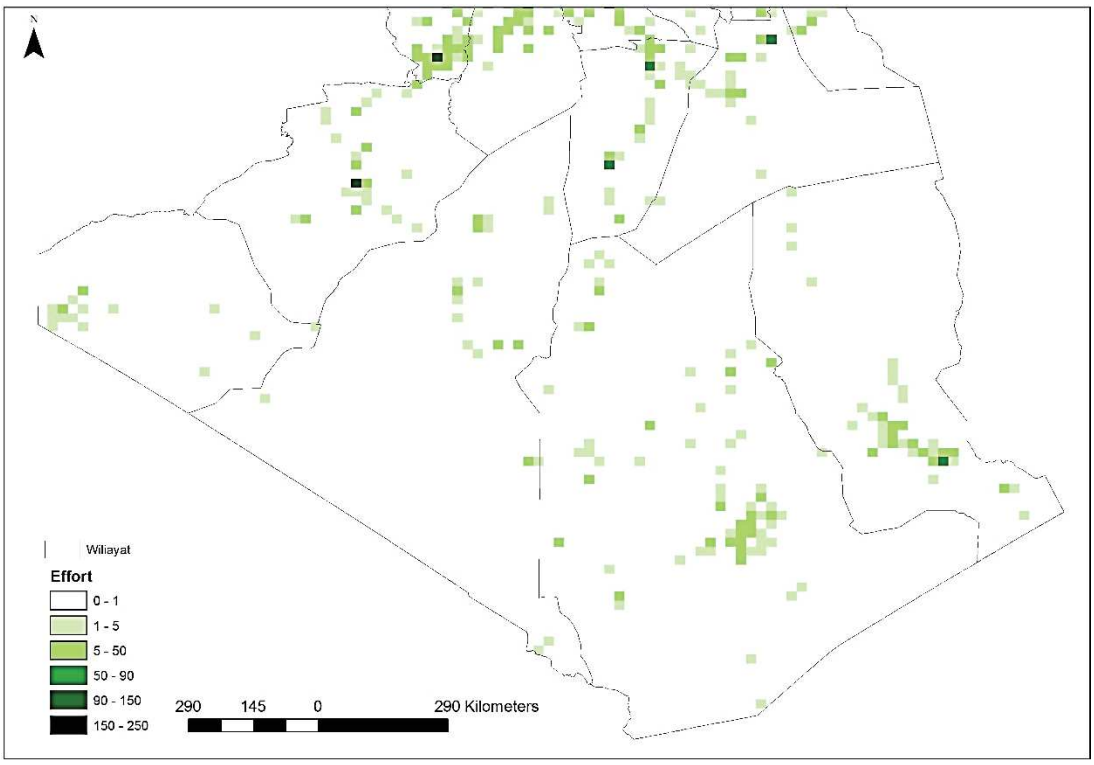


Figure 5 : Représentation de la répartition de l'effort d'échantillonnage dans la partie sud de l'Algérie avec des cellules de ~20*20Km$^{2.}$

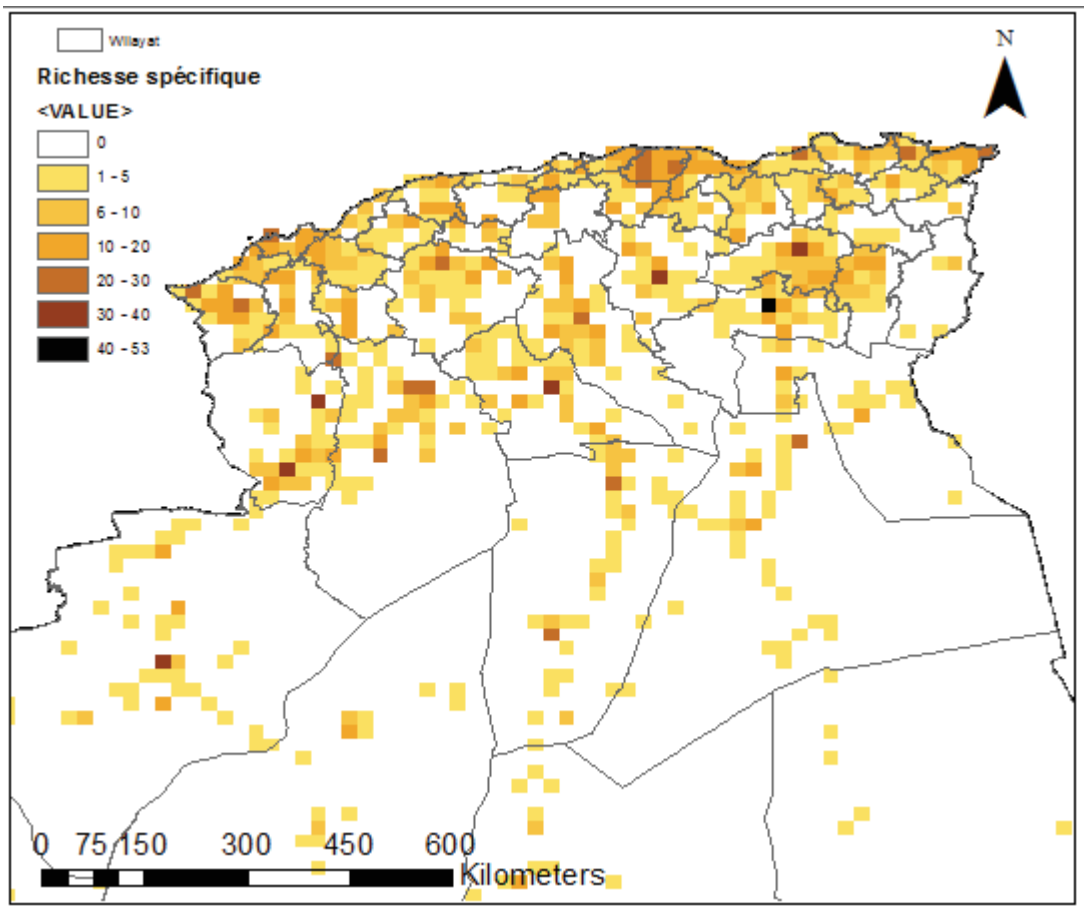


Figure 6 : Répartition de la richesse spécifique dans la partie nord par carrés de ~20*20Km^2

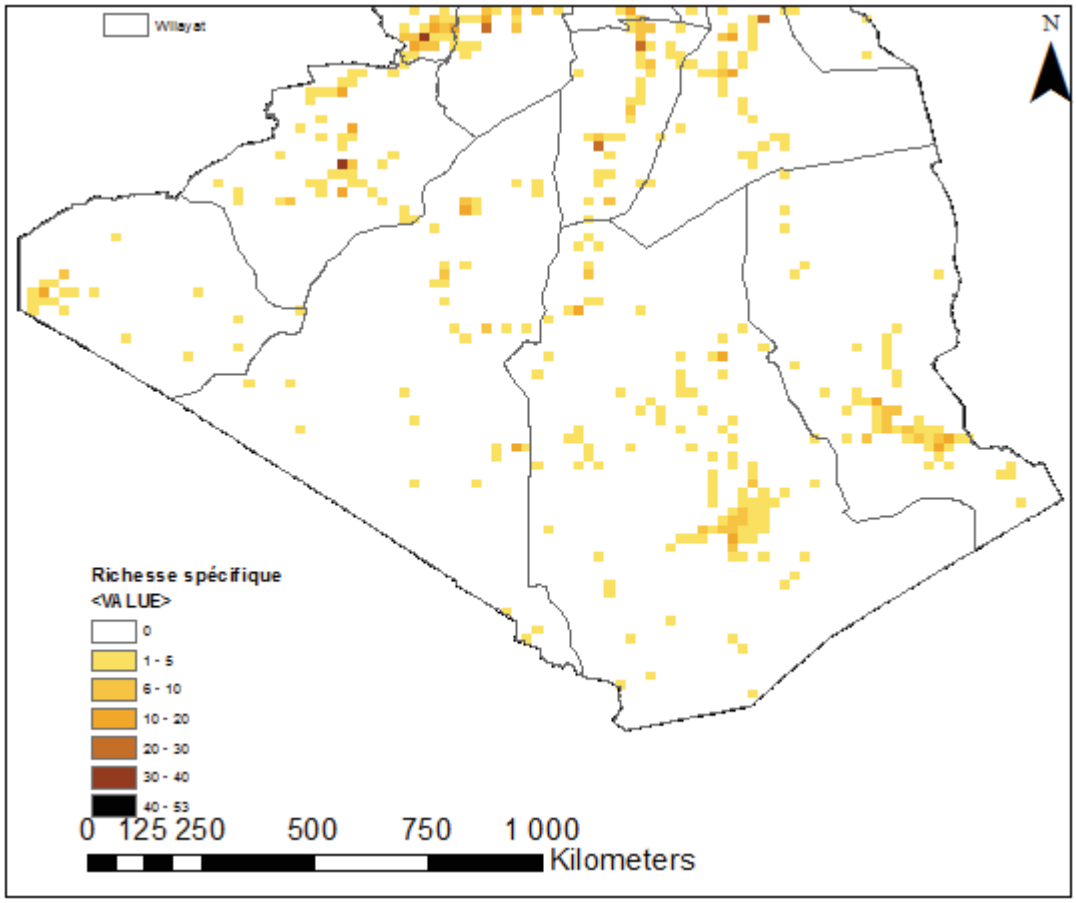


Figure 6 (suite) : Répartition de la richesse spécifique dans la partie sud par carrés de ~20*20Km^2

IV-3- Distribution de la richesse spécifique attendue

IV-3-1- Utilisation des modèles de niches écologiques

La richesse spécifique attendue n'est pas distribuée d'une manière homogène, dans la partie nord (Figure 7), il y a une concentration de carrés dont la diversité est élevée le long de l'Atlas Saharien et les Hauts Plateaux avec des maximums dans la région de Djelfa et les Aurès, ainsi que dans le sud de la Kabylie. Les zones côtières et le nord du Sahara seraient moins diversifiés dans la moitié nord du pays. Dans la partie sud, les Hoggar et le Tassili ainsi que la pointe sud Est au Nord de Tindouf sont nettement distingués en richesse spécifiques attendue par rapport aux autres zones saharienne. Les grands ergs et la région du Tanezrouft ont les la diversité attendues les plus faibles avec plusieurs carrés qui contiennent une espèce au plus !

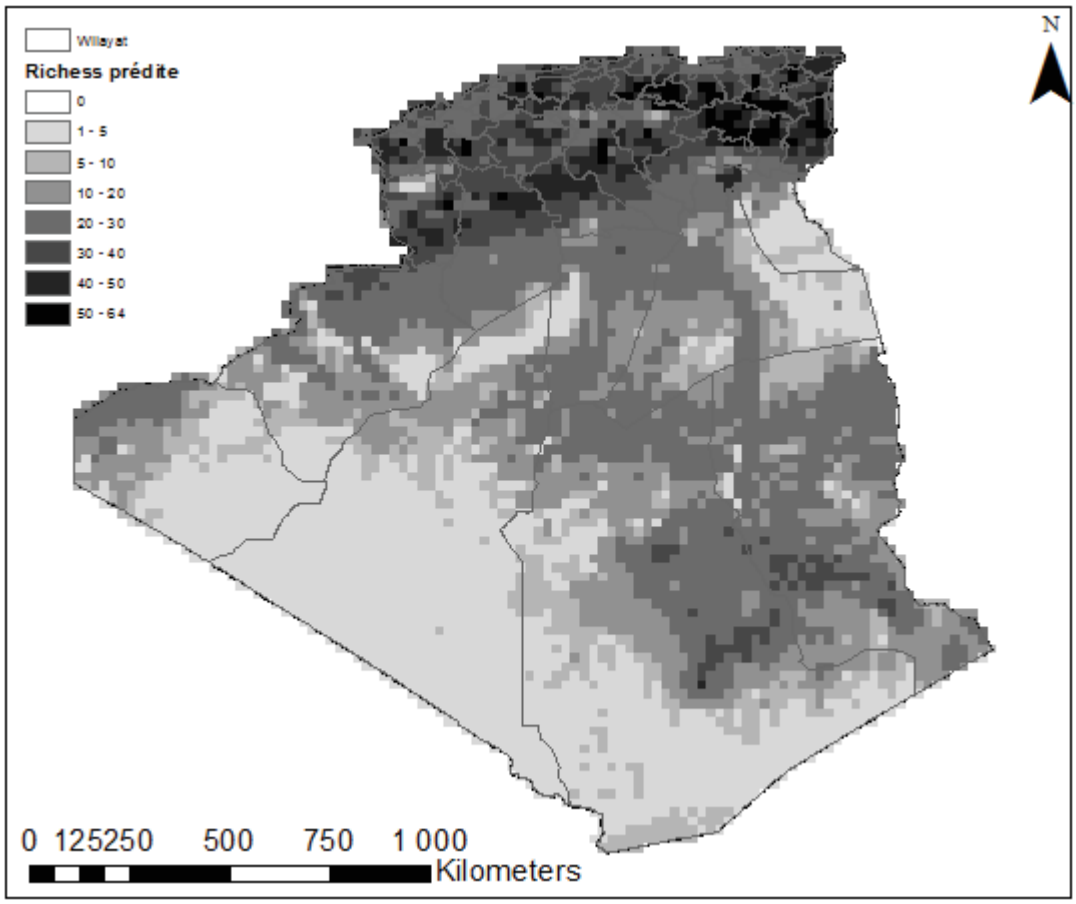


Figure 7 : Distribution de la richesse spécifique prédite par les modèles de niche 20*20 Km^2

IV-3-2- Richesse spécifique attendue avec l'utilisation d'enveloppes de répartition

La distribution de la richesse spécifique prédite par la méthode des enveloppes montre des résultats assez semblables à la première approche : une concertation à richesse élevée sur le long de l'Atlas Saharien et les hauts plateaux. De grandes lacunes sont observées sur l'ensemble des zones frontalières. La richesse maximale prédite dans un carré de 20* 20 KM^2 atteint 50 espèces. Cette approche n'arrive pas à prédire la richesse spécifique dans les zones marginales. Dans le Sahara, la partie centrale semble plus riche en espèces selon cette approche.

IV-4- Distribution des lacunes en prenant compte la richesse spécifique prédite

La distribution de l'écart entre la richesse spécifique prédite et observée est différente selon la méthode de calcul de la diversité prédite (Figure 9 et 10.). Dans l'ensemble, l'écart entre diversité prédite et observée est réduit dans la wilaya de Tizi-Ouzou, l'ensemble de la région septentrionale montre de grandes lacunes d'échantillonnage par rapport à la diversité

attendue. Dans la partie Saharienne, on voit que dans la région qui correspond au Tanezrouft et les grands ergs l'écart est nul. Dans les massifs du Tassili et du Hoggar qui constituent la zone la plus diversifiée du sud de l'Algérie, on trouve quelques carrés dont l'écart entre la diversité attendue et observée est réduit (moins de 15 espèces). La méthode des enveloppes montre globalement des gaps plus réduits entre diversité attendue et observée, mais ne détecte aucun écart sur les zones frontalières.

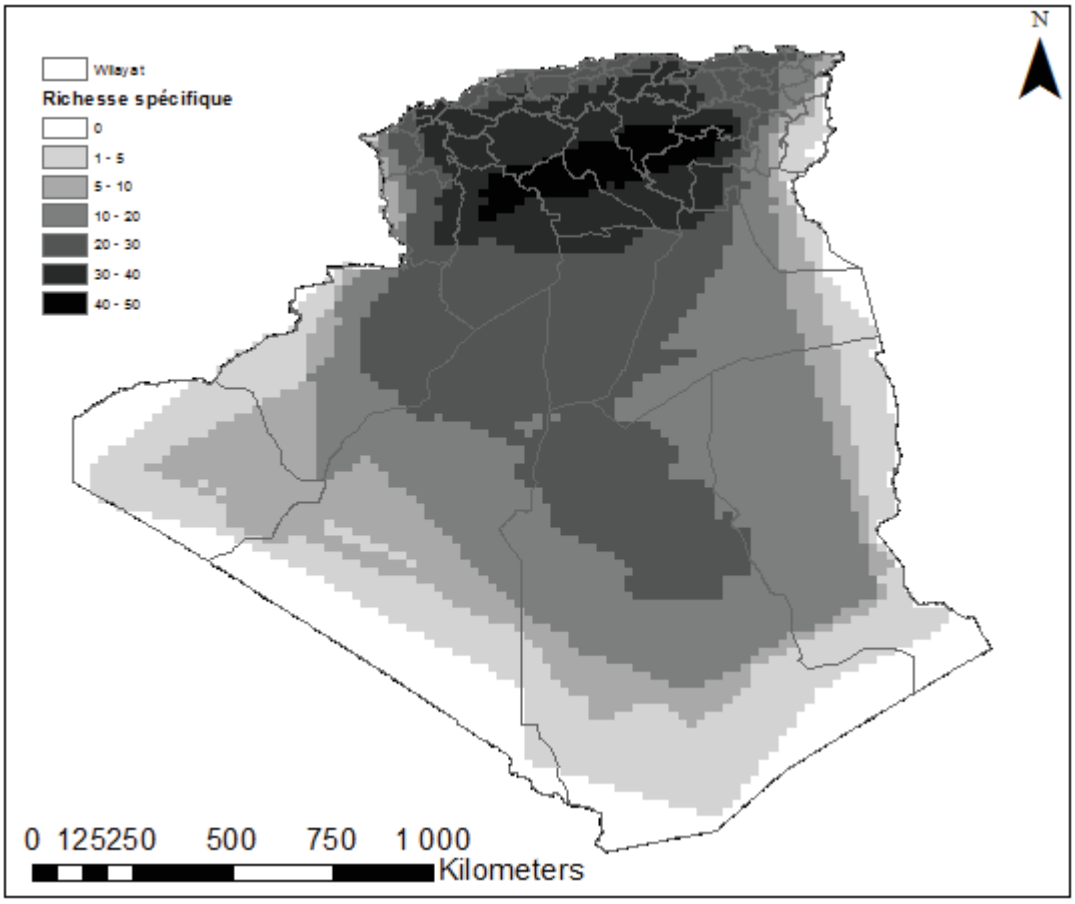


Figure 8 : Distribution de la richesse spécifique prédite en utilisant l'addition des aires de répartitions des espèces.

V- Discussion

V-1- Distribution de l'effort

Le premier constat frappant quant à la distribution de l'effort de prospection c'est le décallage entre le nord (au nord de l'Atlas saharien) et le sud. Dans le sud on trouve de rares aggrégats de carés moyennement échantillonnés dans et autour de quelques villes oasiennes : Béchar, Timimoune, Ghardaia, Djanetet et Tamanrasset qui sont des villes reliées par des très anciennes routes empruntées par les premiers explorateurs. Le tracé des routes modernes a suivi exactement ces anciennes pistes, et ont continué à être les seules voies d'accès au Sahara jusqu'à très récemment.

Dans la partie nord du pays les points les plus prospectés sont aussi les plus accessibles, mais dépendent surtout de la concentration de l'effort de prospection de certains acteurs dans quelques régions bien explorées comme la région de l'Aurès grâce au travaux de Laurent Chiriro (Chirio & Blanc 1997; Laurent Chirio 1995) qui a habité la région pendant quelques années et l'a sillonnée à la recherche des reptiles. La Wilaya de Tizi Ouzou est la wilaya la mieux prospectée grace à une concentration de travaux de l'université de la même ville (Larbes et al. 2007; Targa S. 2013; Larabi et al. 2015…) ainsi que de nombreuses prospections de ma part. La région d'Oran est aussi relativement bien prospectée, d'abord grace au travail de Doumergue (1901), puis grace à plusieurs prospections d'Olivier Peyre depuis 2004 à nos jours. En dehors de ces trois région, on note certaines localités assez bien prospectées car elles ont fait l'objet de plusieurs visites par les anciens explorateurs et zoologistes, qui y ont séjourné pendant leurs expedictions vers le Sahara, comme El Kheiter ou Ain Sefra.

V-2- Distribution de la richesse spécifique

L'Atlas Saharien et les hauts plateaux sont les zones les plus diversifiées (Figures 7, 8) et aussi où la richesse prédite est la plus élevée. Ceci peut s'expliquer par le fait que ces régions sont des zones de transition entre les biomes saharien et méditerranéen (effet de transition voir références dans Araújo (2002)).

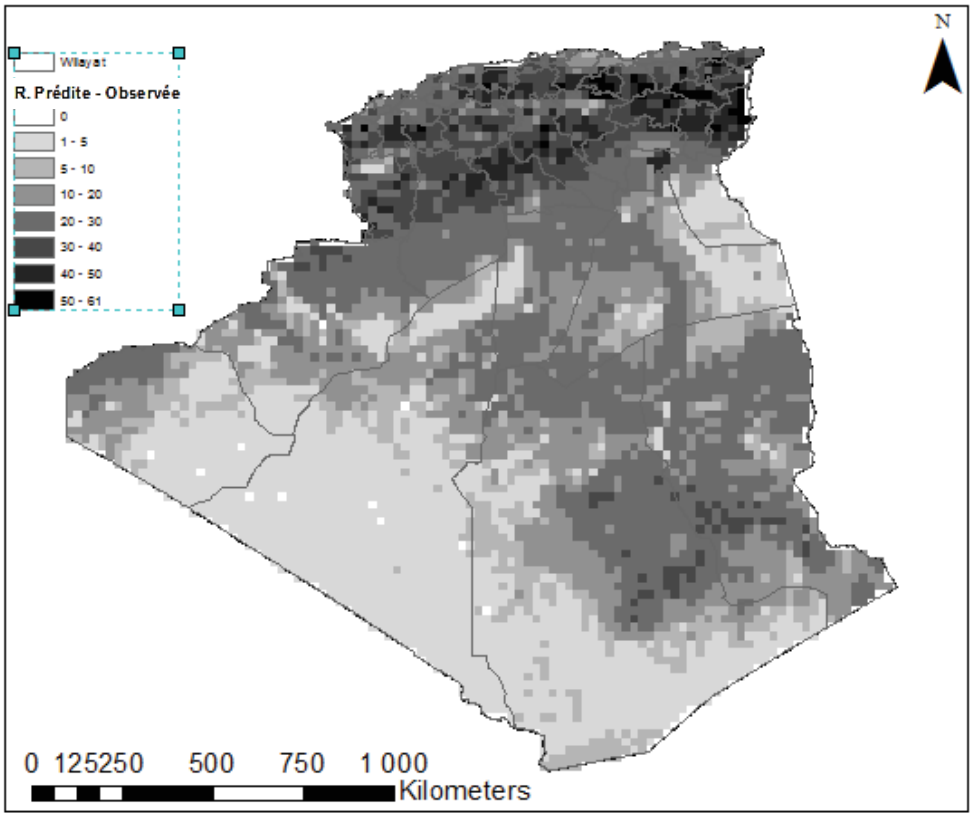


Figure 9 : Distribution des lacunes de connaissances 20*20Km^2.
Les valeurs correspondent à la différence entre les diversités prédite et observée calculées en se basant sur les modèles de niche.

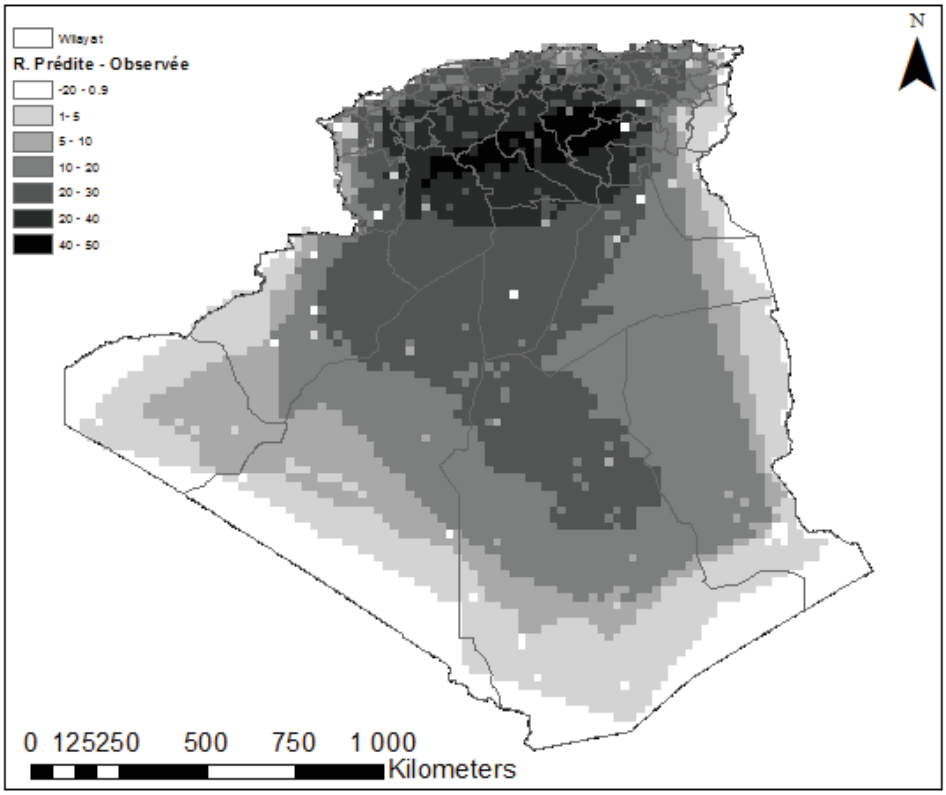


Figure 10 : Distribution des lacunes de connaissances 20*20Km^2. Les valeurs correspondent à la différence entre les diversités prédite et observée calculées à partir de la superposition des aires de répartition de toutes les espèces.

Pour la diversité de la richesse spécifique, la zone saharienne est majoritairement pauvre en espèces à l'exception des massif du Hoggar et Tassili ainsi que les zones marginales au nord comme Biskra et Béchar. Dans la zone de transtion, on observe des diversités prédites maximales

V-3- Hotspots de biodiversité ou artéfacts ?

Les deux métodes de prédiction de la richesse spécifiques s'accordent sur un même résultat : les zones les plus riches sont l'Atlas Saharien (avec les Aurès) et les hauts plateaux dans la partie nord, les massifs du Hogar et le Tassili dans le Sud. Ces cartes de la diversité (observée ou prédite) doivent tout de même être interprétées avec prudence. En effet, il ne faut pas perdre de vue la distribution non équitable de l'effort de prospection alors que celui-ci est directement lié au nombre d'espèces detectées (MacKenzie & Royle 2005) et peut donc biaiser le résultat. Toutefois, cette distribution de la richesse concorde parfaitement avec le résultat des travaux basés sur la compilation des données de littérature par le panel d'experts de l'UICN présentées dans la Figure 11 (Cox et al. 2006). A échelle moyenne ou fine, certaines zones detectées comme riches, sont au fait des artéfacts ; La grande richesse détectée centre du Sahara est certainement un artéfact dû au fait que quelques espèces présentes au nord

sont présentes dans quelques localités dans le sud comme c'est le cas pour *Pelophylax saharicus.*

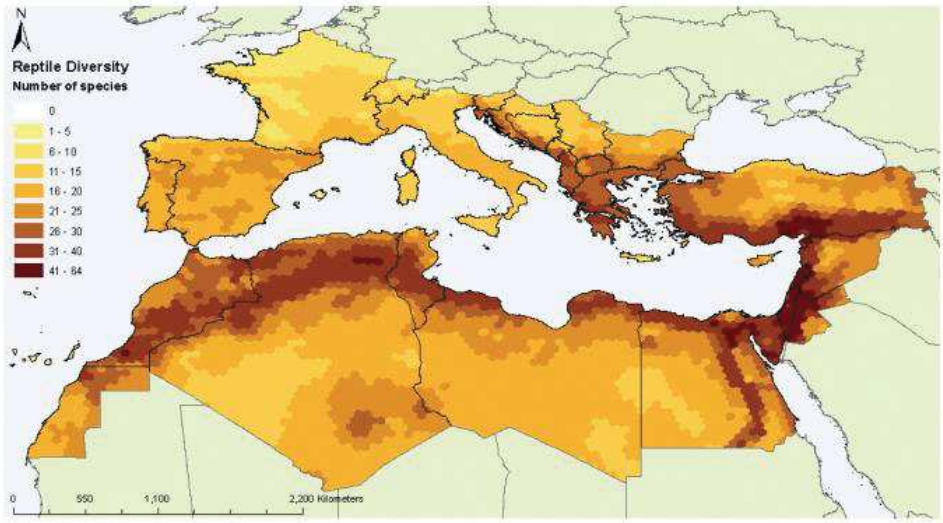


Figure 11 : Distribution de la richesse spécifique des reptiles selon Cox et al. (2006)
Une similitude importante est observée entre les résultats de la présente étude et de l'évaluation de l'UINC quant à la distribution de la diversité des reptiles. L'Atlas Saharien, les hauts plateaux et le Hoggar-Tassili sont des hots spots de biodiversité pour les reptiles.

I-4- Limites méthodologiques et échelle de perception

La modélisation de la distribution des espèces est limitée par plusieurs facteurs. De manière générale, les approches basées sur les modèles de niches sont affectées par la taille de l'échantillon (Wisz et al. 2008; Hernández et al. 2006) ; il est recommandé d'utiliser ces prédiction quand la taille de l'échantillon (nombre de données d'occurrence) est faible comme modèles exploratoires et non vraiment fiables. Dans le jeu de données que j'ai utilisé, certaines espèces sont en effet représentées par un faible nombre de données, d'autres ont été enlevées car elles n'ont qu'un nombre très faibles de données (< 2*nombre de variables environnementales). C'est pour ces raisons que les résultats doivent être pris avec des réserves. La deuxième méthode n'est pas moins sujette aux erreurs et à la surestimation des présences d'espèces. L'utilisation des aires d'occurrence pour le calcul de la richesse spécifique peut être améliorée.

Merow et al. (2017) ont utilisé les aires d'occurrences calculées par la méthode du MCP en corrigeant les cartes de répartition de chaque espèce sur la base des dires d'experts. Cette approche est toutefois discutable dans le cas de l'Algérie. En effet, la grande particularité de l'Algérie c'est l'énormité de sa partie saharienne dont les habitats ne sont pas assez bien connus. Nous connaissons les grands ensembles comme les grands ergs, les grands massifs, néanmoins la connaissance des milieux sahariens n'est pas encore suffisante pour pouvoir prédire la distribution des espèces sahariennes en se contentant des dires d'experts, le but étant de procéder au calcul de la richesse spécifique et en déduire les lacunes de connaissances en tenant compte de la diversité attendue par carré.

Les modèles de niche tiennent compte de la variabilité environnementale ce qui est un avantage. Cette approche donne des résultats utilisables à une échelle fine (ici sur des carrées de 20*20Km^2) et on peut prédire les présences à la même résolution que les données environnementales (~4Km^2). On peut exploiter ces prédictions pour répartir l'effort de prospection dans les parcs nationaux par exemple ou à l'échelle des communes ou des Wilayas. Toutefois, dans le cas d'un pays comme l'Algérie où la diversité des habitats est toujours mal connue, il y a une incertitude qui provient des données environnementales quand on essaye d'utiliser les modèles de niche pour prédire la distribution des espèces en plus de la sensibilité à la taille d'échantillon (voir la discussion générale). Afin d'améliorer les prédictions, il faudrait réunir les données d'habitats (sols, végétations) qui ne sont pas disponibles sur les sources gratuites habituelles (WordClim, Nasa, USGS….). L'autre approche (enveloppes) a l'avantage de ne pas être sensible aux données environnementales mais donne des résultats grossiers utilisables à l'échelle des grands écosystèmes (Herkt et al. 2017).

V-5- Conclusion, recommandations et perspectives

La simple cartographie de l'effort d'échantillonnage n'est pas suffisante pour répartir l'effort de prospection puisque les zones où on estime que la diversité est grande nécessitent plus de travail de terrain que d'autres. La prédiction de la richesse spécifique est donc un préalable incontournable pour cartographier les zones prioritaires pour la prospection. Dans le but de cartographier l'ignorance de la distribution des reptiles et amphibiens d'Algérie, j'ai procédé avec deux approches pour prédire la richesse spécifique pour pouvoir comparer la richesse observée de la richesse prédite sur l'ensemble du pays avec une résolution de 20*20Km^2. La première approche est basée sur les modèles de niches (MaxEnt), la seconde est basée sur les surfaces d'occurrence des espèces. La première méthode donne des résultats à une échelle fine, la seconde est plus grossière mais a l'avantage de s'affranchir de l'incertitude sur les données environnementales.

Les deux approches utilisées dans cette étude corroborent les résultats obtenus par le panel d'expert de l'IUCN sur la diversité des reptiles dans les pays méditerranéens : une concentration de la richesse dans les zones de transition entre le Sahara et le nord du pays sur l'ensemble de l'Atlas saharien et les hauts plateaux ainsi que la région du Hoggar et du Tassili. Ces zones devraient être placées comme priorités pour les prospections futures.

Je recommande à la communauté scientifique qui s'intéresse à la conservation de multiplier l'effort de prospection en passant par des approches citoyennes. Les données collectées par les volontaires même de manière aléatoire sont d'une grande utilité pour réduire les déficits wallacéens et linnéens (Van Strien et al. 2013; Cardoso et al. 2011). Les reptiles et amphibiens sont considérés ici comme proxy pour la biodiversité, il serait judicieux de procéder à des

approches muti-taxons afin de vérifier si on obtient le même patron de de diversité et les mêmes lacunes.

Chapitre III

Phylogéographie comparée des reptiles et amphibiens d'Algérie

III- Phylogéographie comparée des amphibiens et reptiles du Maghreb

Résumé

Cette partie de ma thèse porte sur la distribution des lignées génétiques des reptiles et amphibiens d'Algérie. Une série d'études phylogéographiques dans le Maghreb a montré patron de diversité commun à la quasi-totalité des espèces étudiées qui consiste en une divergence profonde entre les populations de l'ouest (Maroc et l'ouest de l'Algérie) et l'est (Tunisie et l'est de l'Algérie). Chez certaines espèces, cette divergence est suffisamment élevée si bien que des auteurs ont proposé de les considérer comme des espèces différentes. C'est le cas de la rainette méridionale Hyla meridionalis (Recuero et al. 2007; Stöck et al. 2012) ou des Ptyodactyles d'Oudri Ptyodactylus oudrii (Metallinou et al. 2015). La distribution géographique des lignées génétiques n'échappent tout de même pas au problème du déficit de connaissance. La plupart des phylogéographies menées dans le Maghreb sont caractérisées par de grandes lacunes d'échantillonnage en Algérie. Ce déficit d'échantillonnage ne permet pas d'obtenir une vision complète des patrons de distribution des lignées génétiques pour pouvoir avancer des hypothèses quant aux mécanismes qui en sont à l'origine. L'autre obstacle lié à ces lacunes est le manque d'une approche comparative pour comprendre ces patrons. Cette partie de ma thèse a pour but de réduire l'ignorance concernant les lignées génétiques (Darwinian Shortfall) en effectuant une phylogéographie comparée sur 8 espèces de reptiles et 3 espèces d'amphibiens. J'ai choisi des espèces qui ont une distribution continue au nord du Maghreb et pour lesquelles les études précédentes ont montré une divergence entre les populations de l'est et de l'ouest : Acanthodactylus erythrurus (Fonseca et al. 2009), Chalcides ocellatus (Kornilios et al. 2010), Hemorrhois hippocrepis (Carranza et al. 2006), Natrix maura (Barata et al. 2008; Guicking et al. 2008), Timon pater/ Timon tangitanus (Perera & Harris 2010; Paulo et al. 2008), Ptyodactylus oudrii (Perera et al. 2010; Metallinou et al. 2015), Trogonophis wiegmanni (Mendonça & Harris 2007), Hyla meridionalis (Recuero et al. 2007; Stöck et al. 2008), Discoglossus pictus (Vences et al. 2014). Cette approche comparative a pour objectif de combler les lacunes d'échantillonnage en Algérie afin de répondre aux questions suivantes : 1) Est ce que ce patron de divergence des populations de l'ouest par rapport aux populations de l'est va se maintenir en incluant les populations centrales ou bien d'autres patrons de diversité vont être identifiés ? 2) Si le patron de diversité Est-Ouest reste commun à tous les taxons, est ce que les limites entre les clades « Est » et « Ouest » ont la même localisation géographique ? ce qui impliquerait l'existence d'un même processus historique à l'origine de cette diversité ? 3) Si la position des limites des clades Est et Ouest sont partagées entre les taxons, quels sont les mécanismes qui ont conduit à l'actuelle diversité ?

Malgré les avantages des approches multi-locus, je me suis basé uniquement sur l'ADN mitochondrial, parce que les phytogéographies publiées se sont généralement basée sur ce marqueur. Pour assigner les populations aux clades Est ou Ouest, j'ai réalisé une phylogénie des espèces citées ci-dessus et divisé chaque arbre en deux clades en se basant sur les noeuds le plus profond de chaque groupe interne. Le programme ABGD (Puillandre 2012) a été utilisé pour délimiter objectivement les lignées génétiques de chaque espèce.

Les résultats montrent que 1) le patron de divergence Est-Ouest se maintenait avec un échantillonnage complété par les populations algériennes. 2) les zones de sutures entre les clades Est et Ouest sont localisées dans deux régions : une zone qui s'étale de part et d'autre de la frontière algéro-marocaine pour *Acanthodactylus erythrurus*, *Natrix maura*, *Trogonophis wiegmanni, Ptyodactylus oudrii, Discoglossus pictus et Timon pater /T. tangitanus.* L'autre zones de suture se situe en kabylie et concerne *Pelophylax saharicus, Chalcides ocellatus, Hemmorhois hippocrepis, Podarcis vaucheri*. Une seule espèce s'écarte de ces deux zones

de sutures : *Hyla meridionalis*. La localisation des zones de sutures à deux endroits distincts du pays suggère qu'il y a un processus historique commun derrière la divergence Est et Ouest des populations maghrébines.
Les clades Est et Ouest se sont séparés initialement entre la période pré-messinienne et la limite Plio-Pleistocene. Cette divergence aurait été maintenue dans des refuges climatiques à l'ouest et à l'est du pays.

Comparative phylogeography of amphibians and reptiles in Algeria suggests common causes for the east-west phylogeographic breaks in the Maghreb

Menad Beddek[1,2]*, Saliha Zenboudji-Beddek[1],Philippe Geniez[1], Raouaa Fathalla[1,3], Patricia Sourouille[1], Véronique Arnal[1], Boualem Dellaoui[4], Fatiha Koudach[4], Salah Telailia[5], Olivier Peyre[2], Pierre-André Crochet[1]

[1] CEFE, CNRS, Univ. Montpellier, Univ Paul Valéry Montpellier 3, INRA, EPHE, IRD, Montpellier, France

[2] Naturalia Environnement. Site Agroparc, Avignon, France

[3] Unité de recherche de biodiversité et biologie des populations, Faculté des sciences de Tunis, Université de Tunis Elmanar, Tunis, Tunisie

[4] Département de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université Djillali Liabes, Sidi Bel Abbes, Algérie

[5] Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Chadli Bendjedid, El Tarf, Algérie

* Corresponding author

E-mail: menad.beddek@hotmail.com

Abstract

A series of phylogeographic studies in the Maghreb identified a repeated pattern of deep genetic divergence between an eastern (Tunisia) and western (Morocco) lineage for several taxa but lack of sampling in Algeria made it difficult to know if the range limits between the eastern and western lineages were shared among taxa or not. To address this question, we designed a comparative phylogeographic study using 8 reptile and 3 amphibian species with wide distribution in the Maghreb as models. We selected species where previous studies had identified an East-West phylogeographic divide and collected sampled in Algeria to 1) examine whether the simple East-West divergence pattern still holds after filling the sampling gap in Algeria or if more complex diversity patterns emerge; 2) if the E-W pattern still holds, test whether the limits between the E and W clades are shared between species, suggesting that common historical process caused the E-W divergences; 3) if E-W limits are shared between species, use information on the age of the divergence to identify possible geological or climatic events that could have triggered these E-W differentiations. We found that the E-W pattern was generally maintained after additional sampling in Algeria and identified two common disjunction areas, one around the Algeria-Morocco border, the other one in Kabylia (central Algeria), suggesting that common historical mechanisms caused the E-W divergences in the Maghreb. Our estimates for the times to most common recent ancestors to the E and W clades span a wide range between the Messinian salinity crisis and the Plio-Pleistocene limit (except for one older split), suggesting different origins for the initial divergences and subsequent preservation of the E and W lineages in common climatic refugia in the west and the east of the Maghreb.

Introduction

Understanding how global biodiversity patterns emerged from historical and ecological processes has been a major task of biogeographical studies ever since they started; identifying areas of higher diversity and endemism is also the basis for applied conservation [1,2]. The Mediterranean Basin constitutes a global biodiversity hotspot [3] and as a consequence has been identified as a conservation priority [4] because it contains high rates of endemism and elevated species richness in several taxa: higher plants [3,5], freshwater fishes [6], mammals [7], reptiles and amphibians [8], dragonflies [9].

Within the Mediterranean Basin, the Maghreb (here defined as Northern Algeria, Tunisia, and Morocco) is a well-defined ecological unit surrounded by natural barriers: the Sahara to the south and the east, the Mediterranean to the north and the Atlantic Ocean to the west[10]. It contains several

plant diversity hotspots [11,12] and is inhabited by many endemic species of reptiles and amphibians [8,13]. There is however a huge discrepancy between the amount of knowledge on biodiversity in the northern and the southern sides of the Mediterranean basin [14,15] and further research in the Maghreb would allow a better understanding of the historical processes that shaped Mediterranean biodiversity at a regional scale.

Many studies have attempted to understand how the Mediterranean biodiversity hotspot was generated (for ex. [16–20]). One of the emerging patterns of these studies is that for many species North African and South European populations are genetically related, demonstrating that the Mediterranean Sea has not always prevented dispersal and gene flow between Europe and North Africa. Much interchange occurred via land connexion before the opening of Gibraltar (see references in [19]) but in some species dispersal occurred after the filing of the Mediterranean Basin and the opening of Gibraltar at the end of the Messinian crisis (e.g. [21,22]). This succession of divergence on either side of the Mediterranean Sea and colonisation across the Mediterranean contributed building biodiversity in the Mediterranean Basin, and the Maghreb has been the source of colonisation of Europe in many thermophilic organisms [23–25].

Another factor explaining the high diversity of the Mediterranean Basin is its complex topography and history that promoted elevated rates of in situ diversification and allowed persistence of this diversity in multiple refugia during cold periods of the glacial cycles. This phenomenon has been particularly well studied in the north of the region (southern Europe: see [26]) but the Maghreb has not been as intensively investigated. Like southern Europe, the Maghreb encompasses a large diversity of landscapes and bioclimatic regions [27] and a series of phylogeographic studies also identified a high level genetic variability in many species ([25] and references therein). However, we still lack a comprehensive understanding of the main drivers of diversification within the Maghreb.

One of the shortcoming that currently impedes understanding of how the biodiversity patterns in North Africa emerged is the lack of a multi-taxa phylogeography approach. As advocated by [28], a comparative phylogeography approach is needed to identify relevant historical causes explaining observed diversity patterns. Because many concurrent demographic, geological and /or climatic events can shape the current distribution of any given taxon, only “the comparison of geographical patterns of genetic variation among multiple co-distributed taxa” [29] can enlighten demographic and

historical processes responsible for the building up of genetic diversity within species and between closely related species [30]. Accordingly, a common genetic diversity pattern shared in a given area between several taxa is supposed to be shaped by the same historical events. For example, location of contact zones between divergent lineages in Europe exhibit common patterns that have been linked to common glacial refugia and post-glacial colonization routes [31–33]. No such studies are available for the Maghreb, but several biodiversity hotspots have been suggested to correspond with glacial refugia [20,25].

While we still lack a proper comparative phylogeography approach in the Maghreb, the existing phylogeographic studies identify a seemingly repeated geographical pattern of deep lineages divergence between Tunisia in the east and Morocco in the west of the region. This E-W divergence is verified in the majority of the studied taxa: reptiles (*Natrix maura*, [34,35], *Chalcides ocellatus,* [36], *Trogonophis wiegmanni* [37], *Ptyodactylus oudrii,* [38,39], *Timon tangitanus* / *pater,* [40,41], amphibians (*Hyla meridionalis,* [42,43], *Pelophylax saharicus,* [44]), scorpions [45], rodents (*Jaculus orientalis,* [46], *Meriones shawii* complex, [47]), molluscs: *Cornu aspersum* [48]. In birds the pattern does not seem to be as general but it has been recovered in Dupont's Lark [49] and Crested Lark [50] at least.

This common pattern is currently difficult to interpret because in most cases there are few or no sample from Algeria. As a consequence, the locations of the suture zones between the E and W clades are unknown. The reasons for the lack of sampling in Algeria are mainly the current political unrest and safety issues, resulting in a large sampling gap that currently precludes our understanding of the origin of the E-W genetic divide in Maghreban lineages.

In order to improve our knowledge on the origin of current biodiversity patterns in the Maghreb, we designed a comparative phylogeography approach in the Maghreb, specifically aiming at reducing the sampling gap in Algeria. We propose that reptiles and amphibians constitute a relevant model for this study, firstly because previous studies allowed us to select several taxa showing deep E-W genetic divergence, secondly because their relatively lower dispersal ability relative to birds or large mammals make them more sensitive to landscape barriers or climatic oscillations. The aim of this study were thus: 1) to examine whether the simple East-West divergence pattern that divides the populations of many species into two main clades distributed east and west of the Maghreb still holds

after filling the sampling gap in Algeria or if more complex diversity patterns with different geographical distributions emerge; 2) if the E-W pattern still holds, to test whether the limits between the E and W clades are shared between species, suggesting that common historical process caused the E-W divergences; 3) if E-W limits are shared between species, to use information on the age of the divergence to identify possible geological or climatic events that could have triggered these E-W differentiations.

To carry out this study, we selected species that fulfil two criteria: 1) they occur throughout most of the Maghreb and 2) they have been the subject of previous phylogeographic studies and exhibit deep divergence between an eastern and western clade. We conducted targeted sampling in Algeria to produce original sequence data that were merged with sequence available in Genbank. We use mitochondrial DNA (mtDNA) as a proxy for evolutionary units because it allowed us to investigate a larger number of species (11, see material and methods) with our available resources. We are fully aware of the risks of single-markers studies [51] and of the benefits of multi-locus approaches but multi-locus analyses would have constrained us to use a reduced number of species. Moreover, most of former studies were mainly or exclusively based on mtDNA, so mtDNA is the only way to merge all existing data together. Even if several evolutionary mechanisms can cause discordance in divergence patterns between mtDNA and the nuclear genome [52], the most common pattern is by far general congruence between the two types of markers [53,54], making us confident that our general conclusion will not be affected by this problem.

Material and methods

Ethic statement

Specimens from Morocco were collected under the authorisation n° 15 HCEFLCD / DLCDPN / DPRN / CFF delivered by the « Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification ». The list of protected species of reptiles and amphibians in Algeria is has been determined by the Executive Decree n°12-235 05/24/2012. Among the species we have used, the

following are protected under Algerian law: *Acanthodactylus savignyi*, *A. blanci*, *Chalcides ocellatus*, *Timon pater*, *T. tangitanus*. However, the legislative authority supposed to deliver capture licenses for protected species according to the Law n° 14-07 relative to Natural Resources is not identified in any official document and Algerian biologists therefore have to collect tissue samples or voucher specimens without legal permits. Most tissue samples used for this study have been obtained by non-invasive processes (tail tips or muscle samples from road-killed specimens). Voucher collection has followed practice of Algerian herpetologists. Field work in protected areas has been approved, and often supported in the field, by local authorities (see list in acknowledgements).

Sampling

A total of 323 tissue samples (mainly muscle samples, sometimes buccal swabs) mostly collected from the field in Northern Algeria from 2013 to 2015 and deposited in the CEFE-CNRS tissues collection in Montpellier (BEV collection) were used in this study (S1 Table). The samples belong to 11 taxa, 8 reptiles and 3 amphibians. All these taxa had been subjected to previous phylogeographic studies revealing an E-W divergence in mtDNA: *Acanthodactylus erythrurus* [3], *Chalcides ocellatus* [36], *Hemorrhois hippocrepis* [55], *Natrix maura* [34], *Podarcis vaucheri* [56–58], *Ptyodactylus oudrii ,* [39,40], *Timon pater / tangitanus* [59,60]. The samples origin and their Gene Bank accession codes are detailed in Table S1.

DNA extraction, amplification and sequencing

DNA was extracted with the Qiagen DNeasy Blood and Tissues kit following the manufacturer's instructions. Standard protocols were used for Polymerase Chain Reaction (PCR) amplifications with the Sigma kit. The choice of the molecular marker sequenced for each species was dependant on previous published studies for this species. We used sequences of ND4 and adjacent tRNA for *Acanthodactylus erythrurus*, *Podarcis vaucheri* and *Natrix maura*, CytB for *Chalcides ocellatus, Hemorrhois hippocrepis* and *Discoglossus pictus,* CO1 for *Hyla meridionalis* and

144 *Pelophylax saharicus*, 16S RNA for *Timon pater* / *tangitanus* and 12S RNA for *Ptyodactylus oudrii,*
145 allowing us to merge our sequences with the sequences already published. PCR conditions and
146 primers are detailed in Table S2. Purification and sequencing of PCR products were carried out by
147 Eurofins MWG Germany. The chromatograms were checked using Codon code aligner version 4.2.7
148 for Windows (CodonCode Corporation, Dedham, MA, USA). The alignment of the sequences was
149 carried out with KlustalW implemented in Mega version 7.0 [61] and verified by eye.

150

151 Phylogenetic analyses

152 Rooted trees were produced with two approaches. Firstly, RaxML [62] with partitioning and
153 the online platform PhyML [63] with automatic AIC criterion based substitution model selection and
154 NNI option for tree improvement were used for maximum likelihood reconstructions. The support of
155 the nodes was evaluated by bootstrapping with 1000 replicates. As GTR is the only nucleotide
156 substitution model available in RAxML, GTR + I + G was applied to all partitions. Secondly, MrBayes
157 3.2 [64] was used for Bayesian inference (BI). Two separate runs of 6 million generations were
158 conducted with a sampling every 500 trees. Four Monte Carlo Markov chains were initiated for which
159 the starting topology was randomly selected. The convergence of the runs was visualized using
160 Tracer 1.4 [67]. The first 10% trees were eliminated as the burn-in period. The majority consensus
161 tree was computed from the remaining trees. For BI methods, best evolution models and partitioning
162 were calculated using Partitionfinder [65]. Fifty-six different models were tested and the Bayesian
163 information criterion (BIC) was used for the final choice of model. Both reconstruction methods gave
164 similar topologies for all taxa except *Timon* and we retained the BI topology for inference and mapping
165 of the deepest lineages (see below). For *Timon* we did not manage to obtain the same topology with
166 and without our short sequences so we inferred the topology using long sequences from Genbank
167 only and placed the new Algerian lineage (only represented by our short sequences) in this tree in a
168 second step. For *P. oudrii* and *T. wiegmanni*, we added longer Genbank sequences to the main
169 alignment comprising our sequences (12 S for *P. oudrii*, 16 S for *T. wiegmanni*, see Table S1) to
170 improve the nodal robustness.

Time calibration

The time to most recent common ancestor (TMRCA) of the eastern and western mitochondrial clades were estimated as follows: time calibrated trees were obtained with Beast v1.8.2 [66] under an uncorrelated lognormal relaxed clock; we used a Yule prior on rates of cladogenesis for almost all taxa since the trees included outgroup species but the constant size prior was used for *P. saharicus*; four runs were conducted for each taxon (parameters of chain's lengths and substitution rates are given in Table 1). For each time calibration tree, we used published substitution rates: [67] for *A. erythrurus,* medium evolution rate (see [69]) for *H. meridionalis* and *D. pictus,* [39] for *P. oudrii,* [69] for *P. vaucheri,* [70] for *T. pater* and *T. tangitanus,* [71] for *P. saharicus*, except *N. maura* for which we used published time calibrated nodes [72]. The four runs were first analysed in Tracer 1.4 [73] to check the convergence of the chains and then combined in LogCombiner v1.8.2 [74]. TreeAnnotator v1.7.0 [75] was used to produce the chronograms. We performed the dating analysis only on 8 of the 11 taxa (see Table 1). For *C. ocellatus* the analysis was already done by [36]. For *H. hippocrepis* and *T. wiegmanni* because of non-convergence of the runs we did not manage to have accurate results even after several runs (>4).

Table 1. Substitution models, tree prior, mean substitution rate and the number of Monte Carlo Markov chains used in the reconstruction of time calibrated trees.

Taxon	Substitution Model	Tree prior	Mean Rate	MCMC
Acanthodactylus erythrurus	GTR	Yule process	0.0174	$2.5X10^7$
Natrix maura	TN93+G+I	Yule process	-	$2X10^7$
Podarcis vaucheri	TN93+G+I	Yule process	0.0174	$2X10^7$
Ptyodactylus oudrii	GTR+G	Yule process	0.00755	$2X10^7$
Timon spp.	GTR	Yule process	0.0016	$2X10^7$
Discoglossus pictus	TN93+G+I	Yule process	0.00825	$2X10^7$
Hyla meridionalis	TN93+G+I	Yule process	0.0085	$2X10^7$
Pelophylax saharicus	HKY	Constant size	0.0195	$2X10^7$

Lineage Delimitation and genetic diversity

To estimate genetic diversity for each species we used Dnasp [76] to compute the following indices: S: number of segregating sites, H: number of haplotypes, Hd: haplotypic diversity. To assess if an E-W divide is the main process shaping mitochondrial diversity in our taxa, we used the deepest split in the phylogeny of every taxon to identify the two main clades and mapped the distribution of these two clades. To explore further significant structure in mitochondrial diversity, we used the automatic barcode gap discovery (ABGD) method [65]. Although this programme is used for species delimitation, we use it to objectively describe distinct evolutionary units regardless to their taxonomic rank. The ABGD approach is based on the principle that divergence between individuals belonging to the same “species” (here lineage) is smaller than divergence between individuals from different “species”. This approach is designed to work with short DNA sequences, hence it is appropriate for our short sequence data. The analyses were run with default settings. However, as recommended by the programme’s author when the run with the default gap width gives only one partition, the relative gap width (X=1.5 by default) was decreased to 1.2 for *Trogonophis wiegmanni* and to 1.0 for *Acanthodactylus erythrurus.* The most stable distribution value of the initial partition was used to decide the most likely number of distinct lineages. We spatially displayed the results using ARC map10 to get an explicit map of lineage distribution, then, the geographical limits between linages were plotted using the mid distance between the nearest individuals of adjacent lineages.

Results

Mitochondrial diversity and geographical distribution of major clades

Delimitation of mtDNA clades by ABGD was concordant with previous studies but our additional sampling in Algeria revealed previously overlooked lineages in several taxa (*Timon spp*, *H.*

meridionalis, *A. erythrurus*, *P. oudrii*, *P. vaucheri*: compare Fig 1 and 2 with previous studies). Patterns of mitochondrial diversity in Algeria can be grouped into three main categories: i) Algeria is inhabited by the same lineage that is found in Morocco and Tunisia (*H. hippocrepis*, *C. ocellatus*, *D. pictus*), ii) a central lineage occupies parts of Algeria and sometimes adjacent territories between the previously identified eastern and western lineages that occur in Tunisia and Morocco respectively (*Pelophylax*, *Timon*, *Natrix*, *Trogonophis*, *Hyla*) or iii) Algeria is inhabited by several lineages with restricted range (*Podarcis*, *Acanthodactylus*, *Ptyodactylus*). Several of the lineages we have identified are endemic from Algeria based on current sampling (see Figs 1 and 2). Sequence divergence between clades and diversity within clades are given in Table 2. In spite of the diversity of phylogeographic patterns uncovered by sampling in Algeria, the previously identified general pattern of an E-W divergence corresponding with the major break in mtDNA diversity (deepest node within North Africa) still holds for most taxa (see Figs 3-13).

Figs 1 and 2. Geographic distribution of genetic lineages delimited by ABGD program. The thick black lines correspond to the suture zones of the deepest splits for each taxon. Dashed lines correspond to the geographical limits between lineages delimited by ABGD program. The ABGD lineages are represented by the coloured dots.

Fig 3. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Acanthodactylus erythrurus*

The blue lineage is missing nodal support, its phylogenetic position is not resolved with the present data set.

Fig 4. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Chalcides ocellatus.*

Fig 5. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Hemorrhois hippocrepis.*

Fig 6. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Natrix maura.*

Fig 7. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Podarcis.*

The red rectangle in the phylogenetic tree highlights the Moroccan lineage falling in the eastern clade.

Fig 8. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Ptyodactylus oudrii.*
The phylogenetic position of the specimen from Ghardaia (the blue dot on the map and blue highlighted branch in the tree) is not supported.

Fig 9. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Timon spp.*
The reciprocal monophyly of E-W clades is not supported by any reconstruction method. However, the previous studies have shown that the Moroccan populations and the Tunisian ones are reciprocally monophyletic and highly supported (see references in the discussion)

Fig 10. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Trogonophis wiegmanni.*

Fig 11. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Discoglossus pictus.*

Fig 12. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Hyla meridionalis.*

Fig 13. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Pelophylax saharicus.*

Table 2. Number of groups inferred by ABGD programme, the sequences lengths, genetic distances between and within ABGD groups

Taxon	ABGD	Length (pb)	Distance within group	Distance between groups
Acanthodactylus erythrurus	15	776	0 – 0.0156 – 0.0297	0.068 – 0.125 – 0.166
Chalcides ocellatus	2	425	0.0286 – 0.0338 – 0.039	0.102 – Nc – 0.102
Hemorrhois hippocrepis	2	641	0.0042 – 0.0046 – 0.0049	0.029 – Nc – 0.029
Natrix maura	5	604	0 – 0.0023 – 0.0052	0.025 – 0.045 – 0.057
Podarcis vaucheri	6	659	0.001 – 0.0129 – 0.0294	0.064 – 0.096 – 0.134
Ptyodactylus oudrii	9	454	0.0033 – 0.0107 – 0.0268	0.034 – 0.117 – 0.177
Timon pater / tangitanus	5	477	0.0009 – 0.0048 – 0.123	0.021 – 0.042 – 0.057
Trogonophis wiegmanni	3	474	0.0123 – 0.0148 – 0.01814	0.0123 – 0.0148 – 0.0446
Discoglossus pictus	2	964	0.007 – 0.008 – 0.009	0.021 – Nc – 0.021
Hyla meridionalis	4	775	0.0011 – 0.0049 – 0.0096	0.012 – 0.047 – 0.076
Pelophylax saharicus	3	654	0.0034 – 0.005 – 0.0068	0.072 – 0.108 – 0.13

From left to right the minimum, medium and maximum distances are given within and between groups

In addition, a more complex situation emerges alongside the E-W general pattern in *Acanthodactylus* (an endemic lineages in the Atlas mountain of Morocco is of uncertain position and might be basal), *Podarcis* (a deeply divergent lineage from the Atlas Mountain of Morocco groups with a high support with the E clade, see REF) and *Ptyodactylus* (a basal lineage found in the pre-Sahara of Algeria is of uncertain position).

All studied taxa showed a high haplotypic diversity (Mean Hd = 0.094 ± 0.05, Table 3). The (E) and (W) clades don't show a significant difference in Hd (Kruskal-Wallis chi-squared = 0.434, df = 1, p = 0.51, see Table 3).

Location of E-W suture zones

Algerian populations belong to the E or W main lineages depending on the taxon (Fig 3-13). For most species the limits between the E and W lineages span a narrow longitudinal range but for *Timon*, specimens of the E lineages occupy the north of Algeria while populations of the W lineage are found along the Saharan Atlas in Algeria, resulting in a north-south phylogeographic divide within Algeria that contrast with the situation with the other taxa.

Fig 14. A: location of suture zones between deep E-W clades. B: Location of internal suture zones between ABGD groups.

A: Coloured lines correspond to the disjunction between E and W clades. B: Coloured lines correspond to the limits between ABGD lineages. Red areas correspond to biogeographical refugia described by [36]

Two repeated patterns are identified for the location of the E-W phylogeographic breaks: the Moulouya suture zone around the Algeria-Morocco border and the Kabylian suture zone in the eastern part of Algeria (Fig 14A). Six taxa out of 11 obey the "Moulouya pattern", with suture zones located between 3.4 and 0.1 °W around the Algerian-Moroccan boundaries; four species have suture zones in the Kabylia region between 3.6 and 5.3 °E. *Hyla meridionalis* is the only species that deviates from

these patterns as its disjunction area is located further east around 7.5 °E. As can be seen from Fig 12, the limits in the Kabylian suture zone are more tightly spaced than around the Moulouya valley.

Divergence time of the E-W clades

Divergence times estimated for nine of the eleven taxa, as well as the 95% highest posterior densities (HPD), are reported in Table 3. Three main diversification periods can be identified (Table 3). The first period, represented by *P. oudrii*, *N. maura,* and *Timon.spp.*, with an old diversification dated to the Miocene, long before the Messinian crisis. The second diversification event corresponds with the Messinian salinity crisis (*A. erythrurus* and *C. ocellatus*). The last period corresponds with more recent divergence within the Maghreb after the Messinian crisis between 2 and 3.6 MYA (*D. pictus*, *H. meridionalis*, *P. saharicus, P. vaucheri*)

Geographical distribution of internal clades and secondary phylogeographic suture zones

As can be seen from Fig 1, the secondary suture zones between the internal clades delimited by ABGD do not follow a general trend as internal clade limits are spread over the whole of Algeria. The only common pattern is that most sutures are E-W breaks, reinforcing the idea that for Mediterranean or mesic species, longitudinal fragmentation of ancestral areas was the main force shaping divergence in mtDNA.

Table 3. Relevant node ages and haplotypic diversity.

Taxon	Suture Zones	N	Gene	Lenght (pb)	S	H	Hd	Pi	MRCA (MY)		N	S	H	Hd	Pi
Acanthodactylus erythrurus	**M**	92	ND4 + tRNA	755	285	70	0.99	0.096	4.5 [3 - 6.25]	**Est**	32	208	23	0.97	0.08
										West	60	224	47	0.99	0.08
Chalcides ocellatus	**K**	51	CytB	425	113	44	0.99	0.06	4.57* [4.4– 4.74]	**Est**	17	46	14	0.98	0.024
										West	34	98	30	0.98	0.036

Hemorrhois hippocrepis	**K**	35	Cytb	300	15	11	0.83	0.009	–	**Est**	9	5	3	0.55	0.007
										West	26	10	9	0.74	0.005
Natrix maura	**M**	48	ND4	604	49	17	0.87	0.025	9.2 [5.7 - 14]	**Est**	34	44	13	0.82	0.015
										West	14	6	5	0.59	0.0017
Podarcis vaucheri	**K**	54	ND4 + tRNA	659	180	39	0.98	0.075	2.2 [1.5 - 3]	**Est**	25	127	19	0.97	0.06
										West	29	69	20	0.95	0.018
Ptyodactylus oudrii	**M**	51	12S-RNA	350	92	28	0.96	0.093	10.6 [6.5 - 15.4]	**Est**	21	80	14	0.93	0.005
										West	30	82	18	0.95	0.008
Timon spp.		69	16S-RNA	477	46	19	0.92	0.33	6.9 [3.8-11.4]	**Est**	32	27	8	0.8	0.024
										West	37	28	11	0.88	0.019
Trogonophis wiegmanni	**M**	30	16S-RNA	474	48	20	0.97	0.034	–	**Est**	12	19	7	0.89	0.017
										West	18	37	13	0.96	0.025
Discoglossus pictus	**M**	58	CytB	936	68	36	0.97	0.009	2 [1 - 3.3]	**Est**	52	52	31	0.96	0.006
										West	6	7	5	0.93	0.002
Hyla meridionalis	**E**	50	CO1	775	97	34	0.96	0.031	3 [1.5 - 5.76]	**Est**	10	22	9	0.97	0.009
										West	40	46	25	0.95	0.014
Pelophylax saharicus	**K**	63	CO1	654	114	33	0.93	0.066	3.65 [1.8 - 5.4]	**Est**	26	21	16	0.85	0.003
										West	37	64	17	0.87	0.028

N: Number of specimens for each taxon, gene: genetic marker, L: sequence length, S: number of segregating sites, H: number of haplotypes in the complete data set of each taxon, Hd: haplotypic diversity calculated by DnaSp, Pi : TMRCA: age of most recent ancestor of E-W clades. *: calibrations obtained from [36]

Discussion

How significant is the persistence of the E-W pattern after inclusion of Algerian samples?

The fact that we identified an E-W split as the most basal divergence within North Africa in most species (and that this E-W split structures most of the mitochondrial diversity in all of them) should not be interpreted as a support for the generality of the E-W divergence pattern in North Africa. We have chosen species where the E-W pattern had been previously recovered and we wanted to know if this pattern was disrupted by inclusion of Algerian samples. However, the persistence of this E-W divergence was not the only possible outcome of our study. In theory, new Algerian lineages could place at the basis of the mtDNA tree, leaving Moroccan and Tunisian samples in a monophyletic clade, if parts of Algeria harboured lineages that are older than the separation of Tunisian and Moroccan populations. The fact that we never recovered this pattern supports the idea that allopatry in E and W refugia is an important factor driving partitioning of genetic mitochondrial diversity in the Maghreb herpetofauna. A proper examination of this hypothesis would require phylogeographic studies of a random sample of species with a large Maghreban distribution, however.

A rapid survey of published phylogeography for Maghreban amphibians and reptiles uncovers one other general patterns in addition to the main E-W divergence: the deepest divergence is located in Morocco, with the rest of the Maghreb colonized by one of the Moroccan lineages (*Mauremys leprosa*: [77]; *Daboia mauritanica*: [78]; *Bufotes boulengeri*: [79]The other taxa either follow the general E-W divergence pattern: *Testudo graeca*: [80], *Salamandra algira* [81,82], or their phylogeography within North Africa was too poorly resolved to assign them to one of these situations: *Sclerophrys mauritanica*: [83]; *Psammodromus algirus*: [84].

In addition, more complex patterns have also emerged aside the main E-W divergence in North Africa. For example, in *Timon spp*., the disjunction corresponds with the western break area in the northern part of the range but isolated populations along the Saharan atlas to east-central Algeria belong to the western clade. These populations are geographically separated from the northern ones in Algeria carrying the eastern mtDNA haplotypes by the arid areas of the High Plateaux. Isolated populations genetically assigned to the Eastern clade are sometimes found within the range of western

populations, for example in *Podarcis*. Last, basal clades occur in the High Atlas Mountains (Morocco) for *A. erythrurus* or in the pre-Sahara for *P. oudrii*.

Concordance of suture zones between E and W lineages in several taxa suggest common historical processes

The limits of the E and W clades are concentrated in two main areas: a suture zone around the boundaries of Algeria and Morocco, broadly corresponding with the previously suggested suture zone of the Moulouya valley and one newly identified disjunction zone in the Kabylia region (see [34,44]). Both areas are also suture zones between ABGD lineages for several species. This repeated pattern, supported by results of other studies, indicate that common historical processes shaped the current divergence around these two areas. Note that there is no apparent difference in TMRCA of E and W lineages between the two main disjunction zones (see Table 3).

The Kabylian break is located around the Soumam Valley in the centre-east of Algeria. It had not been identified before this study, even if *Podarcis vaucheri* [56] and for *Cornu aspersum* [85] seemed to conform to this pattern. We show here that this area also constitutes a major divide for *Chalcides ocellatus, Pelophylax saharicus* and *Hemorrhois hippocrepis*, hence for four out of 11 taxa. The Kabylian break is also the second main disjunction area for *Natrix maura* and *Timon pater* (Fig 1).

Six of our 11 taxa conform more or less strictly to the western break pattern (see Fig 2), while this area is also a secondary break for *Hyla meridonalis* and *Pelophylax saharicus* (Fig 1). This suture zone has been identified by several previous studies [44,72,86,87] and likely for who often suggested that this suture zone was a direct consequence of the Moulouya River valley and its arid corridor, acting as a barrier for Mediterranean species (but see below).

Geographical barriers and glacial refugia

Our results suggest that the transition zone is wider than the Moulouya River valley itself (see Fig 1), suggesting that it cannot be the direct consequence of this valley. In addition, the W suture zone affects species with very diverse ecology, some of them occur in the Moulouya River valley itself (for ex. *Pelophylax*, *Natrix maura*, *Discoglossus*, *Acanthodactylus erythrurus*). It is thus obvious that the western suture zone cannot be explained by the Moulouya River itself acting as a barrier to dispersal. The Moulouya River is located in the Rifan corridor, a former marine corridor joining the Mediterranean east of the Rif Mountains with the Atlantic near present-day Rabat [88,89]. The width of this marine corridor was at least 60 km. The corridor opened between ~ 8.0 and 7.6 Ma, and the maximum sea level was reached in the late-Tortonian and decreased at the Tortonian-Messinian limit (7.2 MYA) but the connexion between the Mediterranean and the Atlantic continued during the Messinian. The final closure of the Rif corridor is dated to ~6.1 to 5.6 MYA with a large marine basin persisting until the end of the upper Pliocene 5,6 MYA [88,90–93].

The Rifan corridor was indubitably a major geographic barrier that split the Maghreb for a long period (Miocene to mid Pliocene) and several E-W divergences that we have identified can be dated to this period (see Table 3). The fact that the western break zone coincides with the area of the Rifan Corridor and that the molecular dating of these splits corresponds broadly to this period suggests that the distribution of many species were fragmented on either side of this corridor. This major past geographical barrier could explain East-west divergence in the North and North-South divergence for other species in the southern part of the corridor (Middle Atlas).

The Kabylian break is located around the Soumam valley. Although, like the Moulouya, the Soumam is a relatively dry valley compared to adjacent areas, several species that are currently affected by the Kabylian break inhabit the valley itself. We thus suggest that the Kabylian break is not a direct consequence of the presence of the Soumam River either. Unfortunately, the paleaogeography of the area is poorly documented, but no major barrier comparable to the Rifan Corridor has been identified in Kabylia.

As mentioned above (introduction), the role of the glacial / interglacial cycles in generating biodiversity below or around the species level has been thoroughly documented in Europe and North America. Nothing comparable exists for Northern Africa but we show here with a comparative phylogeography

approach a good congruence between the Kabylia suture zones and glacial refugia identified by [20] on the basis of intra- specific phylogeographies of plant species.

The major paleo barrier of the Rifan Corridor could thus explain a fair proportion of ancient divergence events in Maghreban species but the origin of many cladogenesis events remain elusive. However, the conservation of these old divergent lineages requires a long term separation or a repeated expansion / contraction of the ranges of these lineages. Given the congruence in Kabylia between the location of suture zones and the location of plant refugia, the hypothesis of repeated contraction to glacial refugia seem the most likely scenario to explain the current diversity at species and lineage scales.

Evolutionary significance of mitochondrial diversity

The lack of contemporary geographical barrier and the narrowness of the contact zones suggests the possibility of competitive exclusion between lineages. Such reciprocal exclusion can be neutral (drift in local demes) or selective (if the mtDNA lineages do not freely interbred and exclude each other's). We need a multilocus approach to examine these hypotheses. Firstly, we need to verify that the mtDNA lineages that we have identified correspond with real evolutionary units, as profound mitochondrial divergence can sometime persist without nuclear divergence (see [94]). We already know that some of the mitochondrial divergence we have studied are mirrored in nuclear genes: for *Pelophylax*, the central and W lineages differ in allozymes [95], (no sample from the E lineage were included) and for *Podarcis* E and W lineages are highly divergent in allozymes [69]. Secondly, we need to assess whether these evolutionary units persist in the face of gene flow (implying restriction to dispersal) or are associated with speciation events. Indeed, several of the "species" that we have examined are probably made of several species, implying that current taxonomy is inadequate.

A better understanding of the role of speciation events in generating the pattern of diversity that we have exposed here would also have important consequences in conservation. If some of the lineages with restricted distribution that we identified in Algeria correspond to valid biological species, the level of endemism and conservation status of the Algerian herpetofauna would be significantly

455 changed. Indeed, the western and eastern lineages of *Timon* are already widely recognized as two
456 species (*T. tangitanus* in the west and *T. pater* in the east) even if this might require confirmation. A
457 recent detailed investigation on *Tarentola mauritanica* in Morocco [96] identified several unrecognized
458 species and *Ptyodactylus oudrii* has been suggested to constitute a species complex [39]. Many
459 similar cases probably await discovery in Algeria, where the amount of detailed studies on small
460 vertebrates is much lower and ABGD identified multiple lineages in several "species" that we
461 investigated. While some of these lineages undoubtedly correspond with truly intraspecific diversity,
462 a multilocus study is needed in their contact zones to figure out the level of reproductive isolation
463 between these lineages.
464

465 ## Impact of poorly resolved phylogenies

466 The mitochondrial phylogenies we used were sometimes poorly supported. While in several taxa, it
467 was a consequence of us using short sequences and the original studies reported better supported
468 phylogenies, n *Trogonophis*, the obtained phylogeny lacks strong nodal supports (posterior probability
469 = 0.55), however a recent study resulted in the same overall topology with highly supported nodes
470 [98]. In the case of *Timon spp.*, the original study [42] reported a well-supported phylogeny but we
471 were unable to recover the same topology with our own analyses of the same dataset whatever the
472 method used. This cases highlight the need for improved phylogenetic resolution through longer
473 mitochondrial sequences and addition of multilocus data.

474 # Acknowledgments

475 Menad BEDDEK was supported by a Naturalia-Environnement/ANRT CIFRE convention N°
476 2013/0145. Field work was mainly funded by Naturalia Environnement. We thank people who helped
477 us in the field work in Algeria especially Abdelkrim Belhadj, Hibat Allah Loumassin, Benjamin Allegrini,
478 We are grateful to the Algerian authorities from the general forests direction (Direction générale des
479 forêts, DGF) and national parks (NPs) for the facilities, Saïd Abderrahmani (Belezma NP), Houari
480 Djardini (Theniet El Had NP), Nadia Ramdane (Taza NP), Amina Fellous (National agency for Nature
481 Conservation) & Mr. Allali and Mr. Ould Mohamed (DGF) for their help during field work. Sofiane

Benharriga and all members of the marine ecological association “Barbarous” helped with field work in Oran. We thank. Special thanks for Mohamed Mebarki and the direction of “*Le Galion”* Hotel for accommodation, ad to Sana Beddek-Chelbabi and Mohamed Khiar for their precious help. We are grateful to the Moroccan “Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification” for delivering our capture permit, and to Mr. Fekhaoui and Mr. Hassani from Institut Scientifique de Rabat for their help in organising field work in Morocco. The molecular data were generated at the genetic platform of our lab (Centre d’Ecologie Fonctionnelle et Evolutive): “SMGE” (Service des Marqueurs Génétiques en Ecologie). We thank all the SMGE team for their help.

References

1. Lomolino M V, Sax DF, Brown JH. Foundations of biogeography: classic papers with commentaries. University of Chicago Press; 2004.
2. Lomolino M V, Riddle BR, Brown JH, Brown JH. Biogeography. Sinauer Associates Sunderland, MA; 2006.
3. Myers N, Mittermeier R a, Mittermeier CG, da Fonseca G a, Kent J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature. 2000;403: 853–8. doi:10.1038/35002501
4. Brooks TM, Mittermeier RA, da Fonseca GAB, Gerlach J, Hoffmann M, Lamoreux JF, et al. Global biodiversity conservation priorities. Science (80-). American Association for the Advancement of Science; 2006;313: 58–61.
5. Medail F, Quezel P. Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. Ann Missouri Bot Gard. JSTOR; 1997; 112–127. doi:DOI: 10.2307/239995
6. Reyjol Y, Hugueny B, Pont D, Bianco PG, Beier U, Caiola N, et al. Patterns in species richness and endemism of European freshwater fish. Glob Ecol Biogeogr. 2007;16: 65–75. doi:10.1111/j.1466-8238.2006.00264.x
7. Randi E. Phylogeography of South European mammals BT - Phylogeography of Southern European Refugia: Evolutionary perspectives on the origins and conservation of European biodiversity. In: Weiss S, Ferrand N, editors. Dordrecht: Springer Netherlands; 2007. pp. 101–126. doi:10.1007/1-4020-4904-8_3
8. Cox N, Chanson J, Stuart S. The status and distribution of reptiles and amphibians of the Mediterranean Basin. IUCN; 2006.
9. Cuttelod A, García N, Abdul Malak D, Temple HJ, Katariya V. The Mediterranean: a biodiversity hotspot under threat. Wildl a Chang World–an Anal 2008 IUCN Red List Threat Species. by: IUCN, Gland, Switzerland; 2009;89.
10. Fonseca MM, Brito JC, Paulo OS, Carretero MA, Harris DJ. Molecular Phylogenetics and Evolution Systematic and phylogeographical assessment of the Acanthodactylus erythrurus group (Reptilia : Lacertidae) based on phylogenetic analyses of mitochondrial and nuclear DNA. Mol Phylogenet Evol. Elsevier Inc.; 2009;51: 131–142. doi:10.1016/j.ympev.2008.11.021
11. Véla E, Benhouhou S. [Assessment of a new hotspot for plant biodiversity in the Mediterranean basin (North Africa)]. C R Biol. 2007;330: 589–605. doi:10.1016/j.crvi.2007.04.006

12. Yahi N, Vela E, Benhouhou S, Belair G De, Gharzouli R. Identifying Important Plants Areas (Key Biodiversity Areas for Plants) in northern Algeria. J Threat Taxa. 2012;4: 2753–2765. doi:http://dx.doi.org/10.11609/JoTT.o2998.2753-65
13. Busack SD. Biogeographic Analysis of the Herpetofauna. Natl Geogr Res. 1986;2: 17–3G.
14. James Harris D, Froufe E. Taxonomic inflation: species concept or historical geopolitical bias? Trends Ecol Evol (Personal Ed. 2005;20: 6-7-9. doi:10.1016/j.tree.2004.11.004
15. Ficetola GF, Bonardi A, Sindaco R, Padoa-Schioppa E. Estimating patterns of reptile biodiversity in remote regions. J Biogeogr. 2013;40: 1202–1211. doi:10.1111/jbi.12060
16. Gómez A, Lunt DH. Refugia within Refugia: Patterns of Phylogeographic Concordance in the Iberian Peninsula BT - Phylogeography of Southern European Refugia: Evolutionary perspectives on the origins and conservation of European biodiversity. In: Weiss S, Ferrand N, editors. Dordrecht: Springer Netherlands; 2007. pp. 155–188. doi:10.1007/1-4020-4904-8_5
17. Schmitt T, Rákosy L, Abadjiev S, Müller P. Multiple differentiation centres of a non-Mediterranean butterfly species in south-eastern Europe. J Biogeogr. Wiley Online Library; 2007;34: 939–950. doi:10.1111/j.1365-2699.2006.01684.x
18. Nieto Feliner G. Patterns and processes in plant phylogeography in the Mediterranean Basin. A review. Perspect Plant Ecol Evol Syst. Elsevier GmbH.; 2014;16: 265–278. doi:10.1016/j.ppees.2014.07.002
19. García-alix A, Garc A, Minwer-barakat R, Mart E. Updating the Europe – Africa small mammal exchange during the late Messinian Updating the Europe – Africa small mammal exchange during the late Messinian. J Biogeogr. 2016;2017: 10–13. doi:10.1111/jbi.12732
20. Médail F, Diadema K. Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. J Biogeogr. 2009;36: 1333–1345. doi:10.1111/j.1365-2699.2008.02051.x
21. Veríssimo J, Znari M, Stuckas H, Fritz U, Pereira P, Teixeira J, et al. Pleistocene diversification in Morocco and recent demographic expansion in the Mediterranean pond turtle Mauremys leprosa. Biol J Linn Soc. 2016; doi:10.1111/bij.12849
22. Ahmadzadeh F, Flecks M, Carretero MA, Ihlow F, Kapli P, Miraldo A, et al. Separate histories in both sides of the Mediterranean : phylogeny and niche evolution of ocellated lizards. 2016; doi:10.1111/jbi.12703
23. Cosson JF, Hutterer R, Libois R, Sarà M, Taberlet P, Vogel P. Phylogeographical footprints of the Strait of Gibraltar and Quaternary climatic fluctuations in the western Mediterranean: A case study with the greater white-toothed shrew, Crocidura russula (Mammalia: Soricidae). Mol Ecol. 2005;14: 1151–1162. doi:10.1111/j.1365-294X.2005.02476.x
24. Habel JC, Lens L, Rödder D, Schmitt T. From Africa to Europe and back: refugia and range shifts cause high genetic differentiation in the Marbled White butterfly Melanargia galathea. BMC Evol Biol. 2011;11: 215. doi:10.1186/1471-2148-11-215
25. Husemann M, Schmitt T, Zachos FE, Ulrich W, Habel JC. Palaearctic biogeography revisited: evidence for the existence of a North African refugium for Western Palaearctic biota. Riddle B, editor. J Biogeogr. 2014;41: 81–94. doi:10.1111/jbi.12180
26. Stewart JR, Lister AM, Barnes I, Dale L. Refugia revisited : individualistic responses of species in space and time. Proc R Soc B Biol Sci. 2010;277: 661–671. doi:10.1098/rspb.2009.1272
27. Allen H. Mediterranean ecogeography. Pearson Ed. 2001.
28. Avise JC. Phylogeography: the history and formation of species. Harvard university press; 2000.
29. Arbogast BS, Kenagy GJ. Comparative phylogeography as an integrative approach to historical biogeography. J Biogeogr. Wiley Online Library; 2001;28: 819–825. doi:10.1046/j.1365-2699.2001.00594.x

30. Avise JC. Phylogeography: Retrospect and prospect. J Biogeogr. 2009;36: 3–15. doi:10.1111/j.1365-2699.2008.02032.x
31. Hewitt GM. Speciation , hybrid zones and phylogeography — or seeing genes in space and time. Mol Ecol. 2001;1: 537–549. doi:10.1046/j.1365-294x.2001.01202.x
32. Hewitt GM. Quaternary phylogeography : the roots of hybrid zones. Genetica. 2011;139: 617–638. doi:10.1007/s10709-011-9547-3
33. TABERLET P, FUMAGALLI L, WUST-SAUCY A, COSSON J. Comparative phylogeography and postglacial colonization routes in Europe. Mol Ecol. Wiley Online Library; 1998;7: 453–464. doi:10.1046/j.1365-294x.1998.00289.x
34. Barata M, Harris DJ, Castilho R. Comparative phylogeography of northwest African Natrix maura (Serpentes : Colubridae) inferred from mtDNA sequences. African Zool. 2008;43: 1–7. doi:10.3377/1562-7020(2008)43[1:CPONAN]2.0.CO;2
35. Guicking D, Joger U, Wink M. Molecular phylogeography of the viperine snake Natrix maura (Serpentes: Colubridae): Evidence for strong intraspecific differentiation. Org Divers Evol. 2008;8: 130–145. doi:10.1016/j.ode.2007.05.001
36. Kornilios P, Kyriazi P, Poulakakis N, Kumlutaş Y, Ilgaz C, Mylonas M, et al. Phylogeography of the ocellated skink Chalcides ocellatus (Squamata, Scincidae), with the use of mtDNA sequences: a hitch-hiker's guide to the Mediterranean. Mol Phylogenet Evol. 2010;54: 445–56. doi:10.1016/j.ympev.2009.09.015
37. Mendonça B, Harris DJ. Genetic variation within Trogonophis wiegmanni Kaup 1830. Belgian J Zool. 2007;137: 239–242.
38. Perera A, Harris DJ, Harris J. Genetic variability within the Oudri 's fan-footed gecko Ptyodactylus oudrii in North Africa assessed using mitochondrial and nuclear DNA sequences. Mol Phylogenet Evol. 2010;54: 634–639. doi:10.1016/j.ympev.2009.10.020
39. Metallinou M, Červenka J, Crochet P-A, Kratochvíl L, Wilms T, Geniez P, et al. Species on the rocks: Systematics and biogeography of the rock-dwelling Ptyodactylus geckos (Squamata: Phyllodactylidae) in North Africa and Arabia. Mol Phylogenet Evol. 2015;85: 208–220. doi:10.1016/j.ympev.2015.02.010
40. Perera A, Harris DJ. Perera & Harris Timon Morroco African zollogy 2010.pdf. 2010. pp. 321–329.
41. Paulo OS, Pinheiro J, Miraldo a., Bruford MW, Jordan WC, Nichols R a. The role of vicariance vs. dispersal in shaping genetic patterns in ocellated lizard species in the western Mediterranean. Mol Ecol. 2008;17: 1535–1551. doi:10.1111/j.1365-294X.2008.03706.x
42. Recuero E, Iraola A, Rubio X, Machordom A, García-París M. Mitochondrial differentiation and biogeography of Hyla meridionalis (Anura: Hylidae): an unusual phylogeographical pattern. J Biogeogr. 2007;34: 1207–1219. doi:10.1111/j.1365-2699.2007.01688.x
43. Stöck M, Dubey S, Klütsch C, Litvinchuk SN, Scheidt U, Perrin N. Mitochondrial and nuclear phylogeny of circum-Mediterranean tree frogs from the Hyla arborea group. Mol Phylogenet Evol. 2008;49: 1019–1024. doi:10.1016/j.ympev.2008.08.029
44. Nicolas V, Mataame A, Crochet P-A, Geniez P, Ohler A. Phylogeographic patterns in North African water frog Pelophylax saharicus (Anura: Ranidae). J Zool Syst Evol Res. 2015; n/a-n/a. doi:10.1111/jzs.12094
45. Sousa P, Harris DJ, Froufe E, van der Meijden a. Phylogeographic patterns of Buthus scorpions (Scorpiones: Buthidae) in the Maghreb and South-Western Europe based on CO1 mtDNA sequences. J Zool. 2012;288: 66–75. doi:10.1111/j.1469-7998.2012.00925.x
46. Ben Faleh a. R, Granjon L, Tatard C, Othmen a. Ben, Said K, Cosson JF. Phylogeography of the Greater Egyptian Jerboa (Jaculus orientalis) (Rodentia: Dipodidae) in Mediterranean North Africa. J Zool. 2011;286: n/a-n/a. doi:10.1111/j.1469-7998.2011.00868.x
47. Lalis A, Leblois R, Stoetzel E, Souttou K, Denys C, Nicolas V. Phylogeography and

demographic history of Shaw ' s Jird (Meriones shawii complex) in North Africa. 2016; 262–279. doi:10.1111/bij.12725
48. Pfenninger M, Véla E, Jesse R, Elejalde MA, Liberto F, Magnin F, et al. Temporal speciation pattern in the western Mediterranean genus Tudorella P. Fischer, 1885 (Gastropoda, Pomatiidae) supports the Tyrrhenian vicariance hypothesis. Mol Phylogenet Evol. 2010;54: 427–436. doi:10.1016/j.ympev.2009.09.024
49. García JT, Suárez F, Garza V, Calero-Riestra M, Hernández J, Pérez-Tris J. Genetic and phenotypic variation among geographically isolated populations of the globally threatened Dupont's lark Chersophilus duponti. Mol Phylogenet Evol. Elsevier; 2008;46: 237–251. doi:10.1016/j.ympev.2007.06.022
50. Guillaumet A, CROCHET P, Godelle B. Phenotypic variation in Galerida larks in Morocco: the role of history and natural selection. Mol Ecol. Wiley Online Library; 2005;14: 3809–3821. doi:doi:10.1111/j.1365-294X.2005.02696.x
51. Funk DJ, Omland KE. Species-level paraphyly and polyphyly: frequency, causes, and consequences, with insights from animal mitochondrial DNA. Annu Rev Ecol Evol Syst. Annual Reviews 4139 El Camino Way, PO Box 10139, Palo Alto, CA 94303-0139, USA; 2003;34: 397–423. doi:10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132421
52. Denton RD, Kenyon LJ, Greenwald KR, Gibbs HL. Evolutionary basis of mitonuclear discordance between sister species of mole salamanders (Ambystoma sp.). Mol Ecol. Wiley Online Library; 2014;23: 2811–2824.
53. Zink RM, Barrowclough GF. Mitochondrial DNA under siege in avian phylogeography. Mol Ecol. 2008;17: 2107–2121. doi:10.1111/j.1365-294X.2008.03737.x
54. Kerr KCR, Stoeckle MY, Dove CJ, Weigt LA, Francis CM, Hebert PDN. Comprehensive DNA barcode coverage of North American birds. Mol Ecol Resour. Wiley Online Library; 2007;7: 535–543.
55. Carranza S, Arnold EN, Pleguezuelos JM. Phylogeny, biogeography, and evolution of two Mediterranean snakes, Malpolon monspessulanus and Hemorrhois hippocrepis (Squamata, Colubridae), using mtDNA sequences. Mol Phylogenet Evol. 2006;40: 532–546. doi:10.1016/j.ympev.2006.03.028
56. Kaliontzopoulou A, Pinho C, Harris DJ, Carretero M a. When cryptic diversity blurs the picture: a cautionary tale from Iberian and North African Podarcis wall lizards. Biol J Linn Soc. 2011;103: 779–800. doi:10.1111/j.1095-8312.2011.01703.x
57. Lima A, Pinho C, Larbes S, Carretero M, Brito JC, Harris DJ. Relationships of Podarcis wall lizards from Algeria based on mtDNA data. Amphibia-Reptilia. 2009;30: 483–492. doi:10.1163/156853809789647103
58. Renoult JP, Geniez P, Beddek M, Crochet P-A. An isolated population of Podarcis vaucheri (Sauria: Lacertidae) in south-eastern Spain: Genetic data suggest human-mediated range expansion. Amphib Reptil. 2010;31. doi:10.1163/156853810791069074
59. Paulo OS, Pinheiro J, Miraldo A, Bruford MW, Jordan WC, Nichols R a. The role of vicariance vs. dispersal in shaping genetic patterns in ocellated lizard species in the western Mediterranean. Mol Ecol. 2008;17: 1535–1551. doi:10.1111/j.1365-294X.2008.03706.x
60. Perera A, Harris DJ. Genetic Variability in the Ocellated Lizard Timon tangitanus in Morocco. African Zool. Zoological Society of Southern Africa; 2010;45: 321–329. doi:10.3377/004.045.0211
61. Kumar S, Stecher G, Tamura K. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets. Mol Biol Evol. SMBE; 2016; msw054. doi:10.1093/molbev/msw054
62. Stamatakis A. RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. Bioinformatics. Oxford Univ Press; 2014;30: 1312–1313. doi:10.1093/bioinformatics/btu033

63. Guindon S, Lethiec F, Duroux P, Gascuel O. PHYML Online—a web server for fast maximum likelihood-based phylogenetic inference. Nucleic Acids Res. Oxford Univ Press; 2005;33: W557–W559. doi:doi.org/10.1093/nar/gki352
64. Ronquist F, Teslenko M, van der Mark P, Ayres DL, Darling A, Höhna S, et al. MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. Syst Biol. Oxford University Press; 2012;61: 539–542. doi:10.1093/sysbio/sys029
65. Puillandre N, Lambert A, Brouillet S, Achaz G. ABGD, Automatic Barcode Gap Discovery for primary species delimitation. Mol Ecol. 2012;21: 1864–1877. doi:10.1111/j.1365-294X.2011.05239.x
66. Drummond AJ, Suchard MA, Xie D, Rambaut A. Bayesian phylogenetics with BEAUti and the BEAST 1.7. Mol Biol Evol. 2012;29: 1969–1973. doi:10.1093/molbev/mss075
67. Barata M, Carranza S, Harris DJ. Extreme genetic diversity in the lizard Atlantolacerta andreanskyi (Werner , 1929): A montane cryptic species complex. BMC Evol Biol. 2012; doi:10.1186/1471-2148-12-167
68. Guarnizo CE, Amézquita A, Bermingham E. The relative roles of vicariance versus elevational gradients in the genetic differentiation of the high Andean tree frog, Dendropsophus labialis. Mol Phylogenet Evol. Elsevier Inc.; 2009;50: 84–92. doi:10.1016/j.ympev.2008.10.005
69. Pinho C, Harris DJ, Ferrand N. Contrasting patterns of population subdivision and historical demography in three western Mediterranean lizard species inferred from mitochondrial DNA variation. Mol Ecol. 2007;16: 1191–205. doi:10.1111/j.1365-294X.2007.03230.x
70. Guo X, Dai X, Chen D, Papenfuss TJ, Ananjeva NB, Melnikov DA, et al. Phylogeny and divergence times of some racerunner lizards (Lacertidae: Eremias) inferred from mitochondrial 16S rRNA gene segments. Mol Phylogenet Evol. Elsevier Inc.; 2011;61: 400–412. doi:10.1016/j.ympev.2011.06.022
71. Li Z, Yu G, Rao D, Yang J. Phylogeography and Demographic History of Babina pleuraden (Anura , Ranidae) in Southwestern China. PLoS One. 2012;7: 1–10. doi:10.1371/journal.pone.0034013
72. Guicking D, Lawson R, Joger U, Wink M. Evolution and phylogeny of the genus Natrix (Serpentes : Colubridae). Biol J Linn Soc. 2006;87: 127–143. doi:10.1111/j.1095-8312.2006.00561.x
73. Rambaud A, Drummond AJ. Tracer, version 1.4 [Internet]. Available; 2007.
74. A Rambaut AD-2015. No Title.
75. Rambaut, A., & Drummond, A. J. (2013). TreeAnnotator v1. 7.0. Available as part of the BEAST package at http://beast. bio. ed. ac. uk.
76. Rozas J, Sánchez-DelBarrio JC, Messeguer X, Rozas R. DnaSP, DNA polymorphism analyses by the coalescent and other methods. Bioinformatics. Oxford Univ Press; 2003;19: 2496–2497.
77. Fritz U, Barata M, Busack SD, Fritzsch G, Castilho R. Impact of mountain chains, sea straits and peripheral populations on genetic and taxonomic structure of a freshwater turtle, Mauremys leprosa (Reptilia, Testudines, Geoemydidae). Zool Scr. Wiley Online Library; 2006;35: 97–108. doi:10.1111/j.1463-6409.2005.00218.x
78. Martínez-Freiría F, Crochet P-A, Fahd S, Geniez P, Brito JC, Velo-Antón G. Integrative phylogeographical and ecological analysis reveals multiple Pleistocene refugia for Mediterranean Daboia vipers in north-west Africa. Biol J Linn Soc. 2017; doi:10.1093/biolinnean/blx038
79. Nicolas V, Mataame A, Crochet P, Geniez P, Fahd S, Ohler A. Phylogeography and ecological niche modeling unravel the evolutionary history of the African green toad, Bufotes boulengeri boulengeri (Amphibia: Bufonidae), through the Quaternary. J Zool Syst Evol Res.

719 Wiley Online Library; 2018;56: 102–116.
720 80. Graciá EVA, Vargas-ramírez M, Delfino M, Anadón JD, Giménez A, Fahd S, et al. Expansion
721 after expansion : dissecting the phylogeography of the widely distributed spur-thighed tortoise
722 , Testudo graeca (Testudines : Testudinidae). Biol J Linn Soc. 2017; 1–14.
723 81. Merabet K, Sanchez E, Dahmana A, Bogaerts S, Donaire D, Steinfartz S, et al.
724 Phylogeographic relationships and shallow mitochondrial divergence of Algerian populations
725 of Salamandra algira. Amphibia-Reptilia. Brill; 2016;37: 1–8.
726 82. Ben Hassine J, Gutiérrez-Rodríguez J, Escoriza D, Martínez-Solano I. Inferring the roles of
727 vicariance, climate and topography in population differentiation in *Salamandra algira*
728 (Caudata, Salamandridae). J Zool Syst Evol Res. 2016; n/a-n/a. doi:10.1111/jzs.12123
729 83. Harris D, Perera A. Phylogeography and genetic relationships of North African Bufo
730 mauritanicus Schlegel, 1841 estimated from mitochondrial DNA sequences. Biologia (Bratisl).
731 2009;64: 356–360. doi:10.2478/s11756-009-0042-6
732 84. Carranza S, Harris DJ, Arnold EN, Batista V, Gonzalez de la Vega JP. Phylogeography of the
733 lacertid lizard, Psammodromus algirus, in Iberia and across the Strait of Gibraltar. J Biogeogr.
734 2006;33: 1279–1288. doi:10.1111/j.1365-2699.2006.01491.x
735 85. Guiller A, Coutellec-Vreto MA, Madec L, Deunff J. Evolutionary history of the land snail Helix
736 aspersa in the western mediterranean: Preliminary results inferred from mitochondrial DNA
737 sequences. Mol Ecol. 2001;10: 81–87. doi:10.1046/j.1365-294X.2001.01145.x
738 86. Nicolas V, Ndiaye A, Benazzou T, Souttou K, Delapre A, Denys C. Phylogeography of the
739 North African dipodil (Rodentia: Muridae) based on cytochrome- b sequences. J Mammal.
740 2014;95: 241–253. doi:10.1644/13-MAMM-A-241
741 87. Barata M, Harris DJ, Castilho R. Comparative phylogeography of northwest African Natrix
742 maura (Serpentes: Colubridae) inferred from mtDNA sequences. African Zool. Zoological
743 Society of Southern Africa; 2008;43: 1–7. doi:10.3377/1562-
744 7020(2008)43[1:CPONAN]2.0.CO;2
745 88. Kouwenhoven T., Hilgen F., van der Zwaan G. Late Tortonian–early Messinian stepwise
746 disruption of the Mediterranean–Atlantic connections: constraints from benthic foraminiferal
747 and geochemical data. Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol. 2003;198: 303–319.
748 doi:10.1016/S0031-0182(03)00472-3
749 89. Barhoun N, Bachiri Taoufiq N. Événements biostratigraphiques et environnementaux
750 enregistrés dans le corridor sud rifain (Maroc septentrional) au Miocène supérieur avant la
751 crise de salinité messinienne. Geodiversitas. 2008;30: 21–40.
752 90. Kouwenhoven TJ, van der Zwaan GJ. A reconstruction of late Miocene Mediterranean
753 circulation patterns using benthic foraminifera. Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol.
754 2006;238: 373–385. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.03.035
755 91. Bachiri Taoufiq N, Barhoun N. La végétation, le climat et l'environnement marin au Tortonien
756 supérieur dans le bassin de Taza-Guercif (corridor rifain, Maroc Oriental) d'après la
757 palynologie. Geobios. 2001;34: 13–24. doi:10.1016/S0016-6995(01)80039-5
758 92. Bachiri Taoufiq N, Barhoun N, Suc JP. Les environnements continentaux du corridor rifain
759 (Maroc) au Mioc??ne sup??rieur d'apr??s la palynologie. Geodiversitas. 2008;30: 41–58.
760 93. Achalhi M, Münch P, Cornée J-J, Azdimousa A, Melinte-Dobrinescu M, Quillévéré F, et al.
761 The late Miocene Mediterranean-Atlantic connections through the North Rifian Corridor: New
762 insights from the Boudinar and Arbaa Taourirt basins (northeastern Rif, Morocco).
763 Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol. 2016;459: 131–152.
764 doi:10.1016/j.palaeo.2016.06.040
765 94. Lindell J, Mendez-De La Cruz FR, Murphy RW. Deep biogeographical history and
766 cytonuclear discordance in the black-tailed brush lizard (Urosaurus nigricaudus) of Baja
767 California. Biol J Linn Soc. Oxford University Press; 2008;94: 89–104. doi:10.1111/j.1095-

8312.2008.00976.x
95. Arano B, Llorente GA, Montori A, Buckley D, Herrero P. Diversification in north-west African water frogs: molecular and morphological evidence. Herpetol J. British Herpetological Society; 1998;8: 57–64.
96. Rato C, Harris DJ, Carranza S, Machado L, Perera A. The taxonomy of the Tarentola mauritanica species complex (Gekkota: Phyllodactylidae): Bayesian species delimitation supports six candidate species. Mol Phylogenet Evol. Elsevier Inc.; 2016;94: 271–278. doi:10.1016/j.ympev.2015.09.008

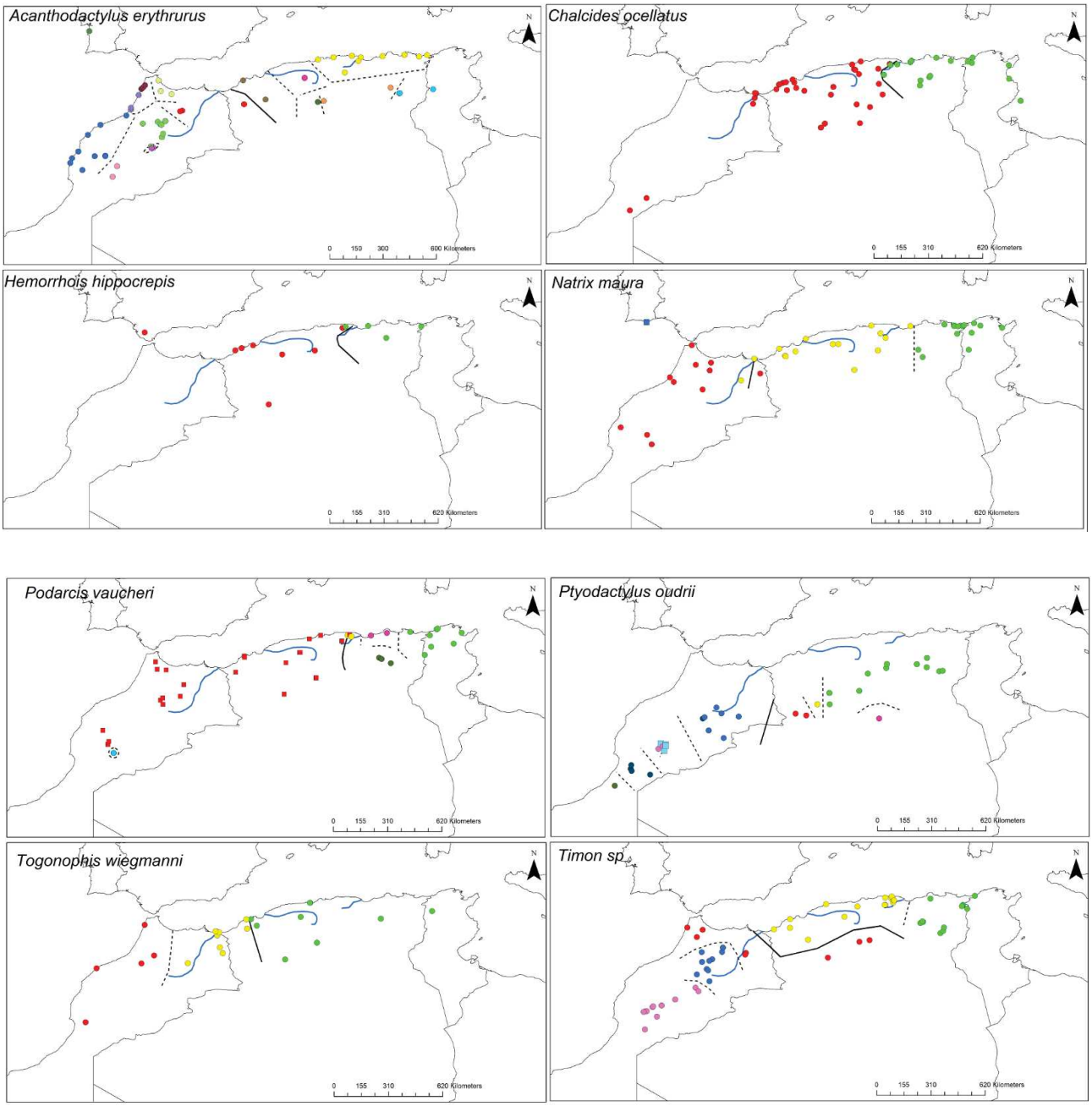


Fig 1. Geographic distribution of genetic lineages delimited by ABGD program

The thick black lines correspond to the suture zones of the deepest splits for each taxon. Dashed lines correspond to the geographical limits between lineages delimited by ABGD program. The ABGD lineages are represented by the coloured dots

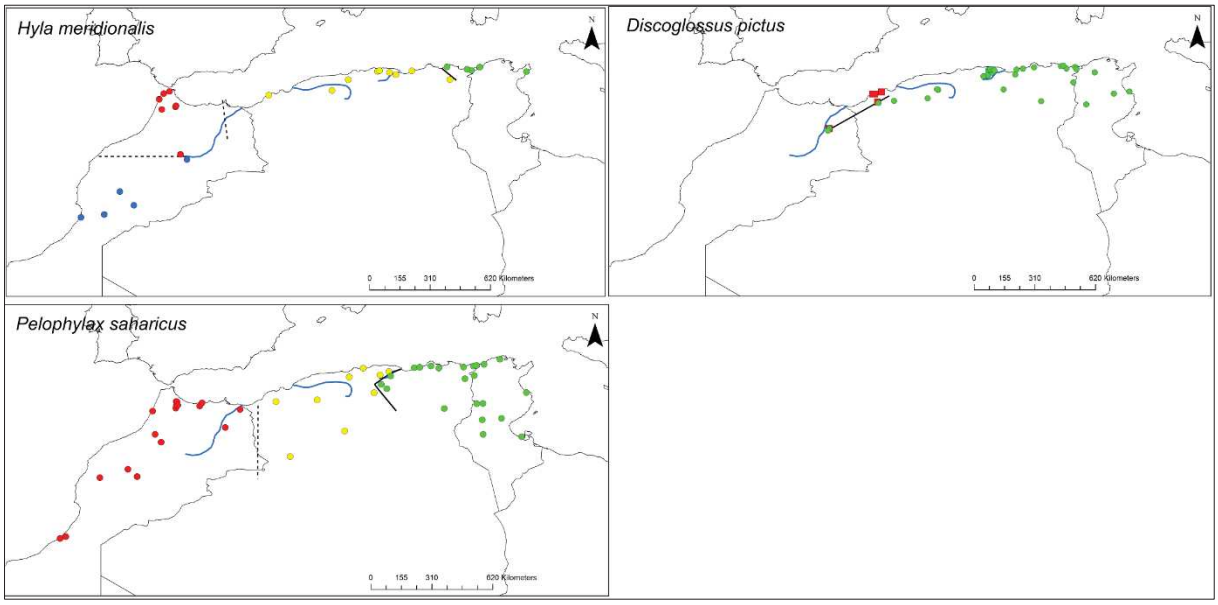


Fig 2. (Continued) Geographic distribution of genetic lineages delimited by ABGD program

The thick black lines correspond to the suture zones of the deepest splits for each taxon. Dashed lines correspond to the geographical limits between lineages delimited by ABGD program. The ABGD lineages are represented by the coloured dots

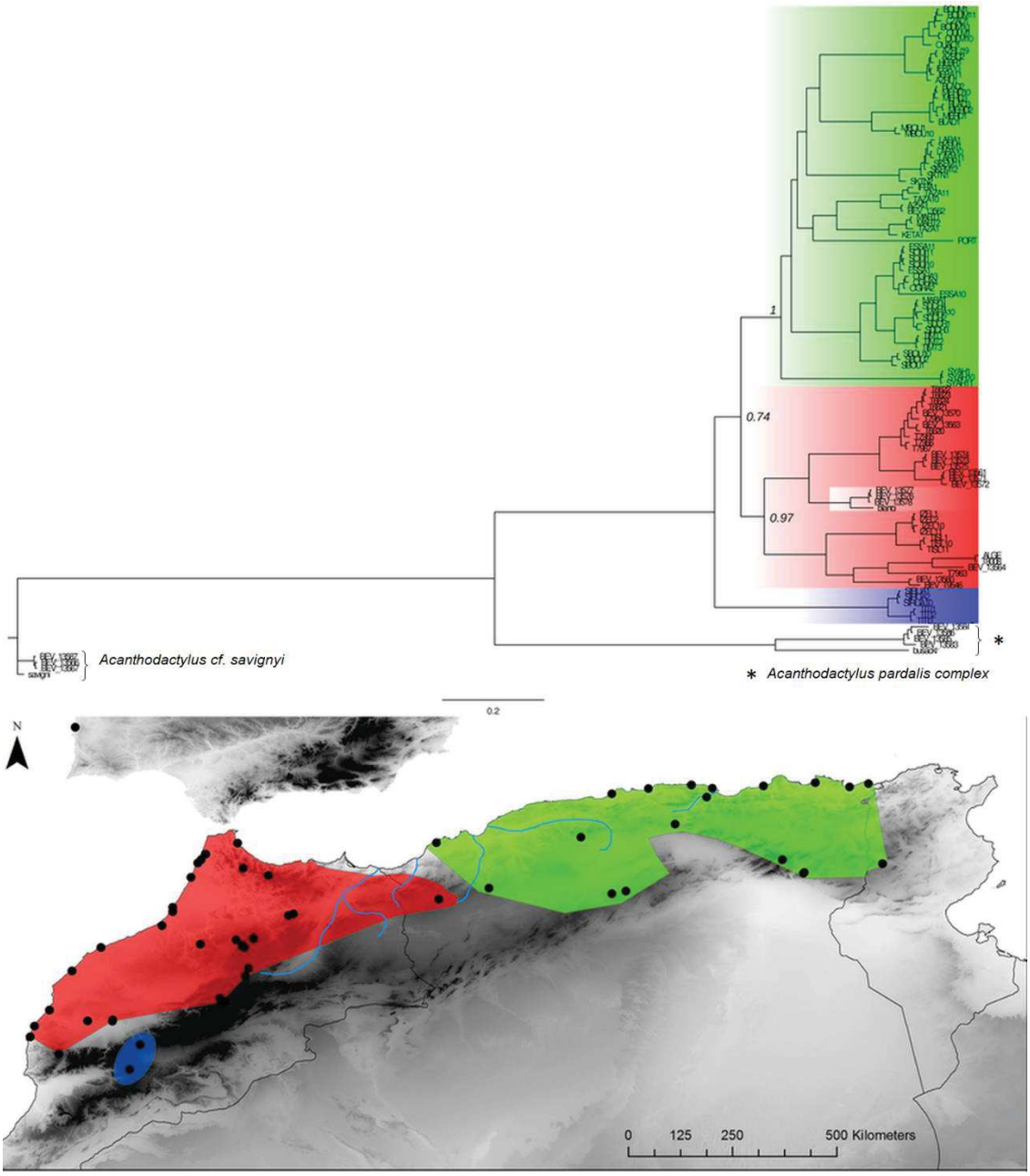


Fig 3. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Acanthodactylus erythrurus*

The blue lineage is missing nodal support, its phylogenetic position is not resolved with the present data set.

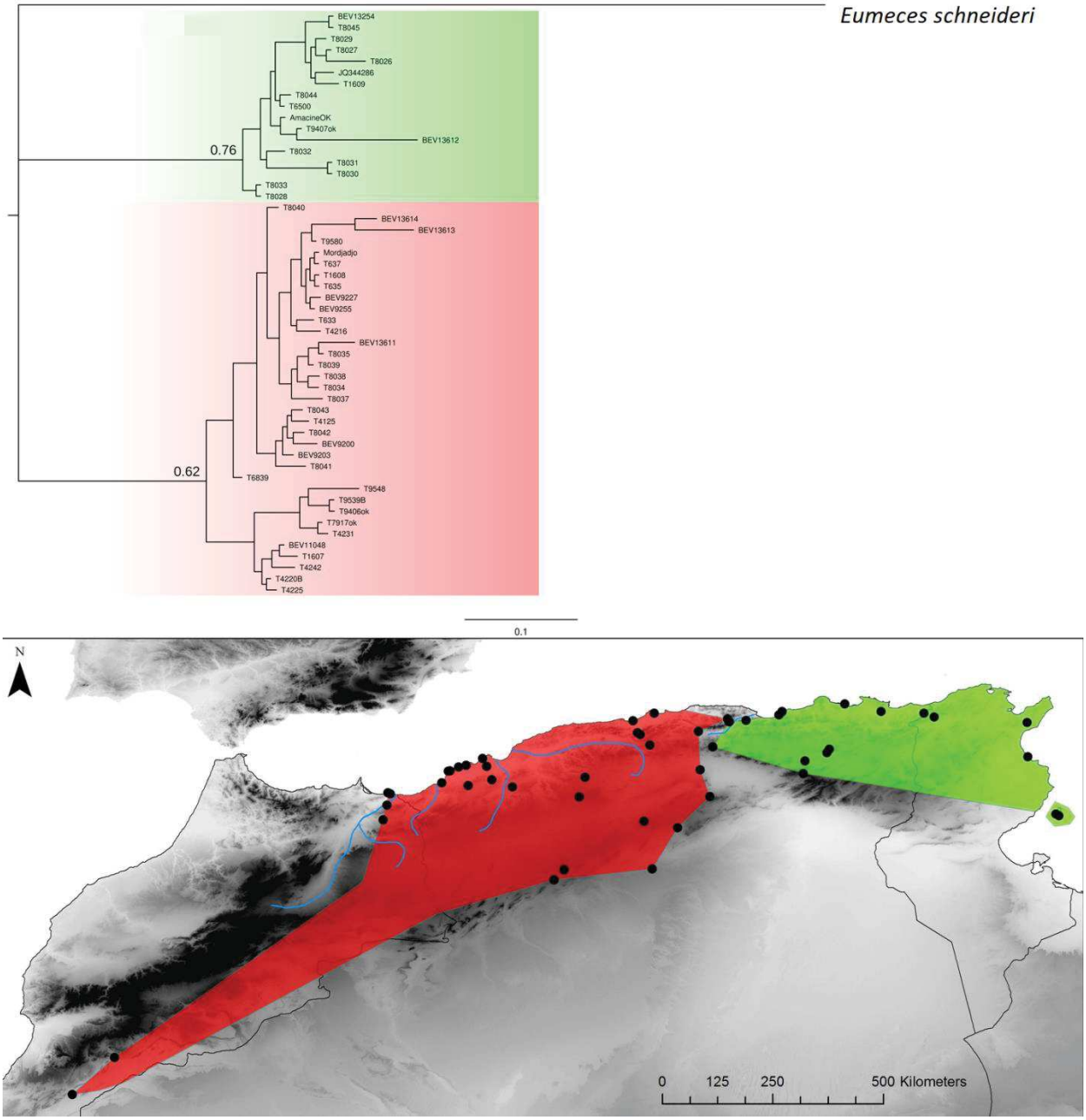


Fig 4. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Chalcides ocellatus.*

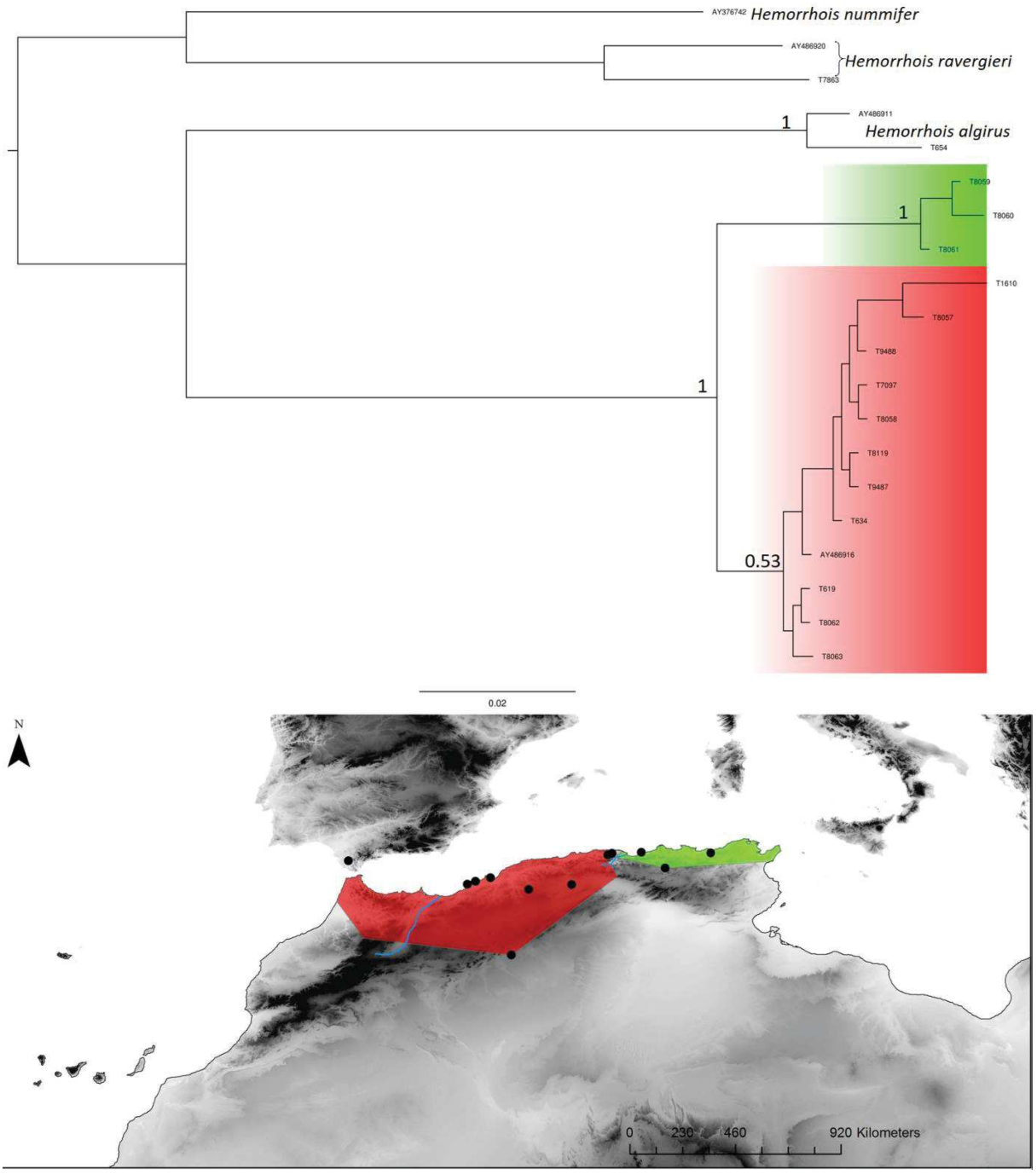


Fig 5. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Hemorrhois hippocrepis*.

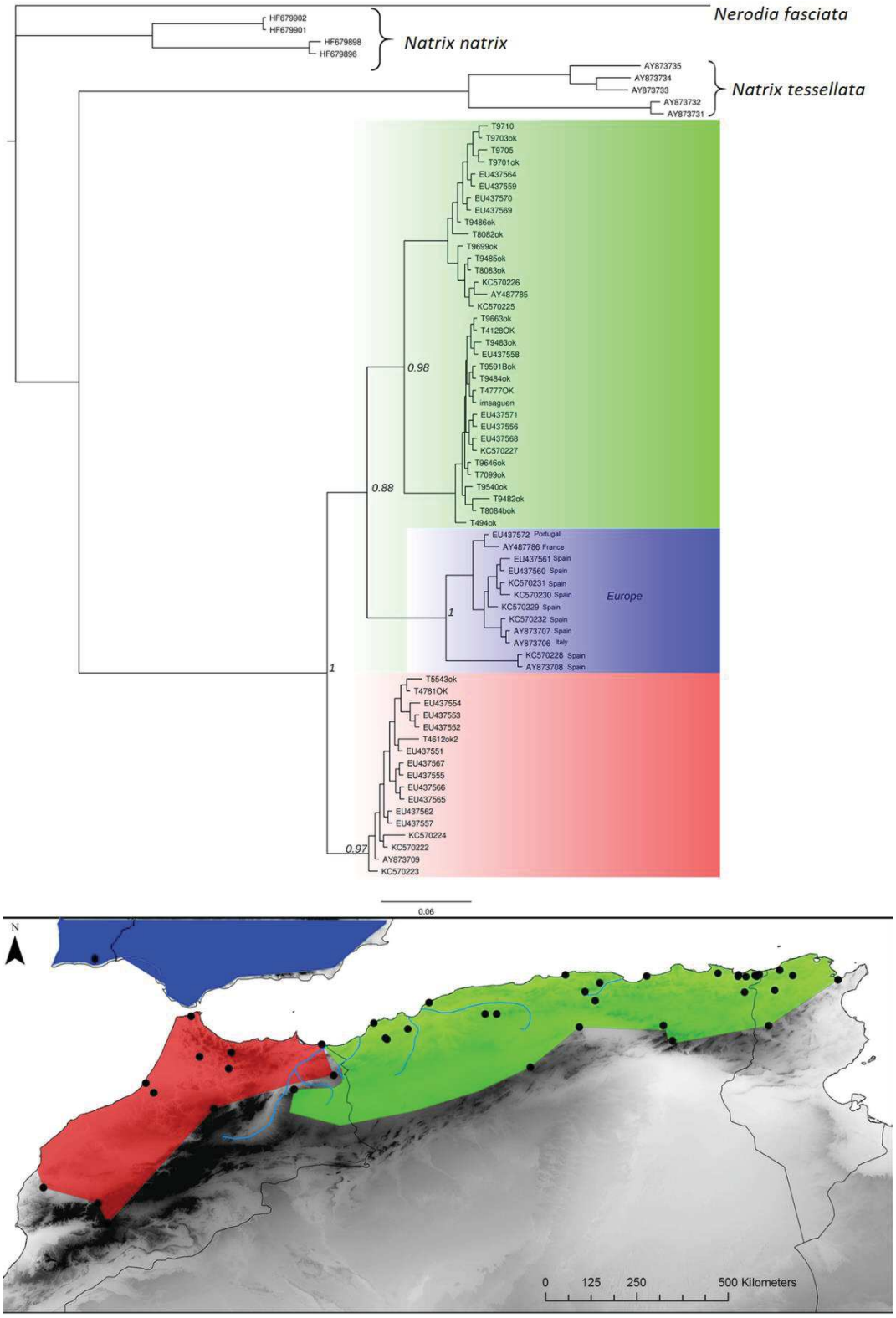


Fig 6. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Natrix maura*.

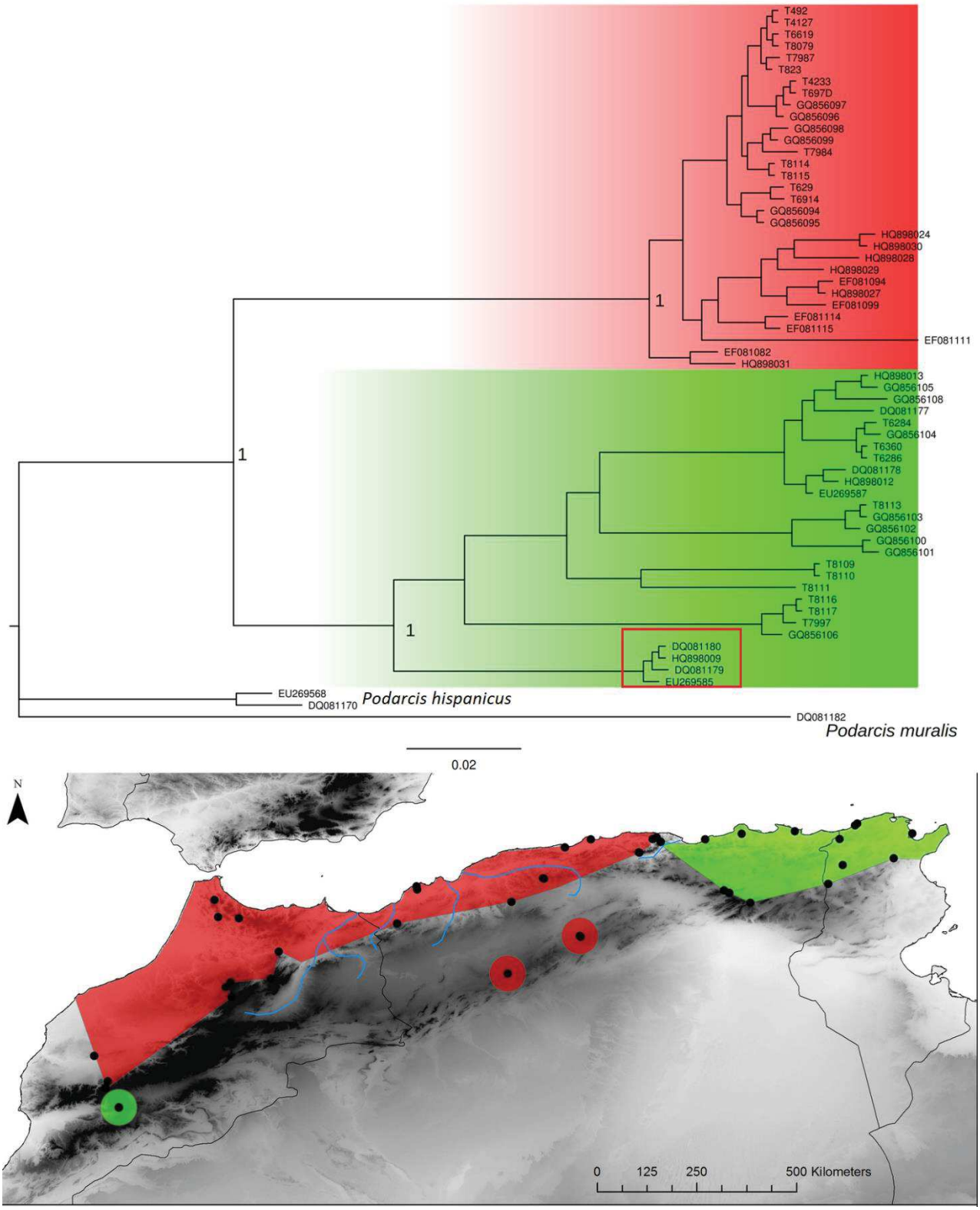


Fig 7. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Podarcis vaucheri.*

The red rectangle in the phylogenetic tree highlights the Moroccan lineage falling in the eastern clade

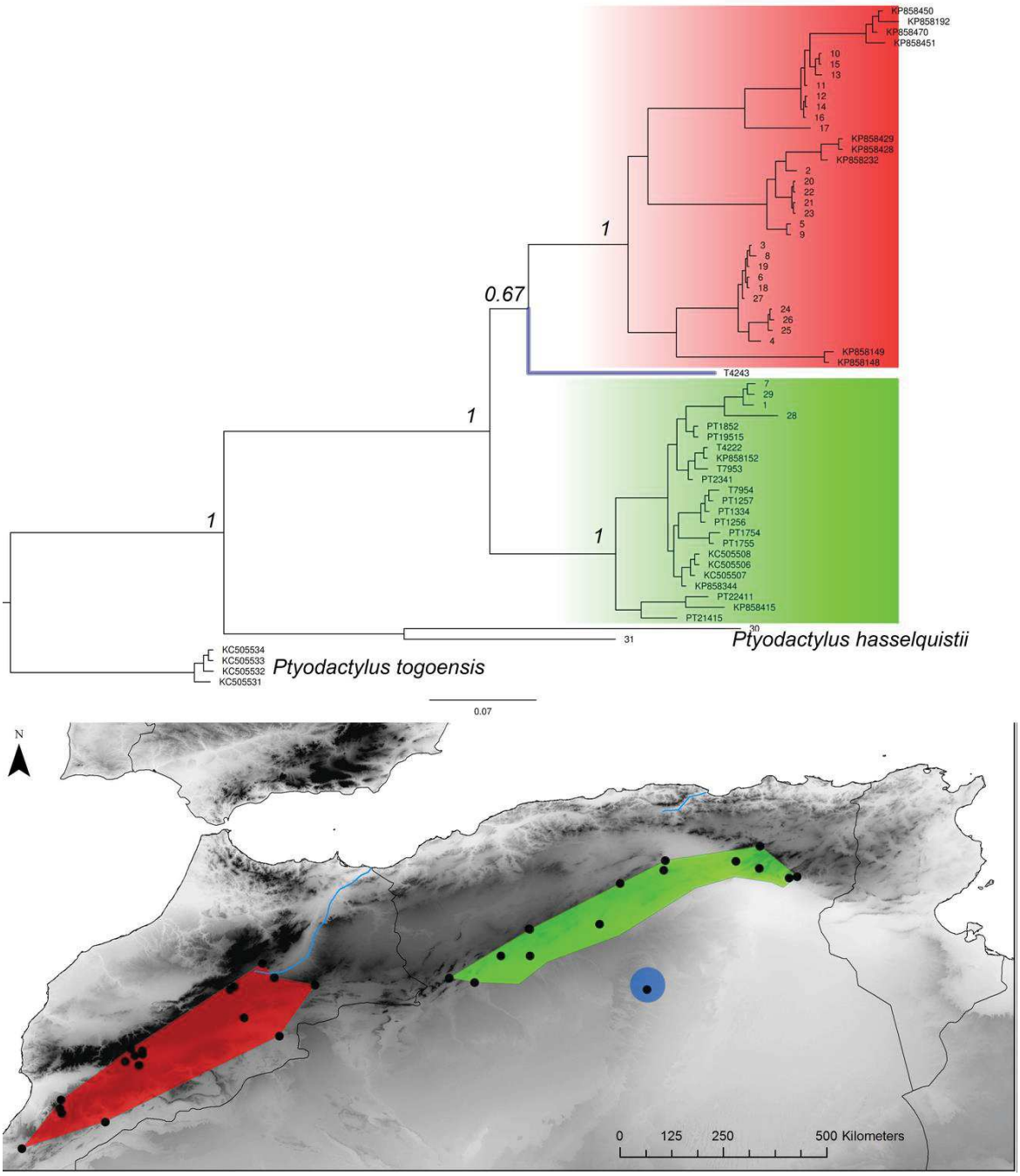


Fig 8. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Ptyodactylus oudrii.*

The phylogenetic position of the specimen from Ghardaia (the blue dot on the map and blue highlighted branch in the tree) is not supported.

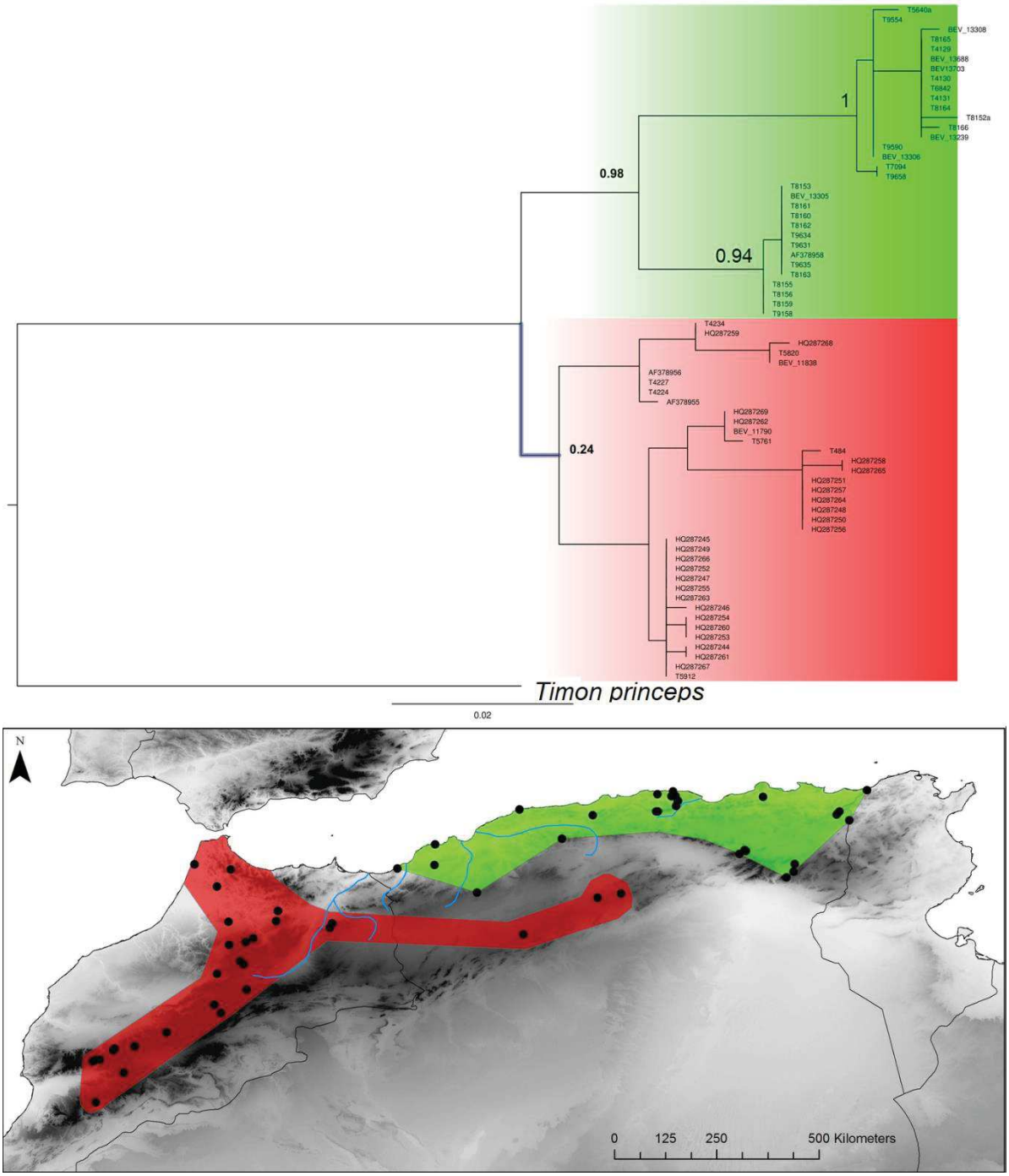


Fig 9. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Timon spp.*

The reciprocal monophyly of E-W clades is not supported by any reconstruction method. However, the previous studies have shown that the Moroccan populations and the Tunisian ones are reciprocally monophyletic and highly supported (see references in the discussion)

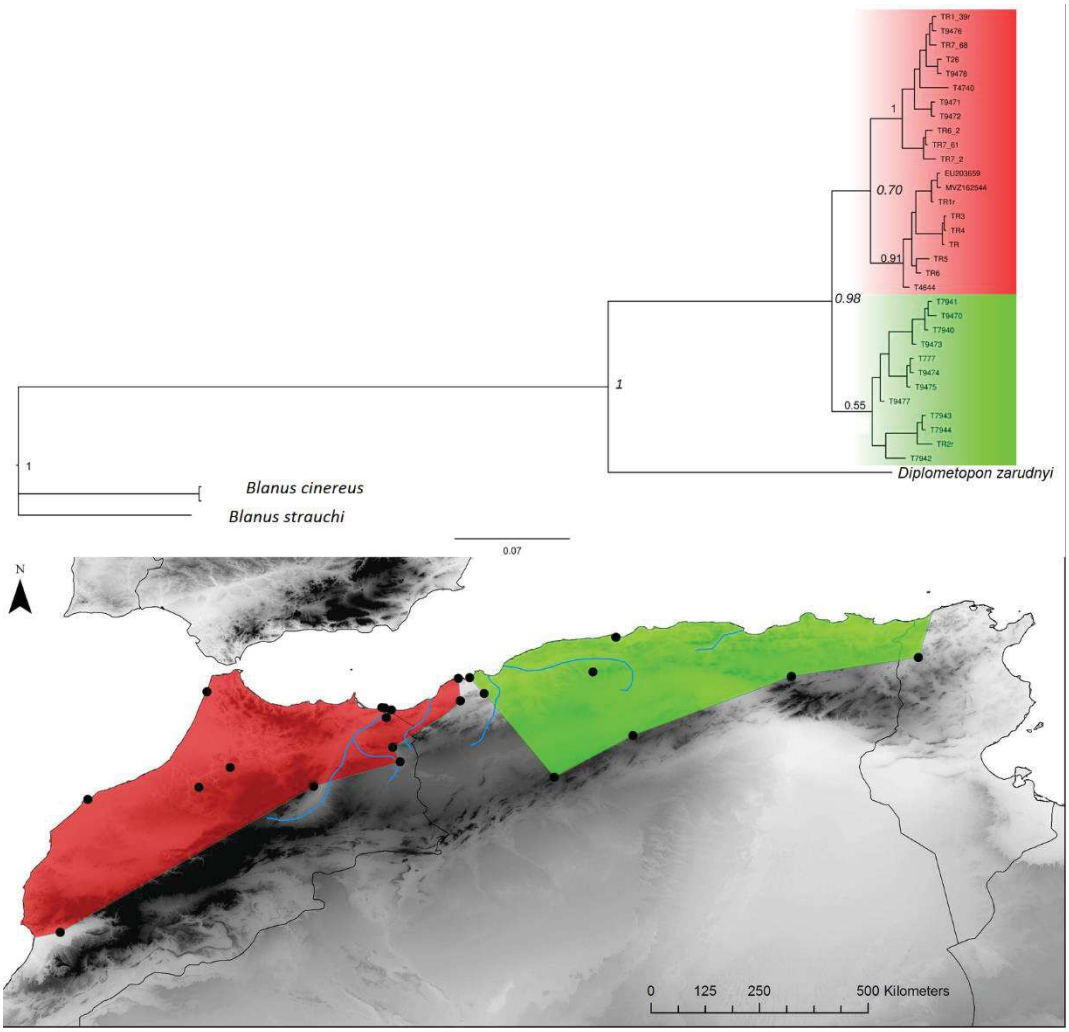


Fig 10. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Trogonophis wiegmanni.*

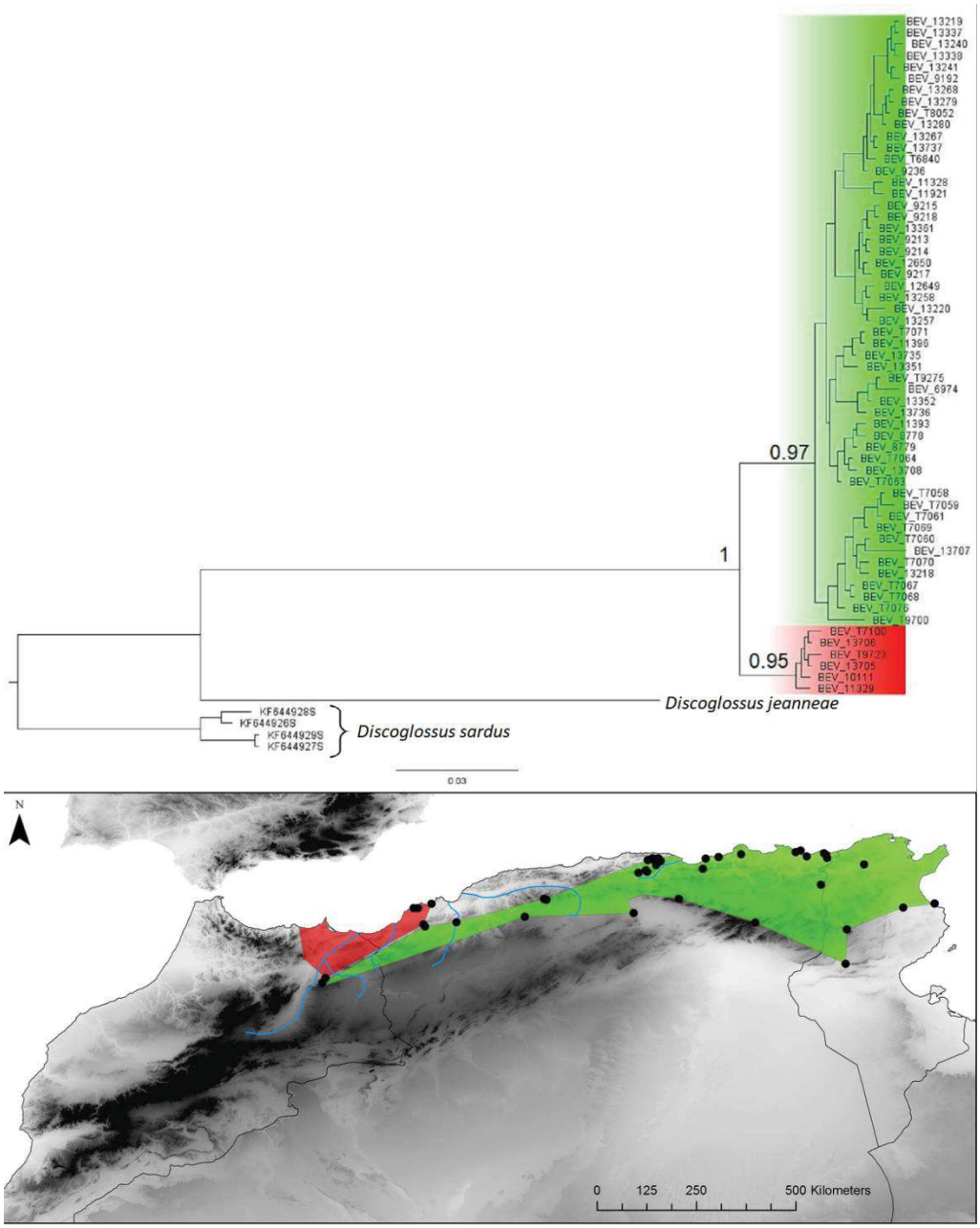


Fig 11. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Discoglossus pictus.*

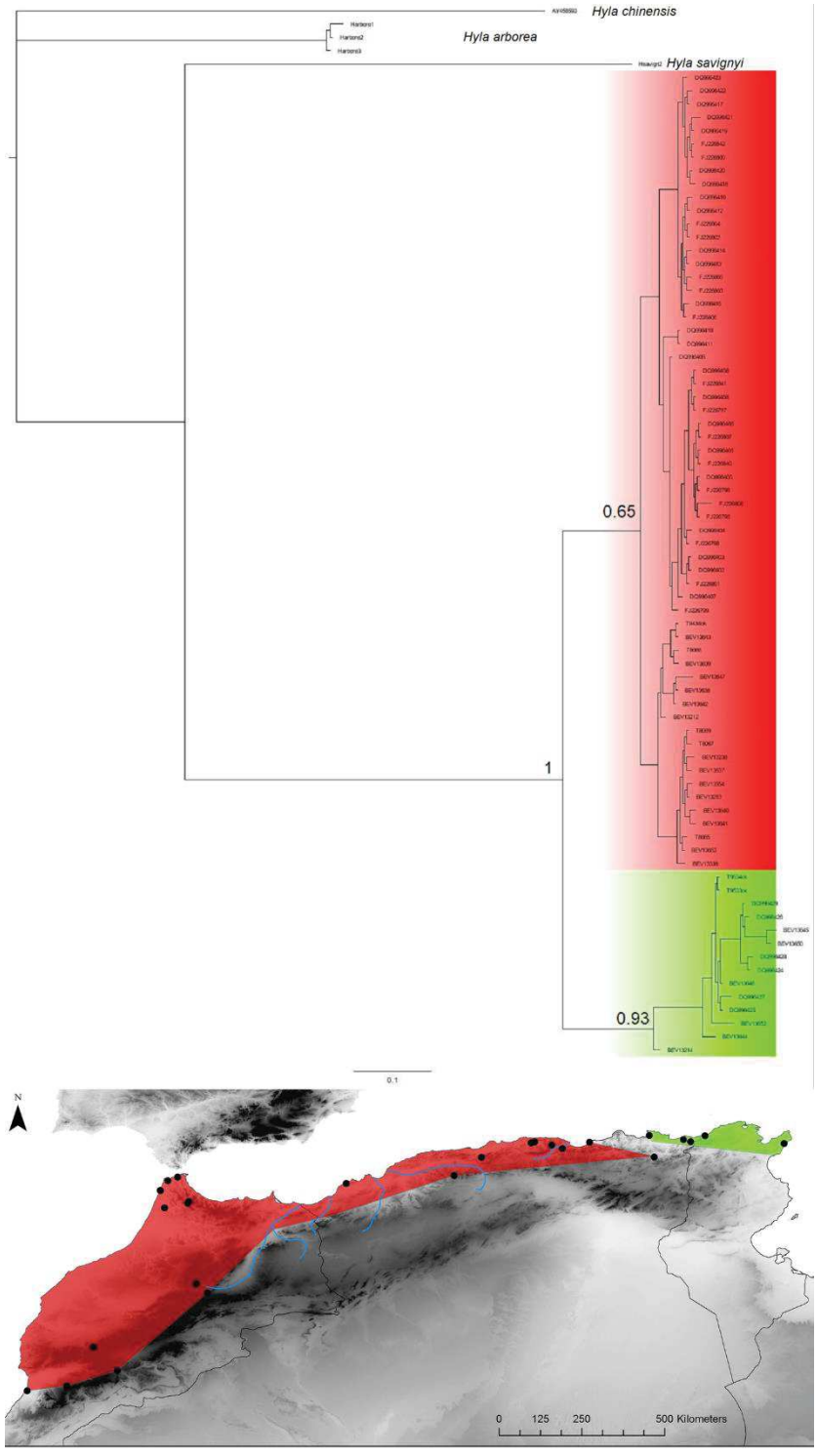

Hyla chinensis
Hyla arborea
Hyla savignyi
0.65
1
0.93
0.1
N
0 125 250 500 Kilometers

Fig 12. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Hyla meridionalis.*

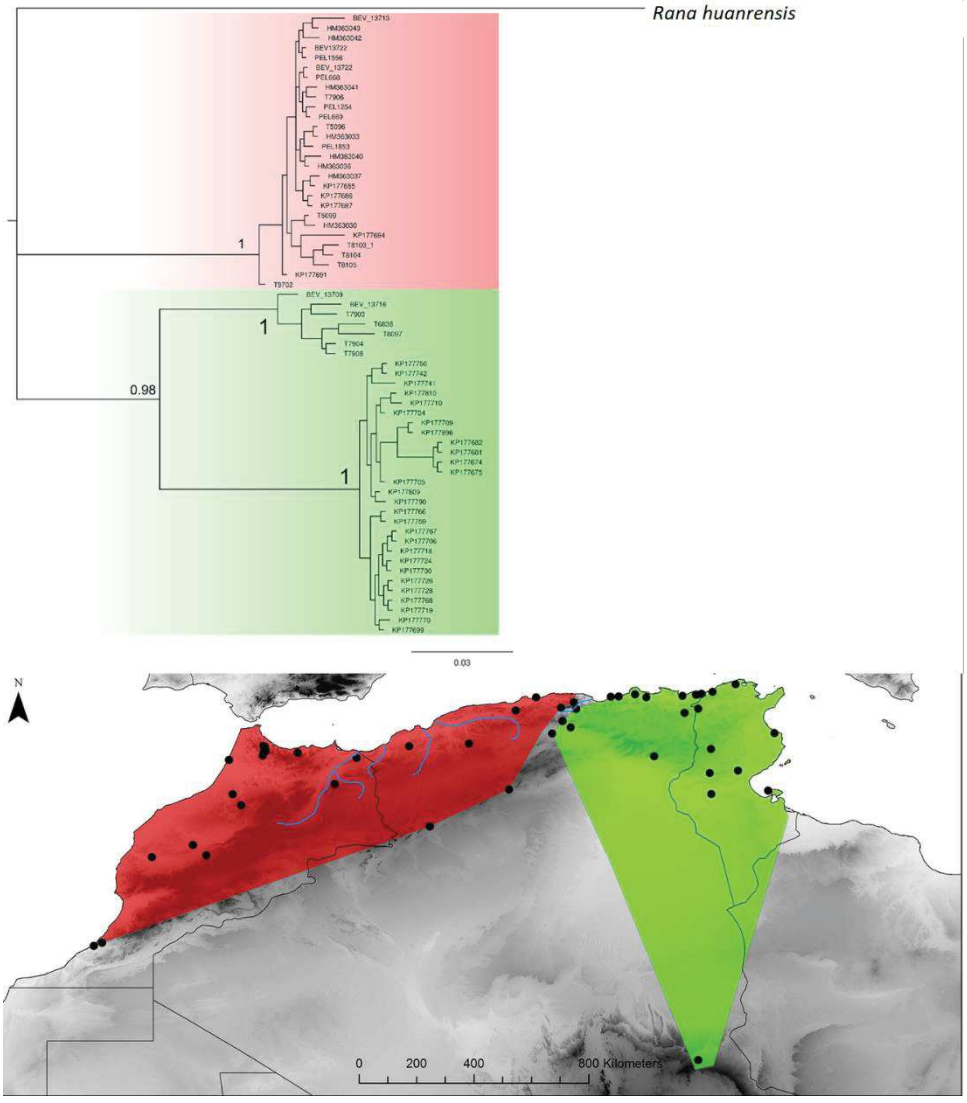


Fig 13. Bayesien inference Phylogenetic trees and posterior probabilities of relevant nodes and the map of the repartition of the eastern (green) and western (red) clades of *Pelophylax saharicus.*

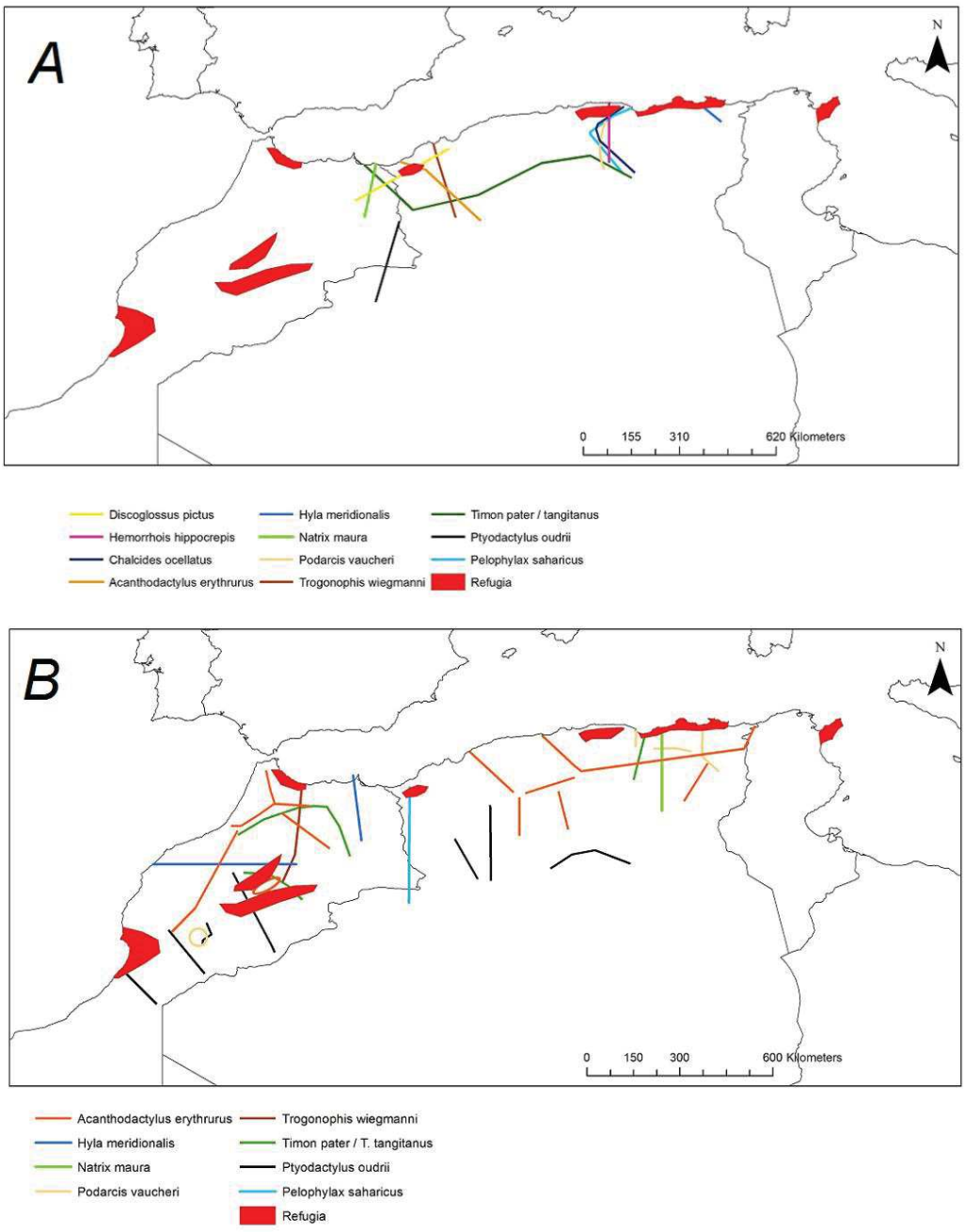


Fig 6. A: location of suture zones between deep E-W clades. B: Location of internal suture zones between ABGD groups.

A: Each coloured line correspond to the disjunction between E-W clades. B: The coloured lines correspond to the spatial limits between ABGD lineages for every taxon. The red surfaces correspond to Biogeographical refugia described by [20].

S1 table. The list of used tissue samples, their geographic origin and GenBank accession numbers. Latitudes (LAT) and Longitudes (LON) are given in WGS84 geodetic system. The locus is specified only when there is concatenation of 2 loci for the phylogenetic reconstruction, otherwise see the Materials and methods for the used marker.

Species	Code	Voucher	GeneBank accession	LAT	LON	Origin
Chalcides ocellatus	BEV.13254	BEV.13254	KY274205	36.712	5.548	Present study
Chalcides ocellatus	BEV.13614	BEV.13614	KY274206	35.599	3.942	Present study
Chalcides ocellatus	BEV.13613	BEV.13613	KY274207	35.052	4.135	Present study
Chalcides ocellatus	T9580	BEV.T9580	KY274208	35.275	-0.776	Present study
Chalcides ocellatus	BEV.13611	BEV.13611	KY274209	35.275	-0.776	Present study
Chalcides ocellatus	T9548	BEV.T9548	KY274210	35.247	0.121	Present study
Chalcides ocellatus	T8037	BEV.T8037	KY274211	35.444	1.602	Present study
Chalcides ocellatus	T8045	BEV.T8045	KY274212	36.712	5.548	Present study
Chalcides ocellatus	T8044	BEV.T8044	KY274213	36.57	4.538	Present study
Chalcides ocellatus	T8043	BEV.T8043	KY274214	36.351	2.667	Present study
Chalcides ocellatus	T8042	BEV.T8042	KY274215	36.315	2.722	Present study
Chalcides ocellatus	T8041	BEV.T8041	KY274216	36.315	2.722	Present study
Chalcides ocellatus	T8039	BEV.T8039	KY274217	35.05	1.482	Present study
Chalcides ocellatus	T8038	BEV.T8038	KY274218	35.444	1.602	Present study
Chalcides ocellatus	T8035	BEV.T8035	KY274219	35.05	1.482	Present study
Chalcides ocellatus	T8034	BEV.T8034	KY274220	35.444	1.602	Present study
Chalcides ocellatus	T8033	BEV.T8033	KY274221	35.778	6.076	Present study
Chalcides ocellatus	T8032	BEV.T8032	KY274222	35.522	6.041	Present study
Chalcides ocellatus	T8031	BEV.T8031	KY274223	35.946	6.52	Present study
Chalcides ocellatus	T8030	BEV.T8030	KY274224	35.946	6.52	Present study
Chalcides ocellatus	T8029	BEV.T8029	KY274225	36.014	6.57	Present study
Chalcides ocellatus	T8028	BEV.T8028	KY274226	36.014	6.57	Present study

Chalcides ocellatus	T8027	BEV.T8027	KY274227	36.785	5.608	Present study
Chalcides ocellatus	T8026	BEV.T8026	KY274228	36.776	5.606	Present study
Chalcides ocellatus	T7917	BEV.T7917	KY274229	34.55	2.798	Present study
Chalcides ocellatus	T8064	BEV.T8064	KY274230	36.066	4.198	Present study
Chalcides ocellatus	T9407	BEV.T9407	KY274231	35.654	-0.977	Present study
Chalcides ocellatus	Mordjadjo	Mordjadjo	KY274232	35.686	-0.823	Present study
Chalcides ocellatus	BEV.11048	BEV.11048	KY274233	33.567	1.172	Present study
Chalcides ocellatus	T1608	BEV.T1608	KY274234	35.33	-1.316	Present study
Chalcides ocellatus	T1609	BEV.T1609	KY274235	36.936	6.886	Present study
Chalcides ocellatus	T4125	BEV.T4125	KY274236	36.378	3.905	Present study
Chalcides ocellatus	T4220	BEV.T4220	KY274237	33.565	1.171	Present study
Chalcides ocellatus	T4225	BEV.T4225	KY274238	33.358	0.969	Present study
Chalcides ocellatus	T4231	BEV.T4231	KY274239	34.418	3.48	Present study
Chalcides ocellatus	T4242	BEV.T4242	KY274240	33.58	2.965	Present study
Chalcides ocellatus	BEV.9200	BEV.9200	KY274241	36.747	3.005	Present study
Chalcides ocellatus	BEV.9227	BEV.9227	KY274242	36.099	2.92	Present study
Chalcides ocellatus	BEV.9203	BEV.9203	KY274243	36.594	2.572	Present study
Chalcides ocellatus	T633	BEV.T633	KY274244	35.569	-1.181	Present study
Chalcides ocellatus	T635	BEV.T635	KY274245	35.575	-1.145	Present study
Chalcides ocellatus	T637	BEV.T637	KY274246	35.393	-0.3	Present study
Chalcides ocellatus	BEV.9255	BEV.9255	KY274247	35.669	-0.4	Present study
Chalcides ocellatus	T6500	BEV.T6500	KY274248	36.572	4.533	Present study
Chalcides ocellatus	T6839	BEV.T6839	KY274249	36.626	4.5	Present study
Chalcides ocellatus	T4216	BEV.T4216	KY274250	35.827	-0.483	Present study
Chalcides ocellatus	BEV.13612	BEV.13612	KY274251	31.936	2.456	Present study
Hemorrhois hippocrepis	BEV.T1610	BEV.T1610	KY513292	35.661	-0.849	Present study
Hemorrhois nummifer	BEV.T7863	BEV.T7863	KY513297	32.461	50.164	Present study
Hemorrhois algirus	BEV.13250	BEV.13250	KY513298	34.109	2.999	Present study

Hemorrhois algirus	BEV.T9629	BEV.T9629	KY513308	34.939	6.931	Present study
Hemorrhois hippocrepis	BEV.T619	BEV.T619	KY513293	35.661	-0.849	Present study
Hemorrhois hippocrepis	BEV.9253	BEV.9253	KY513294	35.801	-0.258	Present study
Hemorrhois hippocrepis	BEV.9378	BEV.9378	KY513295	20.557	-12.63	Present study
Hemorrhois hippocrepis	BEV.T7097	BEV.T7097	KY513296	35.548	-1.169	Present study
Hemorrhois hippocrepis	BEV.T8057	BEV.T8057	KY513299	35.34	1.236	Present study
Hemorrhois hippocrepis	BEV.T8058	BEV.T8058	KY513300	35.537	2.913	Present study
Hemorrhois hippocrepis	BEV.T8059	BEV.T8059	KY513301	36.802	5.651	Present study
Hemorrhois hippocrepis	BEV.T8060	BEV.T8060	KY513302	36.184	6.585	Present study
Hemorrhois hippocrepis	BEV.T8062	BEV.T8062	KY513303	36.696	4.339	Present study
Hemorrhois hippocrepis	BEV.T8063	BEV.T8063	KY513304	36.758	4.509	Present study
Hemorrhois hippocrepis	BEV.T8081	BEV.T8081	KY513305	35.381	-1.235	Present study
Hemorrhois hippocrepis	BEV.T8119	BEV.T8119	KY513306	35.634	-0.776	Present study
Hemorrhois hippocrepis	BEV.13696	BEV.13696	KY513307	32.768	0.553	Present study
Hemorrhois hippocrepis	BEV.T9661	BEV.T9661	KY513309	35.804	1.625	Present study
Hemorrhois hippocrepis	BEV.13695	BEV.13695	KY513310	33.793	0.747	Present study
Hemorrhois hippocrepis	BEV.T8061	BEV.T8061	KY513311	36.777	8.374	Present study
Hyla meridionalis	T8069	BEV.T8069	KY274253	36.366	2.692	Present study
Hyla meridionalis	BEV13354	BEV.13354	KY274254	36.785	4.14	Present study
Hyla meridionalis	BEV13238	BEV.13238	KY274255	36.697	4.603	Present study
Hyla meridionalis	BEV13213	BEV.13213	KY274256	36.785	36.785	Present study
Hyla meridionalis	BEV13212	BEV.13212	KY274257	36.774	5.629	Present study
Hyla meridionalis	BEV13339	BEV.13339	KY274258	35.87	1.947	Present study
Hyla meridionalis	T8065	BEV.T8065	KY274259	36.366	2.692	Present study
Hyla meridionalis	T8066	BEV.T8066	KY274260	36.366	2.692	Present study
Hyla meridionalis	T8067	BEV.T8067	KY274261	36.366	2.692	Present study
Hyla meridionalis	BEV13644	BEV.13644	KY274262	36.955	7.252	Present study
Hyla meridionalis	BEV13645	BEV.13645	KY274263	36.955	7.252	Present study

Hyla meridionalis	BEV13650	BEV.13650	KY274264	36.789	8.377	Present study
Hyla meridionalis	BEV13652	BEV.13652	KY274265	36.789	8.377	Present study
Hyla meridionalis	BEV13653	BEV.13653	KY274266	36.793	8.374	Present study
Hyla meridionalis	BEV13639	BEV.13639	KY274267	36.757	4.045	Present study
Hyla meridionalis	BEV13640	BEV.13640	KY274268	36.757	4.045	Present study
Hyla meridionalis	BEV13641	BEV.13641	KY274269	36.757	4.045	Present study
Hyla meridionalis	BEV13637	BEV.13637	KY274270	35.654	-0.977	Present study
Hyla meridionalis	BEV13638	BEV.13638	KY274271	35.654	-0.977	Present study
Hyla meridionalis	BEV13643	BEV.13643	KY274272	36.601	4.893	Present study
Hyla meridionalis	BEV13648	BEV.13648	KY274273	36.847	8.179	Present study
Hyla meridionalis	T9534	BEV.T9534	KY274274	36.555	7.531	Present study
Hyla meridionalis	T9533	BEV.T9533	KY274275	36.555	7.531	Present study
Hyla meridionalis	BEV13642	BEV.13642	KY274276	36.601	4.893	Present study
Hyla meridionalis	BEV13647	BEV.13647	KY274252	36.375	7.385	Present study
Ptyodactylus oudrii	T7953	BEV.13300	KY576555	33.866	2.739	Present study
Ptyodactylus oudrii	T7954	BEV.13301	KY576554	33.866	2.739	Present study
Ptyodactylus oudrii	PT21415	BEV.13666	KY576565	33.177	0.587	Present study
Ptyodactylus oudrii	PT2341	BEV.13668	KY576567	33.175	1.225	Present study
Ptyodactylus oudrii	PT1256	BEV.13669	KY576558	35.246	4.167	Present study
Ptyodactylus oudrii	PT1257	BEV.13670	KY576559	35.246	4.167	Present study
Ptyodactylus oudrii	PT1334	BEV.13671	KY576560	35.038	4.131	Present study
Ptyodactylus oudrii	PT1754	BEV.13673	KY576561	35.08	6.208	Present study
Ptyodactylus oudrii	PT1755	BEV.13674	KY576562	35.08	6.208	Present study
Ptyodactylus oudrii	PT1852	BEV.13676	KY576563	34.897	7.031	Present study
Ptyodactylus oudrii	PT19515	BEV.13677	KY576564	34.874	6.857	Present study
Ptyodactylus oudrii	T4222	BEV.T4222	KY576557	33.761	1.202	Present study
Ptyodactylus oudrii	T4243	BEV.T4243	KY576556	32.443	3.769	Present study
Ptyodactylus oudrii	PT22411	BEV.T9562	KY576566	32.601	0.015	Present study

Timon pater	BEV.11790	BEV.11790	KY576568	31.283	-7.383	Present study
Timon tangitanus	BEV.11838	BEV.11838	KY576569	35.285	-6.062	Present study
Timon pater	BEV.13239	BEV.13239	KY576570	36.782	4.426	Present study
Timon pater	BEV.13305	BEV.13305	KY576571	35.599	6.037	Present study
Timon pater	BEV.13306	BEV.13306	KY576572	35.846	2.018	Present study
Timon pater	BEV.13308	BEV.13308	KY576573	36.79	4.515	Present study
Timon pater	BEV.13688	BEV.13688	KY576574	36.826	4.114	Present study
Timon pater	BEV.13703	BEV.13703	KY576575	36.886	4.456	Present study
Timon pater	T4129	BEV.T4129	KY576576	36.447	4.124	Present study
Timon pater	T4130	BEV.T4130	KY576577	36.447	4.124	Present study
Timon pater	T4131	BEV.T4131	KY576578	36.447	4.124	Present study
Timon pater	T4224	BEV.T4224	KY576579	33.743	1.169	Present study
Timon pater	T4227	BEV.T4227	KY576580	34.641	3.318	Present study
Timon tangitanus	T4234	BEV.T4234	KY576581	34.552	2.796	Present study
Timon pater	T484	BEV.T484	KY576582	31.236	-7.82	Present study
Timon pater	T5761	BEV.T5761	KY576583	31.283	-7.383	Present study
Timon tangitanus	T5820	BEV.T5820	KY576584	35.285	-6.062	Present study
Timon pater	T5912	BEV.T5912	KY576585	33.573	-4.932	Present study
Timon pater	T6842	BEV.T6842	KY576586	36.451	4.089	Present study
Timon pater	T7094	BEV.T7094	KY576587	35.27	-0.784	Present study
Timon pater	T8152	BEV.T8152	KY576588	36.568	4.531	Present study
Timon pater	T8153	BEV.T8153	KY576589	36.773	6.438	Present study
Timon pater	T8155	BEV.T8155	KY576590	35.58	6.065	Present study
Timon pater	T8156	BEV.T8156	KY576591	35.516	5.923	Present study
Timon pater	T8158	BEV.T8158	KY576600	35.599	6.037	Present study
Timon pater	T8159	BEV.T8159	KY576592	35.599	6.037	Present study
Timon pater	T8160	BEV.T8160	KY576593	36.451	8.121	Present study
Timon pater	T8161	BEV.T8161	KY576594	36.403	8.076	Present study
Timon pater	T8162	BEV.T8162	KY576595	36.381	8.059	Present study
Timon pater	T8163	BEV.T8163	KY576596	36.252	8.339	Present study
Timon pater	T8164	BEV.T8164	KY576597	36.683	4.56	Present study
Timon pater	T8165	BEV.T8165	KY576598	36.681	4.573	Present study

Timon pater	T8166	BEV.T8166	KY576599	36.366	2.693	Present study
Timon pater	T9554	BEV.T9554	KY576601	34.665	0.149	Present study
Timon pater	T9590	BEV.T9590	KY576602	36.491	1.08	Present study
Timon pater	T9631	BEV.T9631	KY576603	34.998	6.955	Present study
Timon pater	T9634	BEV.T9634	KY576604	35.123	7.107	Present study
Timon pater	T9635	BEV.T9635	KY576605	35.291	7.136	Present study
Timon pater	T9658	BEV.T9658	KY576606	35.196	-1.602	Present study
Trogonophis wiegmanni	T4644	BEV.11211	KY576623	33.477	-6,1988	Present study
Trogonophis wiegmanni	T4740	BEV.11304	KY576620	35.134	-2.401	Present study
Trogonophis wiegmanni	T7940	BEV.13288	KY576610	34.551	2.797	Present study
Trogonophis wiegmanni	T7941	BEV.13289	KY576611	34.551	2.797	Present study
Trogonophis wiegmanni	T7942	BEV.13290	KY576617	35.866	1.968	Present study
Trogonophis wiegmanni	T7943	BEV.13291	KY576615	35.778	6.076	Present study
Trogonophis wiegmanni	T7944	BEV.13292	KY576616	35.778	6.076	Present study
Trogonophis wiegmanni	T9470	BEV.13678	KY576612	33.688	1.174	Present study
Trogonophis wiegmanni	T9471	BEV.13679	KY576621	35.275	-0.776	Present study
Trogonophis wiegmanni	T9472	BEV.13680	KY576622	35.275	-0.776	Present study
Trogonophis wiegmanni	T9473	BEV.13681	KY576613	35.748	-0.575	Present study
Trogonophis wiegmanni	T9474	BEV.13682	KY576609	36.595	2.441	Present study
Trogonophis wiegmanni	T9475	BEV.13683	KY576608	36.595	2.441	Present study
Trogonophis wiegmanni	T9476	BEV.13684	KY576618	35.744	-0.822	Present study
Trogonophis wiegmanni	T9477	BEV.13685	KY576614	35.416	-0.282	Present study
Trogonophis wiegmanni	T9478	BEV.13686	KY576619	35.084	-2.209	Present study
Trogonophis wiegmanni	T777	BEV.9202	KY576607	36.592	2.446	Present study
Natrix maura	T9710	BEV.T9710	KY576624	36.87	7.425	Present study
Natrix maura	T9705	BEV.T9705	KY576625	36.811	8.337	Present study
Natrix maura	T9703	BEV.T9703	KY576626	36.827	7.922	Present study
Natrix maura	T9701	BEV.T9701	KY576627	36.792	7.919	Present study
Natrix maura	T9699	BEV.T9699	KY576628	36.789	8.377	Present study
Natrix maura	T9663	BEV.T9663	KY576629	35.865	1.684	Present study

Natrix maura	T9646	BEV.T9646	KY576630	36.823	3.663	Present study
Natrix maura	T9591	BEV.T9591	KY576631	36.144	0.301	Present study
Natrix maura	T9540	BEV.T9540	KY576632	35.638	-1.06	Present study
Natrix maura	T9486	BEV.13694	KY576633	36.782	8.116	Present study
Natrix maura	T9484	BEV.13692	KY576635	34.551	2.796	Present study
Natrix maura	T9483	BEV.13691	KY576636	35.27	-0.772	Present study
Natrix maura	T9482	BEV.13690	KY576637	35.239	-0.733	Present study
Natrix maura	T8084	BEV.T8084	KY576638	35.865	1.968	Present study
Natrix maura	T8083	BEV.T8083	KY576639	36.403	8.076	Present study
Natrix maura	T8082	BEV.T8082	KY576640	36.84	8.438	Present study
Natrix maura	T7099	BEV.T7099	KY576641	35.491	-0.221	Present study
Natrix maura	T5543	BEV.11555	KY576642	34.159	-6.68	Present study
Natrix maura	T494	BEV.T494	KY576643	36.794	5.668	Present study
Natrix maura	T4777	BEV.11339	KY576644	34.009	-3.026	Present study
Natrix maura	T4761	BEV.T4761	KY576645	34.358	-2.047	Present study
Natrix maura	T4612	BEV.T4612	KY576646	31.589	-9.206	Present study
Natrix maura	T6843	BEV.T6843	KY576648	36.629	4.505	Present study
Natrix maura	T9485	BEV.13693	KY576634	36.782	8.116	Present study
Natrix maura	T4128	BEV.T4128	KY576647	36.459	4.109	Present study
Podarcis vaucheri	T4127	BEV.T4127	KY576662	4.123	36.447	Present study
Podarcis vaucheri	T4233	BEV.T4233	KY576649	2.796	34.552	Present study
Podarcis vaucheri	T492	BEV.T492	KY576650	2.446	36.567	Present study
Podarcis vaucheri	T6284	BEV.12373	KY576651	8.992	37.064	Present study
Podarcis vaucheri	T6286	BEV.T6286	KY576667	8.992	37.064	Present study
Podarcis vaucheri	T629	BEV.T629	KY576663	-0.906	35.687	Present study
Podarcis vaucheri	T6360	BEV.12374	KY576652	8.992	37.064	Present study
Podarcis vaucheri	T6619	BEV.12654	KY576664	4.11	36.458	Present study
Podarcis vaucheri	T6914	BEV.12666	KY576668	-0.889	35.622	Present study
Podarcis vaucheri	T697	BEV.9384	KY576665	2.781	34.569	Present study
Podarcis vaucheri	T7984	BEV.13332	KY576653	1.238	35.341	Present study
Podarcis vaucheri	T7987	BEV.13335	KY576654	4.515	36.79	Present study

Podarcis vaucheri	T7997	BEV.13346	KY576655	4.608	36.693	Present study
Podarcis vaucheri	T8079	BEV.T8079	KY576669	3.028	36.749	Present study
Podarcis vaucheri	T8109	BEV.T8109	KY576656	5.608	36.745	Present study
Podarcis vaucheri	T8110	BEV.T8110	KY576657	5.608	36.745	Present study
Podarcis vaucheri	T8111	BEV.T8111	KY576658	6.433	36.875	Present study
Podarcis vaucheri	T8113	BEV.T8113	KY576659	6.037	35.599	Present study
Podarcis vaucheri	T8114	BEV.T8114	KY576666	1.968	35.865	Present study
Podarcis vaucheri	T8115	BEV.T8115	KY576670	1.947	35.872	Present study
Podarcis vaucheri	T8116	BEV.T8116	KY576660	4.608	36.693	Present study
Podarcis vaucheri	T8117	BEV.T8117	KY576661	4.608	36.693	Present study
Podarcis vaucheri	T823	BEV.9198	KY576671	2.446	36.567	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	T7963	BEV.13311	KY490405	35.764	2.131	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	BEV.13560	BEV.13560	KY490386	35.644	-0.986	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli		BEV.13561	KY490389	34.427	-0.939	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	BEV.13562	BEV.13562	KY490390	34.427	-0.939	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	BEV.13563	BEV.13563	KY490394	36.699	2.805	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	BEV.13564	BEV.13564	KY490388	35.274	6.486	Present study
Acanthodactylus sp	BEV.13566	BEV.13566	KY490391	34.304	1.945	Present study
Acanthodactylus sp	BEV.13567	BEV.13567	KY490393	34.304	1.945	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	BEV.13570	BEV.13570	KY490398	36.043	4.168	Present study

Acanthodactylus erythrurus belli	BEV.13571	BEV.13571	KY490399	36.914	8.343	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	BEV.13572	BEV.13572	KY490395	36.846	7.937	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	BEV.13573	BEV.13573	KY490397	36.935	7.193	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	BEV.13574	BEV.13574	KY490396	36.935	7.193	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	A2543	BEV.13575	KY490385	36.935	7.193	Present study
Acanthodactylus blanci	BEV.13576	BEV.13576	KY490384	34.998	6.955	Present study
Acanthodactylus blanci	BEV.13578	BEV.13578	KY490383	34.985	6.939	Present study
Acanthodactylus sp	BEV.13587	BEV.13587	KY490392	34.304	1.945	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	T6620	BEV.T6620	KY490400	36.808	3.592	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	T6621	BEV.T6621	KY490401	36.885	4.523	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	T6622	BEV.T6622	KY490402	36.885	4.522	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	T6623	BEV.T6623	KY490403	36.885	4.523	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	T6624	BEV.T6624	KY490404	36.885	4.522	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	T7964	BEV.T7964	KY490406	36.868	6.077	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	T7965	BEV.T7965	KY490407	36.868	6.077	Present study

Acanthodactylus erythrurus belli	T7966	BEV.T7966	KY490408	36.815	4.973	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	T7967	BEV.T7967	KY490409	36.624	4.852	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	T8008	BEV.T8008	KY490410	34.597	3.102	Present study
Acanthodactylus erythrurus belli	BEV.T9546	BEV.T9546	KY490387	34.665	0.149	Present study
Pelophylax saharicus	T9501	BEV.13709	KY490358	32.731	-0.004	Present study
Pelophylax saharicus	BEV.13711	BEV.13711	KY490380	35.244	-0.653	Present study
Pelophylax saharicus	pel1254	BEV.13712	KY490374	35.832	4.416	Present study
Pelophylax saharicus	T9505	BEV.13713	KY490359	35.832	4.416	Present study
Pelophylax saharicus	T9506	BEV.13714	KY490375	35.65	3.834	Present study
Pelophylax saharicus	T9508	BEV.13716	KY490360	36.777	3.335	Present study
Pelophylax saharicus	BEV.13720	BEV.13720	KY490381	35.329	1.23	Present study
Pelophylax saharicus	BEV.13721	BEV.13721	KY490379	35.329	1.23	Present study
Pelophylax saharicus	T9514	BEV.13722	KY490362	36.776	6.788	Present study
Pelophylax saharicus	T9514	BEV.13722	KY490362			Present study
Pelophylax saharicus	T5096	BEV.T5096	KY490363	37.185	9.581	Present study
Pelophylax saharicus	T5099	BEV.T5099	KY490364	34.482	9.657	Present study
Pelophylax saharicus	T6838	BEV.T6838	KY490365	36.626	4.508	Present study
Pelophylax saharicus	BEV.T7903	BEV.T7903	KY490373	36.457	4.107	Present study
Pelophylax saharicus	T7904	BEV.T7904	KY490366	36.457	4.107	Present study
Pelophylax saharicus	T7906	BEV.T7906	KY490367	36.875	6.432	Present study
Pelophylax saharicus	T7908	BEV.T7908	KY490368	36.366	2.692	Present study
Pelophylax saharicus	BEV.T8097	BEV.T8097	KY490369	33.897	2.485	Present study
Pelophylax saharicus	BEV.T8103	BEV.T8103	KY490370	36.867	8.377	Present study
Pelophylax saharicus	BEV.T8104	BEV.T8104	KY490371	36.895	8.522	Present study

Pelophylax saharicus	BEV.T8105	BEV.T8105	KY490372	36.293	7.99	Present study
Pelophylax saharicus	pel1853	BEV.T9621	KY490376	34.927	7.037	Present study
Pelophylax saharicus	pel668	BEV.T9689	KY490377	36.034	4.158	Present study
Pelophylax saharicus	pel669	BEV.T9690	KY490378	36.034	4.158	Present study
Pelophylax saharicus	T9702	BEV.T9702	KY490361	36.827	7.922	Present study
Discoglossus pictus	BEV.10111	BEV.10111	MH142689	35.655	-0.881	Present study
Discoglossus pictus	BEV.11328	BEV.11328	MH142693	34.068	-2.978	Present study
Discoglossus pictus	BEV.11329	BEV.11329	MH142694	34.068	-2.978	Present study
Discoglossus pictus	BEV.11393	BEV.11393	MH142683	36.89	15.07	Present study
Discoglossus pictus	BEV.11396	BEV.11396	MH142672	37.94	12.84	Present study
Discoglossus pictus	BEV.11921	BEV.11921	MH142696	33.961	-3.044	Present study
Discoglossus pictus	BEV.12649	BEV.12649	MH142641	36.479	4.308	Present study
Discoglossus pictus	BEV.12650	BEV.12650	MH142642	36.629	4.505	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13219	BEV.13219	MH142655	36.743	4.319	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13220	BEV.13220	MH142656	36.743	4.319	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13240	BEV.13240	MH142657	36.752	4.37	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13241	BEV.13241	MH142658	36.752	4.37	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13257	BEV.13257	MH142659	36.457	4.107	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13258	BEV.13258	MH142660	36.457	4.107	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13267	BEV.13267	MH142661	36.761	4.435	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13268	BEV.13268	MH142662	36.761	4.435	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13279	BEV.13279	MH142663	35.841	2.025	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13280	BEV.13280	MH142664	35.456	1.537	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13337	BEV.13337	MH142665	36.78	4.43	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13338	BEV.13338	MH142666	36.785	4.558	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13351	BEV.13351	MH142667	36.544	5.567	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13352	BEV.13352	MH142668	36.875	6.432	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13361	BEV.13361	MH142669	36.774	5.629	Present study

Discoglossus pictus	BEV.13705	BEV.13705	MH142679	35.748	-0.575	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13706	BEV.13706	MH142681	35.748	-0.575	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13707	BEV.13707	MH142682	35.324	6.754	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13708	BEV.13708	MH142674	36.793	8.374	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13735	BEV.13735	MH142680	35.862	5.025	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13736	BEV.13736	MH142675	36.828	7.916	Present study
Discoglossus pictus	BEV.13737	BEV.13737	MH142673	35.234	-0.722	Present study
Discoglossus pictus	BEV.6974	BEV.6974	MH142695	36.956	7.777	Present study
Discoglossus pictus	BEV.8778	BEV.8778	MH142684	38.06	12.83	Present study
Discoglossus pictus	BEV.8779	BEV.8779	MH142671	38.06	12.83	Present study
Discoglossus pictus	BEV.9192	BEV.9192	MH142685	36.723	4.609	Present study
Discoglossus pictus	BEV.9213	BEV.9213	MH142686	36.812	5.919	Present study
Discoglossus pictus	BEV.9214	BEV.9214	MH142687	36.812	5.919	Present study
Discoglossus pictus	BEV.9215	BEV.9215	MH142688	36.812	5.919	Present study
Discoglossus pictus	BEV.9217	BEV.9217	MH142690	36.812	5.919	Present study
Discoglossus pictus	BEV.9218	BEV.9218	MH142691	36.812	5.919	Present study
Discoglossus pictus	BEV.9236	BEV.9236	MH142692	35.335	-0.008	Present study
Discoglossus pictus	BEV.T6840	BEV.T6840	MH142643	36.508	4.28	Present study
Discoglossus pictus	BEV.T7058	BEV.T7058	MH142644	35.174	8.827	Present study
Discoglossus pictus	BEV.T7059	BEV.T7059	MH142645	35.174	8.827	Present study
Discoglossus pictus	BEV.T7060	BEV.T7060	MH142646	35.667	10.099	Present study
Discoglossus pictus	BEV.T7061	BEV.T7061	MH142647	35.667	10.099	Present study
Discoglossus pictus	BEV.T7063	BEV.T7063	MH142648	35.759	10.814	Present study
Discoglossus pictus	BEV.T7064	BEV.T7064	MH142649	35.759	10.814	Present study
Discoglossus pictus	BEV.T7068	BEV.T7068	MH142650	36.643	9.217	Present study
Discoglossus pictus	BEV.T7069	BEV.T7069	MH142651	36.643	9.217	Present study
Discoglossus pictus	BEV.T7070	BEV.T7070	MH142652	36.858	8.353	Present study
Discoglossus pictus	BEV.T7071	BEV.T7071	MH142653	36.858	8.353	Present study

Discoglossus pictus	BEV.T7076	BEV.T7076	MH142654	36.892	8.308	Present study
Discoglossus pictus	BEV.T7100	BEV.T7100	MH142670	35.283	-0.758	Present study
Discoglossus pictus	BEV.T8052	BEV.T8052	MH142678	35.865	1.968	Present study
Discoglossus pictus	BEV.T9700	BEV.T9700	MH142676	36.925	7.669	Present study
Discoglossus pictus	BEV.T9723	BEV.T9723	MH142677	35.654	-0.977	Present study
Acanthodactylus savignyi	savigyni	BEV.T627	KR050123	35.752	-0.828	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus margaritae	busacki	T4282	KR049951	29.801	-9.81	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	ESSA10	BEV.11610	KR049954	31.455	-9.756	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	ESSA11	BEV.11603	KR049955	31.455	-9.756	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	HEBR1	BEV.11946	KR049984	33.382	-5.132	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	IFRA1	BEV.11925	KR049985	33.583	-4.935	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	IFRA10	BEV.11938	KR049986	33.573	-4.932	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	IFRA11	BEV.11939	KR049987	33.573	-4.932	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	IZEL1	BEV.12006	KR050003	32.218	-5.55	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	IZEL10	BEV.11997	KR050004	32.218	-5.55	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	IZEL11	BEV.11996	KR050005	32.218	-5.55	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	IZEL2	BEV.12005	KR050006	32.218	-5.55	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	KETA1	BEV.11897	KR050014	34.937	-4.616	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	LARA1	BEV.11249	KR050029	35.209	-6.142	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	LARA10	BEV.11882	KR050030	35.209	-6.142	Miralles et al. unpublished

Acanthodactylus erythrurus	LARA11	BEV.11883	KR050031	35.209	-6.142	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	MARA1	BEV.11579	KR050050	31.818	-7.978	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	MARA10	BEV.11808	KR050051	31.792	-7.981	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	MART1	BEV.11871	KR050063	35.638	-5.278	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	MART2	BEV.11872	KR050064	35.638	-5.278	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	MBOU1	A482	KR050069	34.896	-6.288	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	MBOU10	A491	KR050070	34.896	-6.288	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	MEHD1	BEV.11557	KR050084	34.249	-6.68	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	MEHD10	BEV.11895	KR050085	34.249	-6.68	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	MEHD2	BEV.11558	KR050086	34.249	-6.68	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	MEHD3	BEV.11556	KR050087	34.249	-6.68	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	OGHA2	BEV.11632	KR050094	32.879	-8.859	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	OGHA3	BEV.11631	KR050095	32.879	-8.859	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	OGHA4	BEV.11633	KR050097	32.879	-8.859	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	OUAO1	BEV.12011	KR050101	32.294	-5.659	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	OULM1	BEV.11230	KR050102	33.45	-6.081	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	OULM10	BEV.11236	KR050103	33.45	-6.081	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	PORT	BEV.10458	KR050122	38.137	-8.787	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SBOU1	BEV.11638	KR050124			Miralles et al. unpublished

Acanthodactylus erythrurus	SBOU10	BEV.11644	KR050125	33.38	-8.226	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SBOU2	BEV.11639	KR050126	33.38	-8.226	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SDCH1	BEV.11191	KR050134	31.797	-8.522	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SDCH2	BEV.11192	KR050135	31.797	-8.522	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SDCH3	BEV.11193	KR050136	31.797	-8.522	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SDCH4	BEV.11202	KR050137	31.797	-8.522	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SIRUA1	A541	KR050143	30.747	-7.609	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SIRUA10	BEV.10459	KR050144	30.747	-7.609	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SIRUA2	A542	KR050145	30.747	-7.609	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SKEM1	BEV.11253	KR050152	35.279	-6.066	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SKEM11	BEV.11263	KR050153	35.279	-6.066	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SKEM12	BEV.11279	KR050154	35.279	-6.066	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SKTN1	BEV.11265	KR050177	35.397	-5.966	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SKTN2	BEV.11266	KR050178	35.397	-5.966	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SOUI1	BEV.11173	KR050179	32.032	-9.341	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SOUI10	BEV.11621	KR050180	32.032	-9.341	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SOUI11	BEV.11615	KR050181	32.032	-9.341	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SYAH1	BEV.11647	KR050201	33.855	-6.913	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	SYAH10	BEV.11652	KR050202	33.855	-6.913	Miralles et al. unpublished

Acanthodactylus erythrurus	SYAH11	BEV.11657	KR050203	33.855	-6.913	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	TAZA1	BEV.11830	KR050225	35.09	-5.16	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	TAZA10	A497	KR050226	34.104	-4.072	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	TAZA11	A815	KR050227	34.071	-4.181	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	TIMT1	BEV.11595	KR050236	31.088	-9.139	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	TIMT2	BEV.11596	KR050237	31.088	-9.139	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	TIMT3	BEV.11822	KR050238	31.088	-9.139	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	TISL1	BEV.11995	KR050239	32.203	-5.637	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	TISL10	BEV.11985	KR050240	32.203	-5.637	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	TISL11	BEV.11984	KR050241	32.203	-5.637	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	TITI1	BEV.11800	KR050253	31.288	-7.382	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	TITI2	BEV.11799	KR050254	31.288	-7.382	Miralles et al. unpublished
Acanthodactylus erythrurus	TITI3	BEV.11798	KR050255	31.288	-7.382	Miralles et al. unpublished
Chalcides ocellatus	EU278168		EU278168	34.881	-2.428	[1]
Chalcides ocellatus	EU278166		EU278166	35.133	-2.412	[1]
Chalcides ocellatus	EU278164		EU278164	34.583	-2.51	[1]
Chalcides ocellatus	EU278163		EU278163	35.109	-2.362	[1]
Chalcides ocellatus	EU278167		EU278167	35.133	-2.412	[1]
Chalcides ocellatus	EU278197		EU278197	34.664	11.241	[1]
Chalcides ocellatus	EU278196		EU278196	34.7	11.181	[1]
Chalcides ocellatus	EU278195		EU278195	34.7	11.181	[1]
Chalcides ocellatus	EU278194		EU278194	34.7	11.181	[1]

Chalcides ocellatus	EU278190		EU278190	36.748	8.496	[1]
Chalcides ocellatus	EU278189		EU278189	36.561	10.595	[1]
Chalcides ocellatus	EU278188		EU278188			[1]
Chalcides ocellatus	EU278169		EU278169	36.751	3.044	[1]
Chalcides ocellatus	JQ344284.		JQ344284.	35.863	10.61	[1]
Chalcides ocellatus	JQ344285		JQ344285	36.673	8.702	[1]
Chalcides ocellatus	F980216		F980216			[1]
Eumeces schneideri	JQ344289	MVZ:234475	JQ344289			[2]
Hemorrhois nummifer	AY376742		AY376742			[3]
Hemorrhois algirus	AY486911		AY486911			[3]
Hemorhois hippocrepis	AY486916.1		AY486916.1			[3]
Hemorrhois ravergieri	AY486920		AY486920			[3]
Hemorhois hippocrepis	AY643391		AY643391			[4]
Hemorhois hippocrepis	AY643392		AY643392			[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451952.1		DQ451952.1	35.161	-5.263	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451953.1		DQ451953.1	35.82	-5.646	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451954.1		DQ451954.1	35.576	-5.951	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451955.1		DQ451955.1	36.366	-5.227	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451956.1		DQ451956.1	37.922	-2.986	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451957.1		DQ451957.1	38.381	-6.809	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451958.1		DQ451958.1	37.338	-6.538	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451959.1		DQ451959.1	35.576	-5.951	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451960.1		DQ451960.1	37.267	-7.024	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451961.1		DQ451961.1	36.366	-5.227	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451962.1		DQ451962.1	37.611	-6.167	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451963.1		DQ451963.1	35.13	-2.416	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451964.1		DQ451964.1	35.306	-5.63	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451965.1		DQ451965.1	35.471	-5.406	[4]

Hemorhois hippocrepis	DQ451966.1		DQ451966.1	35.389	-5.894	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451967.1		DQ451967.1	37.389	-5.984	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451968.1		DQ451968.1	37.84	-3.352	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451969.1		DQ451969.1	35.143	-4.134	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451970.1		DQ451970.1	34.367	-5.219	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451971.1		DQ451971.1	36.757	2.846	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451972.1		DQ451972.1	35.861	4.724	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451973.1		DQ451973.1	34.892	-1.316	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451974.1		DQ451974.1	35.589	-5.363	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451975.1		DQ451975.1	31.629	-7.981	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451976.1		DQ451976.1	41.935	0.857	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451977.1		DQ451977.1	42.167	0.895	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451978.1		DQ451978.1	41.642	2.743	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451979.1		DQ451979.1	37.359	-1.658	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451980.1		DQ451980.1	36.777	-3.733	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451981.1		DQ451981.1	36.366	-5.227	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451982.1		DQ451982.1	37.183	-4.334	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451983.1		DQ451983.1	40.213	-6.464	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451984.1		DQ451984.1	33.441	-5.232	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451985.1		DQ451985.1	36.455	10.715	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451986.1		DQ451986.1	36.772	8.605	[4]
Hemorhois hippocrepis	DQ451987.1		DQ451987.1	36.455	10.715	[4]
Hemorhois hippocrepis	KP036573.1		KP036573.1	39.702	3.436	[4]
Hyla meridionalis	DQ996427		DQ996427	36.95	8.766	[5]
Hyla meridionalis	DQ996426		DQ996426	36.95	8.766	[5]
Hyla meridionalis	DQ996425		DQ996425	36.95	8.766	[5]
Hyla meridionalis	DQ996424		DQ996424	36.744	10.917	[5]
Hyla meridionalis	DQ996423		DQ996423	30.573	-7.203	[6]

Hyla meridionalis	DQ996422		DQ996422	30.016	-9.651	[6]
Hyla meridionalis	DQ996421		DQ996421	30.154	-8.576	[6]
Hyla meridionalis	DQ996420		DQ996420	30.154	-8.576	[6]
Hyla meridionalis	DQ996419		DQ996419	30.154	-8.576	[6]
Hyla meridionalis	DQ996418		DQ996418	30.154	-8.576	[6]
Hyla meridionalis	DQ996417		DQ996417	31.208	-7.851	[6]
Hyla meridionalis	DQ996416		DQ996416	36.013	-5.602	[6]
Hyla meridionalis	DQ996415		DQ996415	37.127	-6.48	[6]
Hyla meridionalis	DQ996414		DQ996414	37.127	-6.48	[6]
Hyla meridionalis	DQ996413		DQ996413	37.127	-6.48	[6]
Hyla meridionalis	DQ996412		DQ996412	39.704	-6.482	[6]
Hyla meridionalis	DQ996410		DQ996410	32.929	-5.052	[6]
Hyla meridionalis	DQ996411		DQ996411	32.929	-5.052	[6]
Hyla meridionalis	DQ996409		DQ996409	34.994	-5.918	[6]
Hyla meridionalis	DQ996408		DQ996408	35.164	-5.264	[6]
Hyla meridionalis	DQ996407		DQ996407	34.994	-5.918	[6]
Hyla meridionalis	DQ996406		DQ996406	35.164	-5.264	[6]
Hyla meridionalis	DQ996405		DQ996405	35.164	-5.264	[6]
Hyla meridionalis	DQ996404		DQ996404	35.164	-5.264	[6]
Hyla meridionalis	DQ996403		DQ996403	35.458	-6.033	[6]
Hyla meridionalis	DQ996402		DQ996402	35.729	-5.828	[6]
Hyla meridionalis	DQ996401		DQ996401	35.164	-5.264	[6]
Hyla meridionalis	DQ996400		DQ996400	35.164	-5.264	[6]
Hyla meridionalis	FJ226842		FJ226842	31.208	-7.851	[5]
Hyla meridionalis	FJ226841		FJ226841	43.52	4.7	[5]
Hyla meridionalis	FJ226840		FJ226840	43.91	7.84	[5]
Hyla meridionalis	FJ226808		FJ226808	28.4	-16.53	[5]
Hyla meridionalis	FJ226807		FJ226807	28.4	-16.53	[5]

Hyla meridionalis	FJ226806		FJ226806	36.3	-5.72	[5]
Hyla meridionalis	FJ226805		FJ226805	36.165	-5.582	[5]
Hyla meridionalis	FJ226804		FJ226804	37.31	-8.596	[5]
Hyla meridionalis	FJ226803		FJ226803	37.31	-8.596	[5]
Hyla meridionalis	FJ226802		FJ226802	37.31	-8.596	[5]
Hyla meridionalis	FJ226801		FJ226801	35.466	-6.033	[5]
Hyla meridionalis	FJ226800		FJ226800	32.683	-4.75	[5]
Hyla meridionalis	FJ226799		FJ226799	35.842	-5.56	[5]
Hyla meridionalis	FJ226798		FJ226798	35.113	-5.288	[5]
Hyla meridionalis	FJ226797		FJ226797	43.91	7.84	[5]
Hyla meridionalis	FJ226796		FJ226796	43.91	7.84	[5]
Hyla meridionalis	FJ226795		FJ226795	43.91	7.84	[5]
Hyla meridionalis	DQ996429		DQ996429	36.744	10.917	[5]
Hyla meridionalis	DQ996428		DQ996428	36.744	10.917	[5]
Hyla arborea	Harbore1		FJ226835			[5]
Hyla arborea	Harbore2		FJ226836			[5]
Hyla arborea	Harbore3		FJ226837			[5]
Hyla savignyi	Hsavign2		FJ226849			[5]
Hyla chinensis	AY458593		AY458593			[7]
Natrix maura	AY487785		AY487785			[8]
Natrix maura	AY487786		AY487786	44.478	5.027	[8]
Natrix maura	AY873706		AY873706	44.999	9.017	[8]
Natrix maura	AY873707		AY873707			[8]
Natrix maura	AY873708		AY873708	36.567	-6.174	[8]
Natrix maura	AY873709		AY873709	35.81	-5.563	[8]
Natrix maura	EU437551		EU437551	33.924	-6.485	[9]
Natrix maura	EU437552		EU437552	30.713	-7.618	[8]
Natrix maura	EU437553		EU437553	30.713	-7.618	[8]
Natrix maura	EU437554		EU437554	30.713	-7.618	[8]
Natrix maura	EU437555		EU437555	34.518	-4.634	[8]
Natrix maura	EU437556		EU437556	35.119	-2.341	[8]
Natrix maura	EU437557		EU437557	35.119	-2.341	[8]

Natrix maura	EU437558		EU437558	35.119	-2.341	[8]
Natrix maura	EU437559		EU437559	35.574	8.672	[8]
Natrix maura	EU437560		EU437560	36.47	-4.991	[8]
Natrix maura	EU437561		EU437561	36.47	-4.991	[8]
Natrix maura	EU437562		EU437562	31.205	-7.855	[8]
Natrix maura	EU437563		EU437563	35.573	8.668	[8]
Natrix maura	EU437564		EU437564	36.813	9.266	[8]
Natrix maura	EU437565		EU437565	34.808	-5.355	[8]
Natrix maura	EU437566		EU437566	34.915	-4.572	[8]
Natrix maura	EU437567		EU437567	33.533	-5.002	[8]
Natrix maura	EU437568		EU437568	36.191	4.395	[8]
Natrix maura	EU437569		EU437569	35.58	6.076	[8]
Natrix maura	EU437570		EU437570	35.207	6.302	[8]
Natrix maura	EU437571		EU437571	35.542	4.003	[8]
Natrix maura	EU437572		EU437572	37.002	-7.884	[8]
Natrix maura	KC570222		KC570222			[10]
Natrix maura	KC570223		KC570223			[10]
Natrix maura	KC570224		KC570224			[10]
Natrix maura	KC570225		KC570225			[9]
Natrix maura	KC570226		KC570226			[9]
Natrix maura	KC570227		KC570227			[9]
Natrix maura	KC570228		KC570228			[9]
Natrix maura	KC570229		KC570229			[9]
Natrix maura	KC570230		KC570230			[9]
Natrix maura	KC570231		KC570231			[9]
Natrix maura	KC570232		KC570232			[9]
Pelophylax saharicus	KP177787		KP177787	34.818	-6.302	[11]
Pelophylax saharicus	KP177788		KP177788	34.818	-6.302	[10]
Pelophylax saharicus				34.888	-2.299	[10]
Pelophylax saharicus	KP177704		KP177704	34.888	-2.299	[10]
Pelophylax saharicus	KP177680		KP177680	28.996	-10.53	[10]
Pelophylax saharicus	KP177681		KP177681	28.996	-10.53	[10]
Pelophylax saharicus	KP177682		KP177682	28.996	-10.53	[10]
Pelophylax saharicus	KP177683		KP177683	28.996	-10.53	[10]
Pelophylax saharicus	KP177684		KP177684	28.996	-10.53	[10]
Pelophylax saharicus				31.63	-8.248	[10]
Pelophylax saharicus	KP177673		KP177673	29.082	-10.27	[11]
Pelophylax saharicus	KP177674		KP177674	29.082	-10.27	[11]

Pelophylax saharicus	KP177675		KP177675	29.082	-10.27	[11]
Pelophylax saharicus	KP177676		KP177676	29.082	-10.27	[11]
Pelophylax saharicus	KP177677		KP177677	29.082	-10.27	[11]
Pelophylax saharicus	KP177762		KP177762	35.238	-5.175	[11]
Pelophylax saharicus	KP177763		KP177763	35.238	-5.175	[11]
Pelophylax saharicus	KP177764		KP177764	35.238	-5.175	[11]
Pelophylax saharicus	KP177765		KP177765	35.238	-5.175	[11]
Pelophylax saharicus	KP177697		KP177697	33.396	-5.911	[11]
Pelophylax saharicus	KP177698		KP177698	33.396	-5.911	[11]
Pelophylax saharicus	KP177699		KP177699	33.396	-5.911	[11]
Pelophylax saharicus	KP177700		KP177700	33.396	-5.911	[11]
Pelophylax saharicus	KP177701		KP177701	33.396	-5.911	[11]
Pelophylax saharicus	KP177702		KP177702	33.396	-5.911	[11]
Pelophylax saharicus	KP177703		KP177703	33.396	-5.911	[11]
Pelophylax saharicus	KP177692		KP177692	31.614	-9.581	[11]
Pelophylax saharicus	KP177693		KP177693	31.614	-9.581	[11]
Pelophylax saharicus	KP177718		KP177718	35.089	-5.155	[11]
Pelophylax saharicus	KP177719		KP177719	35.089	-5.155	[11]
Pelophylax saharicus	KP177720		KP177720	35.089	-5.155	[11]
Pelophylax saharicus	KP177727		KP177727	35.089	-5.155	[11]
Pelophylax saharicus				35.089	-5.155	[11]
Pelophylax saharicus	KP177728		KP177728	35.089	-5.155	[11]
Pelophylax saharicus	KP177729		KP177729	35.089	-5.155	[11]
Pelophylax saharicus	KP177730		KP177730	35.089	-5.155	[11]
Pelophylax saharicus	KP177731		KP177731	35.089	-5.155	[11]
Pelophylax saharicus	KP177732		KP177732	35.089	-5.155	[11]
Pelophylax saharicus	KP177733		KP177733	35.089	-5.155	[11]
Pelophylax saharicus	KP177734		KP177734	35.089	-5.155	[11]

Pelophylax saharicus	KP177735		KP177735	35.089	-5.155	[11]
Pelophylax saharicus	KP177759		KP177759	35.254	-5.216	[11]
Pelophylax saharicus	KP177760		KP177760	35.254	-5.216	[11]
Pelophylax saharicus	KP177761		KP177761	35.254	-5.216	[11]
Pelophylax saharicus	KP177696		KP177696	31.771	-8.708	[11]
Pelophylax saharicus	KP177678		KP177678	35.005	-5.68	[11]
Pelophylax saharicus	KP177679		KP177679	35.005	-5.68	[11]
Pelophylax saharicus	HM363036		HM363036	35.15	8.53	[12]
Pelophylax saharicus	HM363037		HM363037	35.15	8.53	[11]
Pelophylax saharicus	HM363038		HM363038	35.15	8.53	[11]
Pelophylax saharicus	HM363039		HM363039	35.15	8.53	[11]
Pelophylax saharicus				37.26	9.87	[11]
Pelophylax saharicus	HM363036		HM363036	33.86	10.6	[11]
Pelophylax saharicus	HM363040		HM363040	33.86	10.6	[11]
Pelophylax saharicus	HM363044		HM363044	33.86	10.6	[11]
Pelophylax saharicus	HM363041		HM363041	34.41	8.78	[11]
Pelophylax saharicus	HM363041		HM363041	34.41	8.78	[11]
Pelophylax saharicus	HM363043		HM363043	36.43	8.41	[11]
Pelophylax saharicus	HM363043		HM363043	36.43	8.41	[11]
Pelophylax saharicus				37.15	9.65	[11]
Pelophylax saharicus	HM363042		HM363042	35.66	10.8	[11]
Pelophylax saharicus	HM363037		HM363037	35.16	8.81	[11]
Pelophylax saharicus	HM363037		HM363037	35.16	8.81	[11]
Pelophylax saharicus	HM363033		HM363033	33.75	8.82	[11]
Pelophylax saharicus	HM363036		HM363036	33.75	8.82	[11]
Pelophylax saharicus	HM363036		HM363036	36.84	11.1	[11]
Pelophylax saharicus	HM363036		HM363036	36.84	11.1	[11]
Pelophylax saharicus	HM363036		HM363036	35.75	10.8	[11]

Pelophylax saharicus	HM363036		HM363036	35.75	10.8	[11]
Pelophylax saharicus	HM363030		HM363030	36.95	8.86	[11]
Pelophylax saharicus	HM363031		HM363031	36.95	8.86	[11]
Pelophylax saharicus	HM363031		HM363031	36.64	9.21	[11]
Pelophylax saharicus	HM363036		HM363036	36.64	9.21	[11]
Pelophylax saharicus	HM363034		HM363034	34.38	7.6	[11]
Pelophylax saharicus	HM363035		HM363035	34.38	7.6	[11]
Pelophylax saharicus	HM363032		HM363032	36.86	10.16	[11]
Pelophylax saharicus	HM363033		HM363033	36.86	10.16	[11]
Rana huanrensis	KT588071		KT588071			[13]
Podarcis vaucheri	EF081082		EF081082			[14]
Podarcis vaucheri	EF081094		EF081094			[13]
Podarcis vaucheri	EF081099		EF081099			[13]
Podarcis vaucheri	EF081111		EF081111			[13]
Podarcis vaucheri	EF081114		EF081114			[13]
Podarcis vaucheri	EF081115		EF081115			[13]
Podarcis vaucheri	HQ898024		HQ898024			[15]
Podarcis vaucheri	HQ898027		HQ898027			[15]
Podarcis vaucheri	HQ898028		HQ898028			[15]
Podarcis vaucheri	HQ898029		HQ898029			[15]
Podarcis vaucheri	DQ081177		DQ081177			[16]
Podarcis vaucheri	DQ081178		DQ081178			[16]
Podarcis vaucheri	HQ898013		HQ898013			[14]
Podarcis vaucheri	HQ898012		HQ898012			[14]
Podarcis vaucheri	HQ898030		HQ898030			[14]
Podarcis vaucheri	HQ898031		HQ898031			[14]
Podarcis vaucheri	GQ856102		GQ856102			[14]
Podarcis vaucheri	GQ856106		GQ856106			[14]

Podarcis vaucheri	EU269587		EU269587			[17]
Podarcis vaucheri	GQ856108		GQ856108			[18]
Podarcis vaucheri	GQ856104		GQ856104			[18]
Podarcis vaucheri	GQ856105		GQ856105			[18]
Podarcis vaucheri	GQ856103		GQ856103			[18]
Podarcis vaucheri	GQ856100		GQ856100			[16]
Podarcis vaucheri	DQ081180		DQ081180			[16]
Podarcis vaucheri	HQ898009		HQ898009			[15]
Podarcis vaucheri	GQ856101		GQ856101			[18]
Podarcis vaucheri	EU269585		EU269585			[16]
Podarcis vaucheri	DQ081179		DQ081179			[16]
Podarcis vaucheri	EU269568		EU269568			[16]
Podarcis vaucheri	DQ081170		DQ081170			[16]
Podarcis vaucheri	GQ856098		GQ856098			[13]
Podarcis vaucheri	GQ856099		GQ856099			[13]
Podarcis vaucheri	GQ856096		GQ856096			[13]
Podarcis vaucheri	GQ856097		GQ856097			[13]
Podarcis vaucheri	GQ856094		GQ856094			[13]
Podarcis vaucheri	GQ856095		GQ856095			[13]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	1		GU195714			[19]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	2		GU195715			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	3		GU195716			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	4		GU195717			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	5		GU195718			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	6		GU195719			[18]

Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	7		GU195720			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	8		GU195721			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	9		GU195722			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	10		GU195723			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	11		GU195724			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	12		GU195725			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	13		GU195726			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	14		GU195727			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	15		GU195728			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	16		GU195729			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	17		GU195730			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	18		GU195731			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	19		GU195732			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	20		GU195737			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	21		GU195738			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	22		GU195739			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	23		GU195740			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	24		GU195741			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	25		GU195742			[18]

Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	26		GU195743			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	27		GU195744			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	28		GU195745			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	29		GU195746			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	30		GU195735			[18]
Ptyodactylus oudrii (12S rRNA)	31		GU195736			[18]
Ptyodactylus siphonorhina (12S rRNA)	32		GU195733			[18]
Ptyodactylus togoensis (12S rRNA)	33		GU195734			[18]
Ptyodactylus togoensis (12S rRNA)	34		GU195747			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	1		GU195748			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	2		GU195749			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	3		GU195750			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	4		GU195751			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	5		GU195752			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	6		GU195753			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	7		GU195754			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	8		GU195755			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	9		GU195756			[18]

Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	10		GU195757			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	11		GU195758			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	12		GU195759			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	13		GU195760			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	14		GU195761			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	15		GU195762			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	16		GU195763			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	17		GU195764			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	18		GU195765			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	19		GU195766			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	20		GU195771			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	21		GU195772			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	22		GU195773			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	23		GU195774			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	24		GU195775			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	25		GU195776			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	26		GU195777			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	27		GU195778			[18]
Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	28		GU195779			[18]

Ptyodactylus togoensis (16S rRNA)	29		GU195780			[18]
Ptyodactylushaselquistii	30		GU195769			[18]
Ptyodactylushaselquistii	31		GU195770			[18]
Ptyodactylus siphonorhina (12S rRNA)	32		GU195767			[18]
Ptyodactylus togoensis (12S rRNA)	33		GU195768			[18]
Ptyodactylus togoensis (12S rRNA)	34		GU195781			[18]
Ptyodactylus oudrii	KP858152					[20]
Ptyodactylus oudrii	KP858344					[19]
Ptyodactylus oudrii	KP858415					[19]
Ptyodactylus oudrii	KP858192					[19]
Ptyodactylus oudrii	KP858450					[19]
Ptyodactylus oudrii	KP858451					[19]
Ptyodactylus oudrii	KP858470					[19]
Ptyodactylus oudrii	KP858232					[19]
Ptyodactylus oudrii	KP858428					[19]
Ptyodactylus oudrii	KP858429					[19]
Ptyodactylus oudrii	KP858148					[19]
Ptyodactylus oudrii	KP858149					[19]
Ptyodactylus togoensis	KC505531					[19]
Ptyodactylus togoensis	KC505532					[19]
Ptyodactylus togoensis	KC505533					[19]
Ptyodactylus togoensis	KC505534					[19]
Timon tangitanus	HQ287269					[21]
Timon tangitanus	HQ287267					[20]
Timon tangitanus	HQ287266					[20]
Timon tangitanus	HQ287265					[20]

Timon tangitanus	HQ287264					[20]
Timon tangitanus	HQ287263					[20]
Timon tangitanus	HQ287261					[20]
Timon tangitanus	HQ287262					[20]
Timon tangitanus	HQ287260					[20]
Timon tangitanus	HQ287259					[20]
Timon tangitanus	HQ287258					[20]
Timon tangitanus	HQ287257					[20]
Timon tangitanus	HQ287256					[20]
Timon tangitanus	HQ287255					[20]
Timon tangitanus	HQ287254					[20]
Timon tangitanus	HQ287253					[20]
Timon tangitanus	HQ287252					[20]
Timon tangitanus	HQ287251					[20]
Timon tangitanus	HQ287250					[20]
Timon tangitanus	HQ287249					[20]
Timon tangitanus	HQ287248					[20]
Timon tangitanus	HQ287247					[20]
Timon tangitanus	HQ287246					[20]
Timon tangitanus	HQ287245					[20]
Timon tangitanus	HQ287244					[20]
Timon tangitanus	HQ287268					[20]
Timon tangitanus	AF378956					[22]
Timon pater	AF378958					[22]
Timon tangitanus	AF378955					[22]
Trogonophis wiegmanni	TR1r		EF545727			[23]
Trogonophis wiegmanni	TR2r		EF545729			[22]
Trogonophis wiegmanni	TR2		EF545713			[22]

Trogonophis wiegmanni	TR3		EF545715			[22]
Trogonophis wiegmanni	TR4		EF545717			[22]
Trogonophis wiegmanni	TR5		EF545720			[22]
Trogonophis wiegmanni	TR6		EF545721			[22]
Trogonophis wiegmanni	TR6_2		EF545723			[22]
Trogonophis wiegmanni	TR7_2		EF545725			[22]
Trogonophis wiegmanni	TR7_68		EF545731			[22]
Trogonophis wiegmanni	TR7_61		EF545733			[22]
Trogonophis wiegmanni	TR1_39r		EF545735			[22]
Trogonophis wiegmanni	EU203659		EU203659			[22]
Trogonophis wiegmanni	MVZ162544		MVZ162544			[22]
Trogonophis wiegmanni	T26		KJ624789			[22]
Trogonophis wiegmanni (12S rRNA)	TR1r		EF545726			[22]
Trogonophis wiegmanni (12S rRNA)	TR2r		EF545728			[22]
Trogonophis wiegmanni (12S rRNA)	TR2		EF545712			[22]
Trogonophis wiegmanni (12S rRNA)	TR3		EF545714			[22]
Trogonophis wiegmanni (12S rRNA)	TR4		EF545716			[22]
Trogonophis wiegmanni (12S rRNA)	TR5		EF545718			[22]
Trogonophis wiegmanni (12S rRNA)	TR6		EF545720			[22]
Trogonophis wiegmanni (12S rRNA)	TR6_2		EF545722			[22]
Trogonophis wiegmanni (12S rRNA)	TR7_2		EF545724			[22]
Trogonophis wiegmanni (12S rRNA)	TR7_68		EF545730			[22]
Trogonophis wiegmanni (12S rRNA)	TR7_61		EF545732			[22]

Trogonophis wiegmanni (12S rRNA)	TR1_39r		EF545734			[22]
Discoglossus scovazzi	KF644929S		KF644929			[24]
Discoglossus scovazzi	KF644927S		KF644927			[24]
Discoglossus scovazzi	KF644928S		KF644928			[24]
Discoglossus scovazzi	KF644926S		KF644926			[24]
Discoglossus jeanneae	DQ902149J		DQ902149			[25]
Blanus cinereus	cinereus1		EU443257			[26]
Blanus cinereus	Cinereus2		KJ624883			[27]
Blanus strauchi	strauchi		KJ624855			[27]
Trogonophis wiegmanni (12S rRNA)	EU203659		EU203659			[22]

Literature cited in S1 Table

1. Carranza S, Arnold EN, Geniez P, Roca J, Mateo JA. Radiation, multiple dispersal and parallelism in the skinks, Chalcides and Sphenops (Squamata: Scincidae), with comments on Scincus and Scincopus and the age of the Sahara Desert. Mol Phylogenet Evol. 2008;46: 1071–1094. doi:10.1016/j.ympev.2007.11.018

2. Lavin BR, Papenfuss TJ. The phylogenetic position of Chalcides ocellatus (Squamata: Scincidae) from Yemen and Somalia. 2012;36: 26–36.

3. Nagy ZT, Lawson R, Joger U, Wink M. Molecular systematics of racers, whipsnakes and relatives (Reptilia: Colubridae) using mitochondrial and nuclear markers. J Zool Syst Evol Res. Wiley Online Library; 2004;42: 223–233.

4. Carranza S, Arnold EN, Pleguezuelos JM. Phylogeny, biogeography, and evolution of two Mediterranean snakes, Malpolon monspessulanus and Hemorrhois hippocrepis (Squamata, Colubridae), using mtDNA sequences. Mol Phylogenet Evol. 2006;40: 532–546. doi:10.1016/j.ympev.2006.03.028

5. Stöck M, Dubey S, Klütsch C, Litvinchuk SN, Scheidt U, Perrin N. Mitochondrial and nuclear phylogeny of circum-Mediterranean tree frogs from the Hyla arborea group. Mol Phylogenet Evol. 2008;49: 1019–1024. doi:10.1016/j.ympev.2008.08.029

6. Recuero E, Iraola A, Rubio X, Machordom A, García-París M. Mitochondrial differentiation and biogeography of Hyla meridionalis (Anura: Hylidae): an unusual phylogeographical pattern. J Biogeogr. 2007;34: 1207–1219. doi:10.1111/j.1365-2699.2007.01688.x

7. Zhang P, Zhou H, Chen Y-Q, Liu Y-F, Qu L-H. Mitogenomic perspectives on the origin and phylogeny of living amphibians. Syst Biol. Society of Systematic Zoology; 2005;54: 391–400.

8. Guicking D, Griffiths R a., Moore RD, Joger U, Wink M. Introduced alien or persecuted native? Resolving the origin of the viperine snake (Natrix Maura) on Mallorca. Biodivers Conserv.

2006;15: 3045–3054. doi:10.1007/s10531-005-4878-y

9. Barata M, Harris DJ, Castilho R. Comparative phylogeography of northwest African Natrix maura (Serpentes : Colubridae) inferred from mtDNA sequences. African Zool. 2008;43: 1–7. doi:10.3377/1562-7020(2008)43[1:CPONAN]2.0.CO;2

10. Kindler C, Böhme W, Corti C, Gvoždík V, Jablonski D, Jandzik D, et al. Mitochondrial phylogeography, contact zones and taxonomy of grass snakes (Natrix natrix, N. megalocephala). Zool Scr. 2013;42: 458–472. doi:10.1111/zsc.12018

11. Nicolas, V., Mataame, A., Crochet, P. A., Geniez, P., & Ohler, A. (2015). Phylogeographic patterns in north African water frog Pelophylax saharicus (Anura: Ranidae). Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research, 53(3), 239-248.

12. Nabil A, Sarra F, Paolo M, Slim B-Y, Khaled S. Assessment of intraspecific mtDNA variability of the water frog Pelophylax saharicus in Eastern North Africa. Ann Zool. 2010;60: 639–646. doi:10.3161/000345410X550508

13. Dong B, Zhou Y, Yang B. The complete mitochondrial genome of the Rana huanrensis (Anura: Ranidae). Mitochondrial DNA Part A. Taylor & Francis; 2016;27: 4551–4552.

14. Lima A, Pinho C, Larbes S, Carretero MA, Brito JC, Harris DJ. Relationships of Podarcis wall lizards from Algeria based on mtDNA data. Amphibia-Reptilia. Brill; 2009;30: 483–492.

15. Kaliontzopoulou a., Brito JC, Carretero M a., Larbes S, Harris DJ. Modelling the partially unknown distribution of wall lizards (Podarcis) in North Africa: ecological affinities, potential areas of occurrence, and methodological constraints. Can J Zool. 2008;86: 992–1001. doi:10.1139/Z08-078

16. Pinho C, Ferrand N, Harris DJ. Reexamination of the Iberian and North African Podarcis (Squamata: Lacertidae) phylogeny based on increased mitochondrial DNA sequencing. Mol Phylogenet Evol. 2006;38: 266–73. doi:10.1016/j.ympev.2005.06.012

17. Pinho C, Harris DJ, Ferrand N. Comparing patterns of nuclear and mitochondrial divergence in a cryptic species complex: the case of Iberian and North African wall lizards (Podarcis, Lacertidae). Biol J Linn Soc. Wiley Online Library; 2007;91: 121–133.

18. Lima A, Pinho C, Larbes S, Carretero M, Brito JC, Harris DJ. Relationships of Podarcis wall lizards from Algeria based on mtDNA data. Amphibia-Reptilia. 2009;30: 483–492. doi:10.1163/156853809789647103

19. Perera A, Harris DJ, Harris J. Genetic variability within the Oudri ’s fan-footed gecko Ptyodactylus oudrii in North Africa assessed using mitochondrial and nuclear DNA sequences. Mol Phylogenet Evol. 2010;54: 634–639. doi:10.1016/j.ympev.2009.10.020

20. Metallinou M, Červenka J, Crochet P-A, Kratochvíl L, Wilms T, Geniez P, et al. Species on the rocks: Systematics and biogeography of the rock-dwelling Ptyodactylus geckos (Squamata: Phyllodactylidae) in North Africa and Arabia. Mol Phylogenet Evol. 2015;85: 208–220. doi:10.1016/j.ympev.2015.02.010

21. Perera A, Harris DJ. Genetic Variability in the Ocellated Lizard Timon tangitanus in Morocco. African Zool. Zoological Society of Southern Africa; 2010;45: 321–329. doi:10.3377/004.045.0211

22. Paulo OS, Pinheiro J, Miraldo a., Bruford MW, Jordan WC, Nichols R a. The role of vicariance vs. dispersal in shaping genetic patterns in ocellated lizard species in the western Mediterranean. Mol Ecol. 2008;17: 1535–1551. doi:10.1111/j.1365-294X.2008.03706.x

23. Mendonça B, Harris DJ. Genetic variation within Trogonophis wiegmanni Kaup 1830. Belgian J Zool. 2007;137: 239–242.

24. Vences M, De Pous P, Nicolas V, Díaz-Rodríguez J, Donaire D, Hugemann K, et al. New insights on phylogeography and distribution of painted frogs (Discoglossus) in northern Africa and the Iberian Peninsula. Amphibia-Reptilia. Brill; 2014;35: 305–320.

25. Busack SD, Lawson R. Morphological, mitochondrial DNA and allozyme evolution in representative amphibians and reptiles inhabiting each side of the Strait of Gibraltar. Biol J Linn Soc. 2008;94: 445–461. doi:10.1111/j.1095-8312.2008.00992.x

26. Albert EM, San Mauro D, García-París M, Rüber L, Zardoya R. Effect of taxon sampling on recovering the phylogeny of squamate reptiles based on complete mitochondrial genome and nuclear gene sequence data. Gene. Elsevier; 2009;441: 12–21.

27. Sampaio FL, Harris DJ, Perera A, Salvi D. Phylogenetic and diversity patterns of Blanus worm lizards (Squamata: Amphisbaenia): insights from mitochondrial and nuclear gene genealogies and species tree. J Zool Syst Evol Res. Wiley Online Library; 2015;53: 45–54.

INTRODUCTION GENERALE

I- Pourquoi la biodiversité est au sommet des préoccupations de l'humanité ?.....**1**
I-1 Perte de la biodiversité et nécessité de la conserver…….....**1**
I-2 Valeurs de la biodiversité…….....**2**
I-3- Biologie de la conservation : une discipline de crise……..…**3**
I-3-1- Une nouvelle science de la conservation (new conservation science, NCS)…….....**4**
II- Connaissance de la biodiversité et biologie de la conservation.....**5**
II-1- La biodiversité, que devons-nous connaitre en priorité ?.....**5**
II-1-1- Les hots-spots de biodiversité, la connaissance de la biodiversité et développement économique…….....**6**
II-1-2- Quels sont les déficits les plus importants en connaissance de la biodiversité ?.....**6**
III- Thématique de ma thèse…….....**9**
III-1- Pourquoi l'Algérie ?.....**9**
III-1-1- L'Algérie, hotspot et cas d'école dans l'ignorance e la biodiversité …….....**9**
III-1-2- Une grande diversité d'habitats…….....**11**
III-1-3- L'Algérie carrefour biogéographique…….…….…**15**
III-2- Conservation en Algérie : un projet ambitieux face à de grandes lacunes de connaissances…….…….…**15**
III-3- La recherche scientifique en soutien à l'expertise environnementale…….…….…**16**
III-4- Pourquoi les reptiles et amphibiens ?…….…….....**16**
III-5- Objectifs de la thèse et organisation du manuscrit…….…..**17**

CHAPITRE I : Diversité taxonomique et liste rouge des reptiles et amphibiens d'Algérie

I- Introduction…….....**19**
I-1 Objectifs…….....**19**
I-2 Historique et état des connaissances sur les reptiles et amphibiens d'Algérie…….…….....**20**
II- Méthodes…….....**23**
II-1- Origine des données de distribution…….....**23**
II-2- Vérification et validation des données…….…….....**23**
II-3- Validation de la checklist taxonomique…….……**23**
II-4- Evaluation des statuts UICN…….…**24**
III- Résultats……**24**
III-1- Liste taxonomique…….…**24**
III-2- Les statuts de conservation…….…**27**
III-3- Les espèces classées dans la catégorie données manquantes (DD).....**33**
IV-Discussion…….....**34**

IV-1- Distribution, géographique des espèces menacées ou quasi menacées……..…**34**
IV-1-1- L'écosystème dunaire du littoral ouest ……..**34**
IV-1-2- Les écosystèmes steppiques ……**34**
IV-1-3- Les zones boisées de l'Atlas Saharien……..**35**
IV-2- Les déficits de connaissance sur la biodiversité comme obstacle à l'évaluation des espèces……..…..**35**
IV-3- Répartition géographique des espèces classée DD……...**35**
IV-4- Espèces à surveiller……**36**
V- Conclusion……..…...**36**
VI- Article 1: La redécouverte d'un lézard mythique l'Acanthodactyle de Doumergue……..….

CHAPITRE II : Etude des lacunes de prospection des reptiles et amphibiens en Algérie

I- Introduction……..….**44**
II-Effort de recherche et biodiversité attendue……..…....**45**
III- Matériel et méthodes……..….**46**
III-1-Origine des données et leur précision géographique……...…**46**
III-2- Variables environnementales…….…...**46**
III-3- Variables climatiques……..…**47**
III-4- Variables d'habitat (landocver)…….……...**47**
III-5- Indice de rugosité de terrain, Terrain Ruggedness Index, TRI (Riley 1999)……..……...**47**
III-6- Effort d'échantillonnage et diversité observée……..……..**47**
III-7- Modélisation de la richesse spécifique…….……...**47**
III-7-1- Approche 1 : Modéliser la distribution des espèces……..……**47**
III-7-2- Approche 2 : Utilisation des enveloppes……...…**48**
IV- Résultats……..……**49**
IV-1- Effort d'échantillonnage…….…..**49**
IV-2- Richesse spécifique observée…….…...**49**
IV-3- Distribution de la richesse spécifique attendue…….…..**52**
IV-3-1- Utilisation des modèles de niches écologiques……..…..**52**
IV-3-2- Richesse spécifique attendue avec l'utilisation d'enveloppes de répartition……..……**53**
IV-4- Distribution des lacunes en prenant compte la richesse spécifique prédite…….……...**53**
V- Discussion……..…**54**
V-1- Distribution de l'effort…….……...**54**
V-2- Distribution de la richesse spécifique…….……...**55**
V-3- Hotspots de biodiversité ou artéfacts ?.....**56**
I-4- Limites méthodologiques et échelle de perception……..……..**57**
V-5- Conclusion, recommandations et perspectives…….……..**58**

CHAPITRE III : Phylogéographie comparée des reptiles et amphibiens d'Algérie

Article 2 : La phylogéographie comparée des amphibiens et reptiles d'Algérie suggère des causes communes aux sutures phylogéographique Est-Ouest dans le Maghreb……..**60**

DISCUSSION GENERALE

I- Le shortfall Linnéen……..**137**

I-1- La première checklist des reptiles et amphibiens : sommes-nous encore loin du compte ?.....**137**

I-2- Quelques espèces susceptibles de splitter……...…**137**

I-3- Diversité cryptique ou manque d'exploration ?.....**137**

II- La liste rouge des espèces d'Algérie……..……..**138**

II-1- Diversité cryptique, obstacle à la bonne évaluation des statuts de conservation…….....**138**

II-2- Des espèces « parapluie » pour guider la prospection sur le terrain……...**139**

II-3- L'évaluation des lacunes de prospection en fonction de la richesse prédite……..……...**139**

III- Alternatives aux espèces comme indicateurs de la biodiversité et conservation (biodiversity surrogates)…….**142**

IV- Les shortfall darwinien et la conservation……..**143**

IV-1- Taxonomie, substitues de la biodiversité, et biologie de la conservation en Algérie…..…..**144**

V- Conclusion et recommandations……..……..…..**146**

BIBLIOGRAPHIE……..148

Discussion générale

I- Le shortfall Linnéen

I-1- La première checklist des reptiles et amphibiens : sommes-nous encore loin du compte ?

Pour dresser la première liste d'espèces de reptiles et amphibiens, nous nous sommes limités dans la mesure du possible à des espèces décrites dans la littérature. Pour évaluer l'étendue et le degré du déficit linnéen, une question s'impose : est-ce que le nombre d'espèces connues en Algérie correspond à la réalité, est ce qu'il est proche ou loin du nombre réel d'espèces présentes ? A partir des données de la pylogéographie comparée (chapitre 3) et des phylogegraphies de plusieurs taxons de reptiles et amphibiens du Maghreb, il parait évident que la systématique actuelle sous-estime largement la richesse spécifique en Algérie. Dans plusieurs études, les auteurs ont présenté des lignées comme candidates à être élevées au rang d'espèce. Un certain nombre d'espèces cachent en réalité deux ou plusieurs espèces.

I-2- Quelques espèces susceptibles de splitter

Les rainettes méridionales *Hyla meridionalis* dont les populations de l'est de l'Algérie et de Tunisie forment une lignée très distincte que Recuero et al. (2007) et Stöck et al. (2008) élèvent au rang d'espèce. L'étude récente de Rato et al. (2016) sur la taxonomie de la tarente de Maurétanie *Tarentola mauritaica* révèle que ce qui est considéré par la systématique actuelle comme étant une seule espèce se révèle en réalité être un complexe d'au moins 6 espèces dont deux présentes en Algérie avec uniquement 3 spécimens analysés. Les lignées divergentes (E-W) de *Ptyodactylus oudrii* sont considérées comme espèces candidates par Perera et al. (2010). Les grenouilles vertes d'Afrique du Nord *Pelophylax saharicus* sont un autre taxon susceptible d'être divisé en 2 espèces. En effet, Arano et al. (1998) montrent qu'il y a une concordance entre la diversité des allozymes et de l'ADN mitochondrial entre les populations du Maroc et de l'Algérie ce qui permet de penser à des taxons distincts. La divergence importante entre les populations de l'ouest et celles de l'est ainsi que la concordance des marqueurs mitochondriaux et les allozymes chez *Podarcis vaucheri* font de ses lignées est et ouest des espèces probablement bien distinctes (Pinho et al. 2006; Carretero et al. 2009; Kaliontzopoulou et al. 2011). La diversité génétique *d'Acanthodactylus erythrurus* (voir chapitre 3) dont une des lignées est déjà décrite comme espèce à part avec une diagnose morphologique (Doumergue 1901; Salvador 1982). Par ailleurs, une étude en cours montre que les lignées mitochondriales sont concordantes aux lignées nucléaires chez les populations de cette espèce au Maroc.

I-3- Diversité cryptique ou manque d'exploration ?

La diversité cryptique est un phénomène qui touche tous les taxons et dans toutes les régions du monde (Pfenninger & Schwenk 2007). L'introduction de l'outil moléculaire a révélé que la diversité cachée était un phénomène très fréquent. Les révisions taxonomiques avec cet outil

peut doubler la richesse spécifique observée dans une région donnée (exemple : (Oliver et al. 2009)).

Toutes les espèces du Maghreb n'ont pas fait l'objet de révision ou de pylogéographie systématique récente, mais parmi les espèces étudiées (voir ci-dessus), plusieurs ont révélé l'existence d'espèces jumelles voir de complexes d'espèces ! Selon Barata et al. (2008), à chaque fois que la phylogéographie d'une espèce Euromaghrébine est étudiée, on trouve une plus grande diversité dans le Maghreb par rapport au reste de son aire de répartition. En plus de la diversité cryptique qui est un phénomène prévalent chez tous les taxons, en Algérie, il existe encore de très grandes lacunes de prospections (voir chapitre 2), ce qui augmente la probabilité de l'existence de taxons nouveaux pour l'Algérie voire de taxons jamais observés. Ceci est attesté par mes propres observations sur le terrain de taxons jamais décrits auparavant du genre *Acanthodactylus* ou de nouvelles espèces pour l'Algérie (genre *Chalcides.,* voir aussi Montero et al. (2017) qui soupçonnent la découverte d'un nouveau scincidé pour l'Algérie ou carrément une nouvelle espèce pour la science à Theniet El Had.). Le déficit de prospection, le faible nombre de taxon étudiés et la prévalence de la diversité cryptique font que le Shortfall linnéen est exacerbé en Algérie. Le nombre d'espèces présentées dans la checklist (chapitre1) est certainement loin du nombre réel d'espèces présentes en Algérie.

Afin de réduire le déficit linnéen, il est impératif de s'investir dans l'effort de description de nouveaux taxons, en priorité les espèces qualifiées de candidates par les études précédentes.

II- La liste rouge des espèces d'Algérie

II-1- Diversité cryptique obstacle à la bonne évaluation des statuts de conservation

Le déficit linnéen, plus précisément la présence d'espèces cryptiques, impacte directement l'évaluation de l'état de conservation des taxons étudiés. En effet, les critères utilisés se basent essentiellement sur les aires occupées par les espèces (occurrence ou occupancy). Or, les aires de répartition des espèces dépendent de la systématique actuelle. Un changement de la taxonomie d'une espèce va impliquer des nouvelles surfaces occupées par les espèces nouvellement décrite voir (Figure 1).

Dans le cas d'un pays comme l'Algérie où la taxonomie des espèces est loin d'être actualisée, c'est valable pour les reptiles et amphibiens mais également pour tous les groupes taxonomiques.

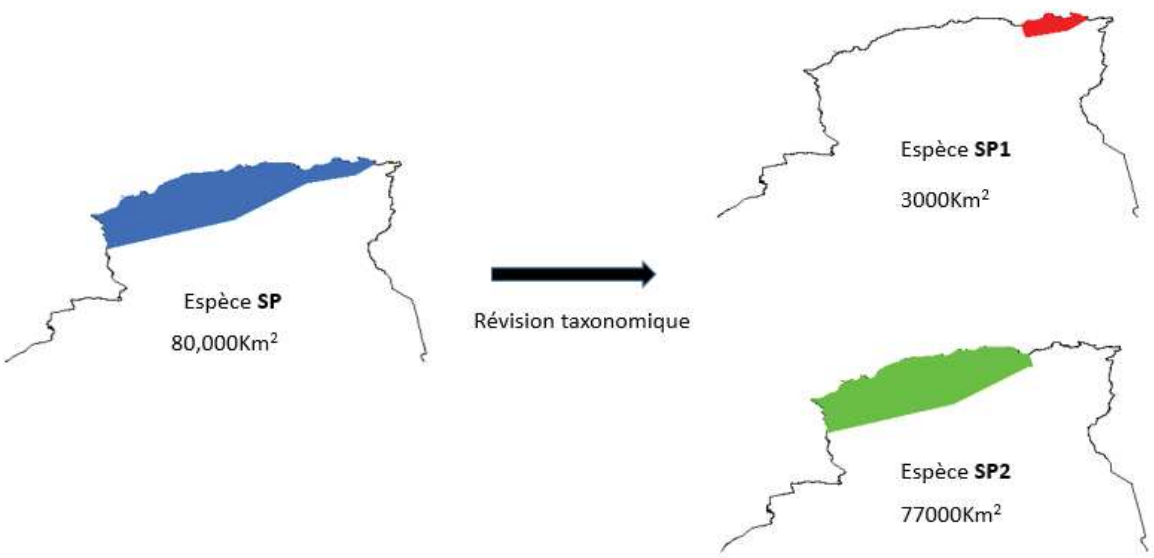


Figure 1 : Schéma d'un exemple illustrant l'impact de l'incertitude taxonomique sur l'évaluation des statuts de conservation. L'espèce A selon la systématique actuelle occupe une aire d'occurrence de 80 000Km^{2,} ce qui fait d'elle une espèce à préoccupation mineur selon le critère B1. Après révision taxonomique, on réalise que l'espèce parmi les deux espèces nouvellement décrites SP1 a une aire d'occurrence inférieure à 5000 km^2 et peut être classée dans la catégorie en danger.

II-2- Des espèces parapluie pour guider la prospection sur le terrain

Le concept d'espèce parapluie (Lambeck 1997) désigne les espèces pour lesquelles l'effort de conservation a des effets positifs sur un grand nombre d'espèces qui partagent la même aire de répartition. Les biologistes de la conservation doivent identifier ces espèces pour maximiser les fruits des plans de conservation (Roberge & Angelstam 2004). Je propose ici, l'utilisation des espèces à données manquantes comme espèces parapluie non pas pour la conservation, mais pour l'orientation des prospections sur le terrain. Parmi toutes les espèces évaluées en Algérie (voir Chapitre 1), 13 sont classées dans la catégorie DD (data déficiente, données insuffisantes) leurs répartitions géographiques couvrent plusieurs zones du pays : monts de Tlemcen au nord-ouest (*Hyalosaurus koellikeri),* Le Hoggar au sud du Sahara (*Philochortus zolii*), le nord-est (*Chalcides chalcies*), le nord Sahara et les hauts plateaux (*Acanthodactylus maculatus)*…Cibler ces espèces comme objectifs de recherche, permettrait de couvrir une grande surface du pays et collecter des données sur l'ensemble de l'hérpétofaune.

II-3- L'évaluation des lacunes de prospection en fonction de la richesse prédite

Dans le chapitre 2, j'ai essayé de montrer des lacunes d'échantillonnage avec deux approches, une basée uniquement sur l'effort d'échantillonnage l'autre prend en compte la variabilité géographique de la richesse spécifique; les zones où la diversité attendue est haute nécessite plus d'effort de prospection pour atteindre la complétude de l'inventaire.

Pour la seconde approche, j'ai prédit la richesse spécifique avec deux méthodes : les modèles de niches et la superposition des aires de répartitions des espèces. Chaque approche et chaque étape de cette évaluation fait face à des limites méthodologique. Le nombre d'observation par site (carré de 20x20Km$^{2)}$ n'est certainement pas le meilleur indice pour la mesure de l'effort d'échantillonnage. Plusieurs biais peuvent être à l'origine de cet indice : 1 les données proviennent de sources très différentes, certaines sources comme les atlas régionaux (Brunet et al. 2009; Laurent Chirio 1995) ne donnent pas accès aux données brutes mais à des données déjà spatialisées sans le nombre d'observation par espèce par site (voir Ficetola et al. (2013)). 2) les données qui proviennent des collections de musés peuvent être issues de missions focalisées sur un taxon donné et vont surestimer l'effort d'échantillonnage dans un carré donné alors que ces missions ne fournissent pas d'informations sur les autres taxons. 3) les données participatives vont fournir des données sur des espèces faciles à détecter. Toutefois, les résultats montrent que cet indice n'est pas dénué de sens. En effet, sur la partie nord du pays, les carrés avec les meilleurs indices d'échantillonnage sont ceux qui ont détecté une plus grande richesse observée. Je dois rappeler que le but de cette partie de ma thèse n'est pas de fournir des prédictions très précises de la richesse spécifiques ni de produire le gap analysis à une échelle très fine. Les études à fine échelle doivent faire l'objet d'autres recherches. Mon objectif était de détecter ces lacunes à l'échelle des régions du pays ou au plus à l'échelle des départements dans la partie nord. La prédiction de la richesse spécifique est exposée à plusieurs limites méthodologiques.

Il existe des biais liés à la qualité et à la précision des données de base. Anderson (2012) identifie les suivant 1) les mauvaises identifications taxonomiques, 2) le manque de bases de données bien tenues et de géo référencements des observations, 3) la différence de pression d'échantillonnage entre les différentes partie de la zone d'étude, 4) des biais inhérents aux méthodes de validation des modèles. Un effort considérable a été consenti dans le cas de mon étude pour réduire en amont ces biais liés aux données (1, 2 et 3) en essayant de retracer la maximum de données, d'éliminer toutes les données douteuses, de géoréférencer avec la plus grande précision possible les données de musées et de littérature (voir chapitre 1 et 2). Nous n'avons pas testé l'effet de varier les jeux de données environnementales sur la qualité des modèles (voir Peterson & Nakazawa (2008), mais les données issues du world clim sont vraisemblablement peu précises sur une grande partie du pays (partie saharienne) au vue du nombre réduits de stations météorologiques sources de données pour le WorldClim (Figure 2). Cette imprécision pourrait réduire la puissance des modèles de distribution d'espèces quand on sait que les données climatiques du WorldClim et du BioClim sont au fait des extrapolations à partir des données récoltées dans ces stations. Enfin, les modèles de distribution d'espèces basés sur les données de présence uniquement ont tendance à surestimer les zones favorables pour les milieux bien échantillonnés et les sous-estimer dans les milieux moins échantillonnés (Guillera-Arroita et al. 2015). Or, en Algérie il y a un décalage très net entre l'effort de prospection

dans la majeure partie du Sahara et la partie septentrionale d'une part et de grandes différences de pressions d'échantillonnage entre les différentes partie de la partie nord de l'autre.

Une autre méthode a été utilisée pour prédire la diversité, celle-ci a pour principe l'addition des aires de répartition de toutes les espèces. Cette méthode ne dépend pas des données environemtales mais surestime également la présence surtout à fine échelle.

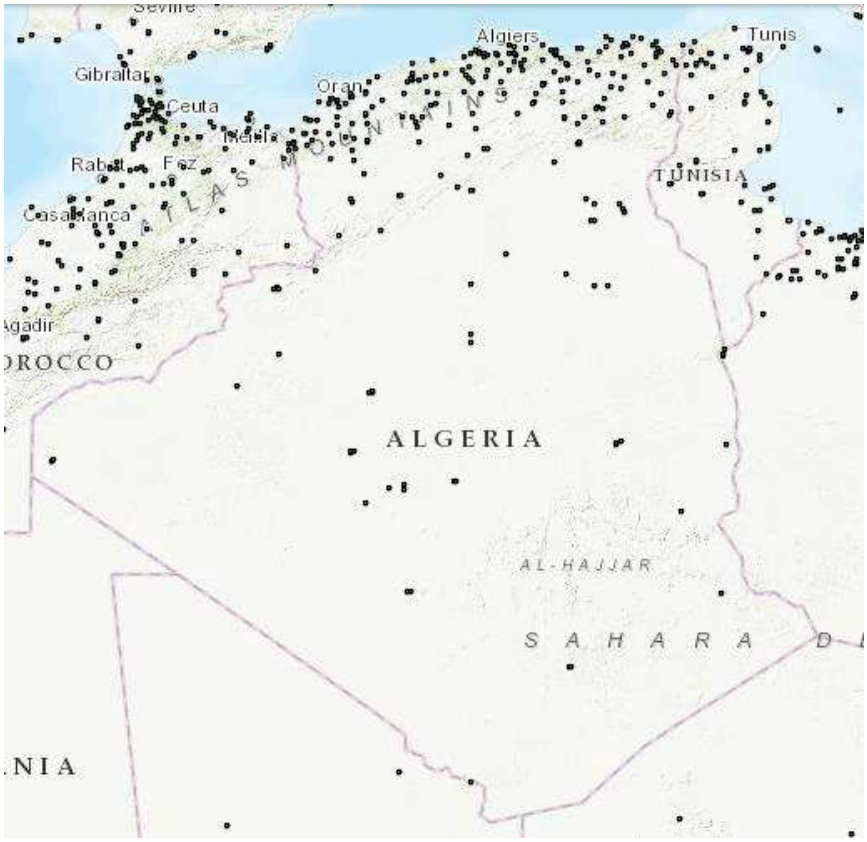


Figure 2 : Distribution des stations météorologiques en Algérie

A part l'étroite bande littorale, la plus grande partie du pays présente de grandes zones lacunaires en stations météorologiques.

Malgré les réserves que j'émets sur les approches méthodologiques, nos résultats dégagent des tendances régionales et convergentes pour pointer l'Atlas Saharien et les hauts plateaux, les monts de Tlemcen et les massifs du Hoggar et Tassili comme étant des zones où la biodiversité prédite est élevée.

Mieux comprendre les patrons de diversité dans un pays immense comme l'Algérie, les modèles de distribution d'espèces ou la modélisation de la richesse spécifique seront indubitablement d'une grande utilité. Toutes les approches qu'on peut utiliser pour prédire des présences ou la distribution des richesses spécifiques (GLM, EigenVectors. Voir Vale et al. 2015; Ficetola et al. 2013) sont sensibles à la qualité, la quantité et les couvertures spatiale des données. Ainsi à l'état

actuel, surtout dans la zone saharienne, il serait judicieux de prévoir des programmes de prospection de grande envergure couvrant au moins les grandes unités éco-climatiques.

III- Alternatives aux espèces comme indicateurs de la biodiversité et conservation (biodiversity surrogates)

La richesse spécifique est un critère clé dans les plans de gestions et de conservation de la biodiversité aux niveaux global et national. Cependant, à cause du fait que plusieurs espèces ne sont pas décrites et que les aires de répartition de plusieurs espèces décrites ne sont pas connues (Linnean & Wallacena shortfall), les gestionnaires de la biodiversité en manque de données précises ont recours à des descripteurs de la biodiversité autres que la richesse spécifique. Mes travaux dans la présente thèse montrent que les biodiversity shortfalls sont exacerbés en Algérie. On pourrait donc penser à des raccourcis pour évaluer la biodiversité (biodiversity surrogates : substituts de biodiversité, ou biodiversity shortcuts : raccourcis de la biodiversité).

On peut opter pour le choix d'un sous-groupe cible d'espèces (*biodiversity target group*, voir Moreno et al. 2007) pour s'affranchir des problèmes du manque de connaissances en choisissant des critères de sélection comme par exemple le taux d'espèce endémique par surface, le nombre de genre mono-spécifiques, le pourcentage d'espèces menacées ou à répartition étroite suivant (Tognelli 2005) qui a appliqué ces critères sur les mammifères de l'Amérique du Sud et a montré que les espèces en danger constituent un bon substitut pour la conservation de l'ensemble des mammifères. Il est possible aussi de sélectionner des sous-groupes d'espèces selon les habitats dominants pour estimer les tendances des populations, comme c'est le cas pour les oiseaux en Europe qui sont divisés en oiseaux de milieux agricoles et oiseaux de milieux forestiers puisque ces habitats représentent 80 % des milieux en Europe (Gregory et al. 2005).

Il existe d'autres substituts pour la biodiversité comme 1) la substitution d'un groupe taxonomique par un autre groupe taxonomique composé d'espèces plus faciles à détecter et à identifier ou mieux échantillonnés, par exemple l'utilisation des grands mammifères comme proxy pour la biodiversité (Di Minin & Moilanen 2014), l'avantage escompté par cette méthode, est de trouver une corrélation entre la distribution d'un groupe taxonomique peu connu ou difficile à étudier et la présence d'espèces connues, pour généraliser les parons de diversité observés sur le(s) taxon(s) de remplacement aux taxons rare ou à l'ensemble de la biodiversité (Moreno et al. 2007) 2) l'utilisation de rang taxonomique plus élevés. Cette approche a pour objectif de de limiter l'impact de l'incertitude taxonomique en ciblant des niveaux taxonomiques plus élevés (étudier les genres au lieu des espèces par exemple), on vise ainsi à réduire l'instabilité taxonomique car au niveau de l'espèce, la systématique peut être instable et sujette à la présence des espèces cryptiques. Par ailleurs, on peut faire l'inventaire des hauts rangs taxonomiques plus rapidement et avec moins de couts que l'inventaire des espèces (Moreno et al. 2007; Balmford et al. 1996). 3) l'utilisation des variables environnementales. Cette approche a pour principe d'utiliser les variables environnementales pour prédire la richesse spécifiques, méthode à

préconiser dans les régions marquées par un grand décalage de connaissance de la biodiversité entre les différents sites. Cette méthode a l'avantage de d'utiliser les données environnementales généralement gratuitement accessibles (Moreno et al. 2007). Cette approche peut être appliquée sur la richesse spécifique d'un ou plusieurs taxons (Vale et al. 2015) ou sur des sous-groupes (biogroups) comme ça été utilisée par (Brito et al. 2016) pour évaluer l'efficacité des aires protégées dans la région Sahara-Sahel. 4) je parlerai plus loin des (Evolutionnary significants units) unités évolutives pertinentes pour la conservation.

Les biodiversity surrogates sont sensés faciliter la tâche de l'inventaire de la biodiversité en choisissant un sous-jeu de données d'espèces suivant différents critères. Il est important de souligner qu'aucune de ces méthodes ne peut remplacer un inventaire complet d'un taxon donné, qu'elles montrent toutes des limites méthodologiques et de toutes les façons, elles dépendent toutes de données de base qui manquent encore dans le cas de l'Algérie. Certaines études ont montré que ces cibles de remplacement donnent de mauvais résultats. Par exemple, par exemple (Rosser 2017) montrent que l'utilisation des hauts niveaux taxonomique était inadaptée pour la description de la richesse spécifiques des scarabées du sol et les fourmis, Di Minin & Moilanen (2014) montrent de leur part que l'utilisation d'un taxon, en l'occurrence 5 espèces de grands mammifères, n'était pas en mesure de remplacer l'ensemble de la biodiversité.

IV- Les shortfall darwinien et la conservation

Dans la troisième partie de ce manuscrit, j'ai présenté les résultats d'une phylogéographie comparative de 11 espèces de reptiles et amphibiens. Cette étude a permis de franchir un pas sur la connaissance de la distribution des lignées génétiques dans le Maghreb et d'émettre des hypothèses assez bien soutenues sur le mécanisme générateur de l'actuelle diversité. Cependant je n'ai pas traité directement l'aspect de la conservation dans cette partie.

La définition du « Darwinian shortfall » par Diniz-Filho *et al.*, (2013) même si elle a été avancée dans un article intitulé « Darwinian shortfalls in biodiversity conservation » ne traite pas directement l'impact du manque de connaissance sur les lignées génétiques sur la conservation. Il définit le Darwinian Shortfall comme 1) le manque de phylogénies résolues chez la plupart des organismes, 2) la compréhension limitée sur les longueurs de branches et les difficultés à les interpreter en terme de temps absolu.3) l'ignorance des modèles évolutifs qui lient les phylogénies à l'évolution des traits de l'histoire de vie. Cette définition traite plutôt d'aspects fondamentaux de la phylogénie et de l'évolution en général que des aspects appliqués, la conservation n'est une conséquence indirecte de ces phénomènes. Il existe pourtant, un lien plus direct et bien documenté entre la diversité génétique et conservation qui a été traité depuis plus de 20 ans. En 1986, Reyder introduit l'expression d'Evolutionary significant units (ESU, unités évolutives significatives) (Ryder 1986). Mais c'est qu'en 1914 que Craig Moritz donne une définition et des critères d'identification aux ESU. Moritz définit l'ESU comme un groupe de populations distinctes historiquement isolées les conduisant à la monophylie réciproque dans leur

phylogénie. Les critères qu'il propose pour délimiter les ESU sont la monophylie réciproque pour les allèles mitochondriaux plus une divergence significative au niveau des fréquences alléliques de l'ADN nucléaire. Dans le même article, Moritz souligne bien que l'ESU ne remplacera pas l'espèce délimitée avec les caractères classique mais sera complémentaire à celle-ci. La définition et les méthodes de délimitation ont évolué depuis (Crandall et al. 2000; Funk et al. 2012; Carstens et al. 2013), mais le principe reste le même, c'est-à-dire les ESU sont des unités de diversité à l'échelle des lignées génétiques. L'expression « **Moritzian Shortfall** » me semble plus appropriée pour nommer le déficit de connaissance et la difficulté des délimiter les ESU.

Par l'approche de phylogéographie comparée, j'aurais contribué à la description d'ESU chez les reptiles et amphibiens au sens de (Fraser & Bernatchez 2001). En outre, ma contribution vient confirmer que la plupart des espèces que j'ai étudiées cachent certainement une ou plusieurs espèces et nécessiteraient une révision taxonomique.

IV-1- Taxonomie, substitues de la biodiversité et biologie de la conservation en Algérie

Les reptiles et amphibiens ont été utilisés dans ce travail comme des substituts de la biodiversité non pas pour prendre directement des décisions en matière de gestion ou de protection du vivant, mais comme moyen d'affiner les questions pour la recherche future dans l'objectif de fournir l'information aux gestionnaires. Cependant, on peut d'ores et déjà discuter le rapport entre l'ignorance et la conservation.

Les substituts de la biodiversité (biodiversity surrogates) sont généralement utilisés pour la planification de l'emplacement des aires protégées. En Algérie, on utilise implicitement les substituts de la biodiversité dans la création des aires protégées. La présence ou la dominance d'espèces à grandes valeurs patrimoniales comme le cèdre de l'Atlas (Djrudjura, Belezma, Theniet El Had, Chréa) ou une avifaune remarquable et le cerf de Barbarie (El Kala) sont des critères qui ont pesé dans le choix de zones comme aire protégées.

Actuellement 30 % de la surface totale du pays est désignée comme aire protégée. Il existe deux types de parcs nationaux 1) les parcs nationaux culturels, placées sous la tutelle du ministère de la culture, dont l'objectif et la conservation du patrimoine immatériel dont la faune et la flore. 2) les parcs nationaux proprement dit, gérés par la direction générale des forêts sous a tutelle du ministère de l'agriculture et qui ont comme objectif la sauvegarde de la faune et la flore en intégrant les populations locales.

Ces aires protégées sont désignées généralement après consultation d'experts. Il faudrait tester si ces aires protégées couvrent un maximum de diversité (voir Brito et al. 2016; Maiorano et al. 2015 pour les études des lacunes d'aires de protection en fonction de la diversité observée ou attendue).

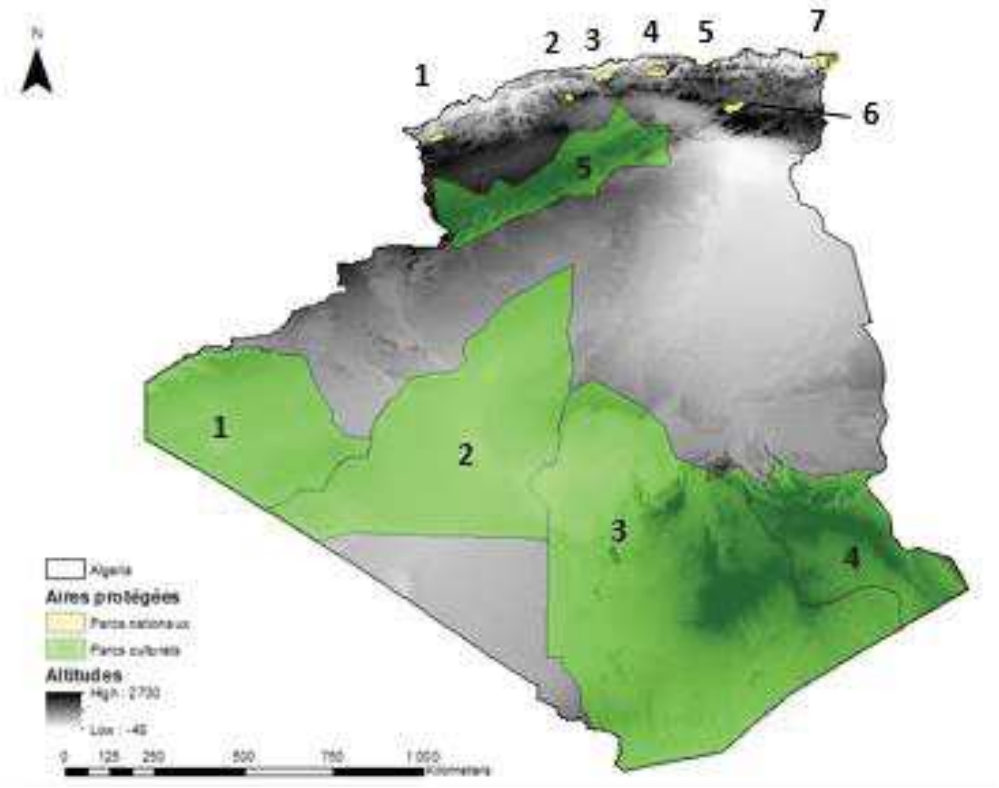


Figure 3 : Aires protégées en Algérie.

En vert les parcs culturels : 1. Tindouf ; 2. Gourara Tidikelt. 3. Aheggar (Hoggar), 4. Tassili des Ajjers. En jaune, les parcs nationaux proprement dits : Tlemcen, Theniet el Had, Chréa (Atlas Blidéen), Djurdjura, Belezma, El Kala.

.

Ces aires protégées couvrent tout de même une grande partie du pays à l'exception du nord est du Sahara. En Algérie, l'effort de conservation n'est certainement pas freiné par le déficit en aires protégées mais plutôt par l'incapacité à appliquer la règlementation et la grande ignorance de la distribution de la biodiversité au sein même de ces parcs.

Le fait qu'une grande partie de l'Algérie est couverte en aires protégées ne doit pas être un prétexte pour ralentir l'effort de catalogage de la biodiversité. Améliorer la connaissance va servir d'abord ces zones protégées elles-mêmes. En effet, il n'est pas envisageable d'appliquer la même pression de protection sur l'ensemble d'un parc national comme celui du Hoggar ou celui de l'Atlas Saharien vu leur immensité et le fait qu'ils contiennent des zones urbaines, agricoles et industrielles. Au sein même de ces parcs, il faudrait cibler des hotspots de biodiversité pour en faire des réserves intégrales. Par ailleurs, l'existence des biodiversity surrogates ne doit pas être un prétexte pour ne pas s'investir dans l'alpha taxonomie. D'abord, ces substituts ne règlent pas le problème de l'ignorance de la biodiversité (voir référence ci-dessus) et ne fourniront jamais une base pour la recherche et la conservation comme les listes détaillées d'espèces et des atlas de distribution. Elles peuvent même conduire à de mauvaises évaluations quand elles

sont utilisées à la place de l'ensemble des espèces dans l'évaluation de la santé des écosystèmes L'espèce reste, et restera selon moi, la meilleure unité de base pour la conservation. Malgré les difficultés à la définir et à les délimiter, les espèces sont les unités les plus palpables pour les gestionnaires et le grand public.

L'ensemble de la société est engagé par l'avenir de la biodiversité et doit l'être d'avantage pour sa préservation. Garder l'espèce comme unité de la conservation, facilite l'implication de la société en général et les décideurs en particulier. Dans les fait, les décideurs et les gestionnaires ne sauront pas quantifier la biodiversité autrement qu'avec le nombre d'espèces, le nombre d'espèces endémiques ou le nombre d'espèces menacées qui sont des critères intuitifs. En outre, contrairement aux lignées génétique comme unité pour la conservation (Moritz 1994) ou à la diversité environnementale (Beier & de Albuquerque 2015) qui ont un caractère impersonnel et pas facile à expliquer à la société, l'espèce a l'avantage d'être concrète, de pouvoir être nommée et surtout d'avoir une valeur intrinsèque. Pour le large public, il est plus facile de concevoir des programmes de sensibilisation et développer la biophilie chez les plus jeunes en utilisant des espèces qui ont une histoire de vie et une esthétique contrairement aux substituts de la biodiversité.

V- Conclusion et recommandations

La caractéristique la plus remarquable de la biodiversité en Algérie n'est pas sa grande richesse ou les grandes menaces qui pèsent sur elle dans un contexte de pays en voie de développement mais bien la grande ignorance de celle-ci. Pour réaliser une thèse sur la biodiversité en Algérie, j'ai logiquement choisi de travailler sur l'ignorance de la biodiversité (Biodiversity shortfalls) et leurs liens à la biologie de la conservation tout en contribuant à les réduire.

Dans la première partie de ma thèse j'ai produit en collaboration avec d'autres experts la première checklist des reptiles et amphibiens d'Algérie ainsi que la première pré-évaluation des statuts de conservation selon les critères de l'UICN à l'échelle nationale. J'ai proposé l'utilisation des espèces à données manquantes comme espèces parapluie pour la recherche sur le terrain.

La deuxième partie a été consacrée à la cartographie des lacunes de connaissance de la distribution géographique des reptiles et amphibiens d'Algérie (Wallacean Shortfall) en utilisant la distribution de la pression d'échantillonnage et la différence entre la richesse spécifique prédite et la richesse spécifique attendue. Quelques limites méthodologiques rendent les résultats de ce travail peu précis à fine échelle. Cependant, à large échelle, j'ai pu localiser les zones prioritaires pour la recherche de terrain : l'Atlas Saharien, les hauts plateaux, Les massifs du Hoggar et du Tassili et les monts de Tlemcen sont les zones qui nécessitent le plus de pression de prospection dans le pays.

En fin, une phylogéographie comparative a été menée sur 11 espèces de reptiles et amphibiens d'Algérie. Cette étude a permis une avancée considérable dans la connaissance de

de la distribution des lignées génétiques dans le Maghreb et les mécanismes qui ont sont responsables.

Chaque partie de ce travail a permis de réduire ou de mieux cibler les biodiversity shortfalls en Algérie et l'ensemble des mes travaux aboutit aux recommandations suivantes :

1 – Renforcer l'effort de description pour le catalogage de la biodiversité en commençant par les espèces candidates identifiées par la phylogéographie dans le chapitre 3. La description de certaines d'entre-elles est déjà en cours. Les zones de sutures identifiées par cette études doivent être prioritaires pour tester la perméabilité des barrières de reproduction entre les populations de l'est et celles dl l'ouest pour chaque taxon.

2- Renforcer la pression d'échantillonnage dans l'Atlas Saharien, les massifs du Sahara et les monts de Tlemcen pour l'inventaire des reptiles et amphibiens d'Algérie.

3 - Confronter les résultats du gap analysis (chapitre 2) aux données de terrain renforçant l'échantillonnage dans quelques carrés pour tester la validité des méthodes de prédiction de la richesse spécifique.

4- Pour augmenter la pression de l'échantillonnage, il faudrait impliquer les institutions en charge de la conservation en Algérie (agence nationale de la nature, direction générale des forêts) et le milieu académique. Une formation sur les techniques d'échantillonnage et d'identification est fortement recommandée.

5- J'appelle les conseils scientifiques des parcs nationaux à œuvrer pour introduire la nécessité de la recherche de terrain en collaboration avec les experts de chaque groupe taxonomique.

6- Œuvrer à classer les questions de connaissances de la biodiversité, la biogéographie, la diversité taxonomiques de la faune et de la flore algériennes comme priorité dans la recherche académique.

7- Encourager la collaboration entre institutions algériennes et entre les institutions algériennes et étrangères dans le cadre du catalogage de la biodiversité.

8- Développer l'esprit du volontariat et de l'initiative citoyenne pour contribuer aux inventaires.

9- Sensibiliser tous les acteurs de la biodiversité à la nécessité de la collaboration et les méfaits de la rétention de l'information.

BIBLIOGRAPHIE

Aidoud, A., Le Floc'h, E. & Noel Le Houerou, H., 2006. Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse*, 17(1–2), pp.19–30. Available at: http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=18108756.

Aidoud, A. & Touffet, J., 1996. La régression de l'alfa (Stipa tenacissima L.), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 7(3), pp.187–193.

Anadón, J.D. et al., 2015. Individualistic response to past climate changes : niche differentiation promotes diverging Quaternary range dynamics in the subspecies of Testudo graeca. , (November 2014), pp.1–11.

Anderson, R.P., 2012. Harnessing the world's biodiversity data: Promise and peril in ecological niche modeling of species distributions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1260(1), pp.66–80.

Arano, B. et al., 1998. Diversification in north-west African water frogs: molecular and morphological evidence. *Herpetological Journal*, 8, pp.57–64.

Araújo, M.B., 2002. Biodiversity hotspots and zones of ecological transition. *Conservation Biology*, 16(6), pp.1662–1663.

Araújo, M.B., Thuiller, W. & Pearson, R.G., 2006. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of biogeography*, 33(10), pp.1712–1728.

Arthur Loveridge, 1947. Gekkondiae, Revision of the African lizards of the family. *Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard*, 98, pp.1–469.

Balmford, A., Jayasuriya, A.H.M. & Green, M.J.B., 1996. Using higher-taxon richness as a surrogate for species richness: II. Local applications. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 263(1376), pp.1571–1575.

Barata, M., Harris, D.J. & Castilho, R., 2008. Comparative phylogeography of northwest African Natrix maura (Serpentes: Colubridae) inferred from mtDNA sequences. *African Zoology*, 43(1), pp.1–7. Available at: https://doi.org/10.3377/1562-7020(2008)43[1:CPONAN]2.0.CO.

Barnosky, A.D. et al., 2011. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, 471(7336), pp.51–57. Available at: http://dx.doi.org/10.1038/nature09678.

Beck, J. & Schwanghart, W., 2010. Comparing measures of species diversity from incomplete inventories: an update. *Methods in Ecology and Evolution*, 1(1), pp.38–44. Available at: http://doi.wiley.com/10.1111/j.2041-210X.2009.00003.x.

Beier, P. & de Albuquerque, F.S., 2015. Environmental diversity as a surrogate for species representation. *Conservation Biology*, 29(5), pp.1401–1410.

De Belair, G. & Véla, E., 2009. POIRETIA , la revue naturaliste du Maghreb. *Sciences-New York*, 1, pp.5–9.

Bellairs, A. & Shute, C.C.D., 1954. Notes on the herpetology of an Algerian beach. *Copeia*,

1954(3), pp.224–226.

Boitani, L. et al., 2011. What spatial data do we need to develop global mammal conservation strategies? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1578), pp.2623–2632. Available at: http://rstb.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rstb.2011.0117.

Bonn, A. & Gaston, K.J., 2005. Capturing biodiversity: Selecting priority areas for conservation using different criteria. *Biodiversity and Conservation*, 14(5), pp.1083–1100.

Bontemps, S. et al., 2011. GLOBCOVER 2009: Products Description and Validation Report 2011. *Available onlin e: http://due. esrin. esa. int/files/GLOBCOVER2009_ Validation_Report_2*, 2.

Botkin, D.B. et al., 2007. Forecasting the Effects of Global Warming on Biodiversity. *BioScience*, 57(3), pp.227–236. Available at: http://academic.oup.com/bioscience/article/57/3/227/268444/Forecasting-the-Effects-of-Global-Warming-on.

Bouam, I. et al., 2016. Diet and daily activity patterns of the lacertid lizard Psammodromus algirus (Sauria: Lacertidae) in a semi-arid Mediterranean region. *Zoology and Ecology*, 26(3), pp.244–252.

Bouam, I., Necer, A. & Saoudi, M., 2017. Highest altitudinal record of the ocellated lizard Timon pater (Lataste , 1880) (Squamata : Lacertidae). *Herpetology notes*, 10(March), pp.101–102.

Boulenger, G.A., 1891. V. Catalogue of the Reptiles and Batrachians of Barbary (Morocco, Alyeria, Tunisia), based chiefly upon the Notes and Collections made in 1880–1884 by M. Fernand Lataste. *The Transactions of the Zoological Society of London*, 13(3), pp.93–164.

Bouslama, Z. et al., 2009. Etude du système Tiques-Lézard dans le parc national d'El Kala (Nord-Est algérie). *Mésogée*, 65, pp.73–83.

Briggs, J.C., 2017. Emergence of a sixth mass extinction? *Biological Journal of the Linnean Society*.

Brito, C.R.J.C. et al., 2007. Phylogeography and genetic diversity of Psammophis schokari (Serpentes) in North Africa based on mitochondrial DNA sequences. *Journal of African zoology*, 42(April), pp.112–117.

Brito, D., 2010. Overcoming the Linnean shortfall: Data deficiency and biological survey priorities. *Basic and Applied Ecology*, 11(8), pp.709–713. Available at: http://dx.doi.org/10.1016/j.baae.2010.09.007.

Brito, J.C. et al., 2016. Conservation Biogeography of the Sahara-Sahel: Additional protected areas are needed to secure unique biodiversity. *Diversity and Distributions*, 22(4), pp.371–384.

Brooks, T.M. et al., 2006. Global biodiversity conservation priorities. *science*, 313(5783),

pp.58–61.

Brunet, P. et al., 2009. Anuran studies from Tiaret region, north-west of Algeria. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 20, pp.68–72. Available at: http://www.herpetologica.org/bahe/bahe20_017_dist01.pdf [Accessed February 10, 2014].

Butchart, S.H.M. et al., 2010. Global Biodiversity: Indicators of Recent Declines. *Science*, 328(5982), pp.1164–1168. Available at: http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1187512.

Cabeza, M. & Moilanen, A., 2001. Design of reserve networks and the persistence of biodiversity. *Trends in Ecology and Evolution*, 16(5), pp.242–248.

Cardinale, B.J. et al., 2012. Corrigendum: Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 489(7415), pp.326–326.

Cardoso, P., Borges, P.A. V, et al., 2011. Adapting the IUCN Red List criteria for invertebrates. *Biological Conservation*, 144(10), pp.2432–2440. Available at: http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2011.06.020.

Cardoso, P., Erwin, T.L., et al., 2011. The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. *Biological Conservation*, 144(11), pp.2647–2655. Available at: http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2011.07.024.

Carranza, S. et al., 2004. Phylogeography of the false smooth snakes, Macroprotodon (Serpentes, Colubridae): mitochondrial DNA sequences show European populations arrived recently from Northwest Africa. *Molecular phylogenetics and evolution*, 33(3), pp.523–32. Available at: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15522785 [Accessed December 16, 2014].

Carranza, S. & Wade, E., 2004. Zootaxa, Caudata, Pleurodeles. *Zootaxa*, 24, pp.1–24.

Carretero, M. et al., 2009. Relationships of Podarcis wall lizards from Algeria based on mtDNA data. *Amphibia-Reptilia*, 30(4), pp.483–492.

Carson, R., Darling, L. & Darling, L., 1962. *Silent spring*, Boston; Cambridge, Mass.: Houghton Mifflin ; Riverside Press.

Carstens, B.C. et al., 2013. How to fail at species delimitation. *Molecular Ecology*, 22(17), pp.4369–4383.

Ceballos, G. et al., 2015. Accelerated modern human – induced species losses: entering the sixth mass extinction. *Sciences Advances*, 1(e1400253), pp.1–5.

Ceballos, G., Ehrlich, P.R. & Dirzo, R., 2017. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, p.201704949. Available at: http://www.pnas.org/lookup/doi/10.1073/pnas.1704949114.

Chapin, F.S. et al., 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405(6783), pp.234–242.

Chenchouni, H., 2012. Diversity assessment of vertebrate fauna in a wetland of hot hyperarid lands. *Arid Ecosystems*, 2(4), pp.253–263. Available at: http://link.springer.com/10.1134/S2079096113010022 [Accessed November 28, 2014].

Chenouf, N., 2012. *Action Plan for Implementing the Programme of Work on Protected Areas of the Convention on Biological Diversity Protected area information :*,

Chenouf Nadia, 2014. *5ème Rapport National sur la mise en oeuvre de la convention sur la diversité biologique au niveau national*, Alger. Available at: https://www.cbd.int/doc/world/dz/dz-nr-05-fr.pdf.

Chirio, L. & Blanc, C.P., 1997. Analyse de la distribution des reptiles dans le massif de l'Aures (Algérie). *Ecologie*, 28(4), pp.281–292.

Collins, J.P. & Storfer, A., 2003. Global amphibian declines: Sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions*, 9(2), pp.89–98.

Cord, A.F. et al., 2014. Remote sensing data can improve predictions of species richness by stacked species distribution models: A case study for Mexican pines. *Journal of Biogeography*, 41(4), pp.736–748.

Cox, N., Chanson, J. & Stuart, S., 2006. *The status and distribution of reptiles and amphibians of the Mediterranean Basin*, IUCN.

Crandall, K.A. et al., 2000. Considering evolutionary processes in conservation biology Keith. *Trends in Ecology & Evolution*, 15(7), pp.290–295.

Daget, P., 1977. Le bioclimat méditerranéen: analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetatio*, 34(1), pp.87–103.

Dellaoui, B. et al., 2015. Rediscovery of Acanthodactylus spinicauda Doumergue, 1901 in Algeria. *Herpetology Notes*, 8.

Diniz-Filho, J.A.F. et al., 2013. Darwinian shortfalls in biodiversity conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 28(12), pp.689–695.

Diniz-Filho, J.A.F. et al., 2013. Darwinian shortfalls in biodiversity conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 28(12), pp.689–695.

Dirzo, R. et al., 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345(6195), pp.401–406. Available at: http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1251817%5Cnhttp://www.sciencemag.org/content/345/6195/401.short%5Cnhttp://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1251817.

Doak, D.F. et al., 2014. What is the future of conservation? *Trends in Ecology and Evolution*, 29(2), pp.77–81. Available at: http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2013.10.013.

Doumergue, F., 1901. *Essai sur la faune erpétologique de l'Oranie : avec des tableaux analytiques et des notions pour la détermination de tous les reptiles & batraciens du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie / F. Doumergue.* L. Fouque., Oran : L. Fouque,. Available at: http://www.biodiversitylibrary.org/item/37379.

Duméril, C. (Constant), Bibron, G. & Duméril, A.H.A., 1834. *Erpétologie générale, ou, Histoire naturelle complète des reptiles.* Challamel., Paris : Roret,. Available at: http://www.biodiversitylibrary.org/item/101199.

Escoriza, D. & Hassine, J. Ben, 2015. Niche Partitioning at Local and Regional Scale in the North African Salamandridae. *Journal of Herpetology*, 49(2), pp.276–283. Available at: http://www.bioone.org/doi/10.1670/13-151.

Faith, D.P. et al., 2010. Evosystem services: An evolutionary perspective on the links between biodiversity and human well-being. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(1–2), pp.66–74.

Ficetola, G.F. et al., 2013. Estimating patterns of reptile biodiversity in remote regions. *Journal of Biogeography*, 40, pp.1202–1211.

Fick, S.E. & Hijmans, R.J., 2017. WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*.

Fisher, B. & Christopher, T., 2007. Poverty and biodiversity: Measuring the overlap of human poverty and the biodiversity hotspots. *Ecological Economics*, 62(1), pp.93–101.

Fisher, J.A. et al., 2014. Understanding the relationships between ecosystem services and poverty alleviation: A conceptual framework. *Ecosystem Services*, 7, pp.34–45.

Fonseca, M.M. et al., 2008. Genetic variation among spiny-footed lizards in the Acanthodactylus pardalis group from North Africa. , 43(April), pp.8–15.

Fraser, D.J. & Bernatchez, L., 2001. Adaptive evolutionary conservation: Towards a unified concept for defining conservation units. *Molecular Ecology*, 10(12), pp.2741–2752.

Funk, W.C. et al., 2012. Harnessing genomics for delineating conservation units. *Trends in Ecology and Evolution*, 27(9), pp.489–496. Available at: http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2012.05.012.

Gaston, K.J., 2000. Global Patterns in Biodiversity. *In: Nature*, 405, pp.220–227.

Gauthier, R., 1967a. *Ecologie et éthologie des reptiles du Sahara Nord-occidental (région de Béni-Abbès)*, Musée Royal de l'Afrique Centrale.

Gauthier, R., 1967b. La faune herpétologique du Sahara nord-ouest algérien. Addition et mise à jour. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, 5, pp.819–828.

Ghodbani, T., 2010. Environnement et littoralisation de l'Ouest algérien. *Insaniyat/. Revue algérienne d'anthropologie et de sciences sociales*, (50), pp.53–60.

Ghodbani T & Bouziane, S., 2015. Urbanisation côtière en Algérie, processus et impacts sur l'environnement: le cas de la baie d'Aïn el Turck. *Etudes caribéennes n° 15: Ressources marines: états des lieux, usages et gestion*, (15), p.225.

Giménez, A. et al., 2012. Distribution of Testudo graeca in the western Mediterranean according to climatic factors. *Amphibia-Reptilia*, 33(2), pp.285–296. Available at: http://booksandjournals.brillonline.com/content/journals/10.1163/156853812x643710 [Accessed October 20, 2014].

Gregory, R.D. et al., 2005. Developing indicators for European birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1454), pp.269–288. Available at: http://rstb.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rstb.2004.1602.

Grenot, C. & Vernet, R., 1973. Les lézards héliophiles du Sahara: facteurs écologiques et conditions d'élevage. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 64, pp.53–78.

Grenot, C. & Vernet, R., 1973. POPULATION OF UROMASTIX-ACANTHINURUS BELL ISOLATED IN GRAND ERG OCCIDENTAL (ALGERIAN SAHARA). *COMPTES RENDUS HEBDOMADAIRES DES SEANCES DE L ACADEMIE DES SCIENCES SERIE D*, 276(8), pp.1349–1352.

Guichenot, A., 1850. *Histoire naturelle des reptiles et des poissons de l'Algérie. Exploration Scientifique de l'Algérie pendant les annees 1840, 1841, 1842* Imrpimerie., Paris : Imprimerie royale,. Available at: http://www.biodiversitylibrary.org/item/193302.

Guillera-Arroita, G. et al., 2015. Is my species distribution model fit for purpose? Matching data and models to applications. *Global Ecology and Biogeography*, 24(3), pp.276–292.

Günther, A., 1859. On the reptiles and fishes collected by the Rev. H.B. Tristram in northern Africa. *Proc. Zool. Soc. London*, 1859, pp.469–470.

Ben Hassine, J. et al., 2016. Inferring the roles of vicariance, climate and topography in population differentiation in *Salamandra algira* (Caudata, Salamandridae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, (November 2015), p.n/a-n/a. Available at: http://doi.wiley.com/10.1111/jzs.12123.

Hendriks, I.E. & Duarte, C.M., 2008. Allocation of effort and imbalances in biodiversity research. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 360(1), pp.15–20.

Herkt, K.M.B., Skidmore, A.K. & Fahr, J., 2017. Macroecological conclusions based on IUCN expert maps: A call for caution. *Global Ecology and Biogeography*, 26(8), pp.930–941.

Hernández, P.A. et al., 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, 29(June), pp.773–785.

Hooper, D.U. et al., 2012. A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature*, 486(7401), pp.105–108. Available at: http://dx.doi.org/10.1038/nature11118%5Cnhttp://www.nature.com/nature/journal/v486/n7401/abs/nature11118.html#supplementary-information.

Hooper, D.U. et al., 2005. Effects of biodiversity onecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75(July 2004), pp.3–35. Available at: http://www.esajournals.org/doi/pdf/10.1890/04-0922.

Hortal, J. et al., 2015. Seven Shortfalls that Beset Large-Scale Knowledge of Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 46(1), p.annurev-ecolsys-112414-054400. Available at: http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054400.

Houérou, H.-N. Le, 1990. Définition et limites bioclimatiques du Sahara. *Secheresse*, 1, pp.2046–259.

Ibisch, P.L., Hobson, P. & Vega, a., 2010. *Mutual mainstreaming of biodiversity conservation and human development: towards a more radical Ecosystem Approach*, Available at: http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CF0QFjAA&url=http://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-54-en.pdf&ei=68jQT6GMNo-w8QPMmeDvDA&usg=AFQjCNEUQLJcK2EEkqrrY_Cq9T56YAOH8w.

Isenmann, P. & Moali, A., 2000. *Oiseaux d'Algérie, Birds of Algeria* Société d'.,

Jetz, W., McPherson, J.M. & Guralnick, R.P., 2012. Integrating biodiversity distribution knowledge: Toward a global map of life. *Trends in Ecology and Evolution*, 27(3), pp.151–159. Available at: http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2011.09.007.

Kacemi, M., 2006. Protection du littoral en Algérie entre politiques et pouvoirs locaux : Le cas du pôle industriel d'Arzew (Oran- Algérie). *VertigO- la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne]*, 7(3), pp.1–13. Available at: http://vertigo.revues.org/8815.

Kaliontzopoulou, A. et al., 2011. When cryptic diversity blurs the picture: a cautionary tale from Iberian and North African Podarcis wall lizards. *Biological Journal of the Linnean Society*, 103(4), pp.779–800. Available at: http://doi.wiley.com/10.1111/j.1095-8312.2011.01703.x.

Kara, H.M., 2012. Freshwater fish diversity in Algeria with emphasis on alien species. *European Journal of Wildlife Research*, 58(1), pp.243–253.

Kareiva, P. & Marvier, M., 2012. What Is Conservation Science? *BioScience*, 62(11), pp.962–969. Available at: https://academic.oup.com/bioscience/article-lookup/doi/10.1525/bio.2012.62.11.5.

Keith, D.A. et al., 2015. The IUCN red list of ecosystems: Motivations, challenges, and applications. *Conservation Letters*, 8(3), pp.214–226.

Lambeck, R., 1997. Focal species: a multiple-species umbrella for nature conservation. *Conservation biology*, 11(4), pp.849–856. Available at: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1523-1739.1997.96319.x/abstract.

Laoufi, H., 2011. *Thème Contribution à la connaissance de la variabilité morphologique des lézards du genre Acanthodactylus en Algérie*. Mohamed Kheier Biskra.

Larabi, L.Am. et al., 2015. Inventaire des petits vertébrés terrestres de quelques localités du Nord Algérien. *Travaux de l'Institut Scientifique*, N° 8 (Série Générale), pp.85–95.

Larbes, S. et al., 2007. Marrakech_Atlas Kabylia. In *L'herpétofaune de la Kabylie du Djurdjura (Algérie): Inventaire, distribution et habitat*. Marrakech.

Laribi, M. et al., 2011. Découverte de Rhynchocorys elephas (L.) Griseb. dans l'Akfadou (Grande Kabylie, Algérie): première mention pour l'Afrique du Nord. *Journal de Botanique de la Société Botanique de France*, 53, pp.31–36.

Laribi, M. et al., 2009. Nardus stricta L ., espece nouvelle pour la flore algerienne. , 6, pp.3–6.

Laurent Chirio, 1995. *Biogéographie des reptiles de l'Aurès*. Ecole pratique des Hautes Etudes.

Lewis, S. et al., 2015. Defining the Anthropocene. *Nature*, 519(7542), pp.171–180. Available at: http://dx.doi.org/10.1038/nature14258.

Lima, A. et al., 2009. Relationships of Podarcis wall lizards from Algeria based on mtDNA data. *Amphibia-Reptilia*, 30(4), pp.483–492.

Linné, C. von & Salvius, L., 1758. *Caroli Linnaei...Systema naturae per regna tria naturae :secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis.*, Holmiae : Impensis Direct. Laurentii Salvii,. Available at: http://www.biodiversitylibrary.org/item/10277.

Llabador, F., 1947. Contribution à la Faune des Vertébrés de lOranie Occidentale. La Faune erpétologique de Nemours-Bui. *Trim. Soc. Géogr. Archéol. Oran*, 68, pp.177–185.

Lomolino, M. V et al., 2006. *Biogeography*, Sinauer Associates Sunderland, MA.

Loumassine, H.-E. et al., 2017. A new mammal species for Algeria, Rhinopoma microphyllum (Chiroptera: Rhinopomatidae): morphological and acoustic identification. *Mammalia*, 0(0). Available at: http://www.degruyter.com/view/j/mamm.ahead-of-print/mammalia-2016-0153/mammalia-2016-0153.xml.

Louni, D., 1994. Les forêts algériennes. *Forêt Méditerranéenne*, pp.59–63.

Lourenco, W.R. & Rossi, A., 2016. Confirmation of a new species of Scorpio Linnaeus, 1758 in the Tassili N'Ajjer Mountains, South Algeria (Scorpiones: Scorpionidae). *Onychium*, (12), pp.11–18.

Lourenço, W.R. & Sadine, S.E., 2015. A NEW SPECIES OF BUTHACUS BIRULA , 1908 FROM THE REGION OF GHARDAÏA , ALGERIA. *Revista Ibérica de Aracnología,*, 27(December 2015), pp.55–59.

Lourenço, W.R. & Sadine, S.E., 2014. A new species of the rare buthid scorpion genus Lissothus Vachon, 1948 from Central Algeria (Scorpiones, Buthidae). *Comptes Rendus - Biologies*, 337(6), pp.416–422.

Mace, G. et al., 2011. *Conceptual Framework and Methodology*, Available at: http://uknea.unep-wcmc.org/Resources/tabid/82/Default.aspx.

Mace, G.M., 2004. The role of taxonomy in species conservation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 359(1444), pp.711–719. Available at: http://rstb.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rstb.2003.1454.

Mace, G.M., Norris, K. & Fitter, A.H., 2012. Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends in Ecology & Evolution*, 27(1), pp.19–26.

MacKenzie, D.I. & Royle, J.A., 2005. Designing occupancy studies: general advice and allocating survey effort. *Journal of applied Ecology*, 42(6), pp.1105–1114.

Maiorano, L. et al., 2015. On how much biodiversity is covered in Europe by national protected areas and by the Natura 2000 network: Insights from terrestrial vertebrates. *Conservation*

Biology, 29(4), pp.986–995.

Mamou, R. et al., 2016. Trophic ecology of two sympatric lizard species: the Algerian sand lizard and the wall lizard in Djurdjura, northern Algeria. *Zoology and Ecology*, 26(4), pp.256–264.

Margules, C.R., Pressey, R.L. & Williams, P.H., 2002. Representing biodiversity: Data and procedures for identifying priority areas for conservation. *Journal of Biosciences*, 27(4), pp.309–326. Available at: http://link.springer.com/10.1007/BF02704962.

Mateo, J.A., Geniez, P. & Bons, J., 1998. THE MOROCCAN GLASS LIZARD, OPHISAURUS KOELLIKERI (GUNTHER, 1873), A NEW SPECIES IN ALGERIA. *Bulletin-British Herpetological Society*, (63), pp.32–33.

Mateo, J., Geniez, P. & Pether, J., 2013. Diversity and conservation of Algerian amphibian assemblages. *Basic and Applied Herpetology*, 27, pp.51–83.

MATET, 2009. *Quatrieme Rapport National Sur La Mise En Œuvre De La Convention Sur La Diversite Biologique Au Niveau National*, Alger.

McGhee, G.R. et al., 2004. Ecological ranking of Phanerozoic biodiversity crises: Ecological and taxonomic severities are decoupled. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 211(3–4), pp.289–297.

McKee, J.K. et al., 2004. Forecasting global biodiversity threats associated with human population growth. *Biological Conservation*, 115(1), pp.161–164.

Médail, F. & Diadema, K., 2009. Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography*, 36(7), pp.1333–1345.

Medail, F. & Quezel, P., 1997. Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, pp.112–127.

Meine, C., Soulé, M. & Noss, R.F., 2006. “A mission-driven discipline”: The growth of conservation biology. *Conservation Biology*, 20(3), pp.631–651.

Merabet, K. et al., 2016. Phylogeographic relationships and shallow mitochondrial divergence of Algerian populations of Salamandra algira. *Amphibia-Reptilia*, 37(1), pp.1–8.

Merow, C., Wilson, A.M. & Jetz, W., 2017. Integrating occurrence data and expert maps for improved species range predictions. *Global Ecology and Biogeography*, 26(2), pp.243–258.

Meyer, C. et al., 2015. Global priorities for an effective information basis of biodiversity distributions. *Nature Communications*, 6, p.8221. Available at: http://www.nature.com/doifinder/10.1038/ncomms9221.

Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and human well-being: Synthesis* Island Pre., Washington, DC. Available at: http://www.who.int/entity/globalchange/ecosystems/ecosys.pdf%5Cnhttp://www.loc.gov/catdir/toc/ecip0512/2005013229.html.

Miller, T.R., Minteer, B.A. & Malan, L.C., 2011. The new conservation debate: The view from

practical ethics. *Biological Conservation*, 144(3), pp.948–957. Available at: http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.001.

Di Minin, E. & Moilanen, A., 2014. Improving the surrogacy effectiveness of charismatic megafauna with well-surveyed taxonomic groups and habitat types. *Journal of Applied Ecology*, 51(2), pp.281–288.

Monsarrat, S. et al., 2016. A spatially explicit estimate of the prewhaling abundance of the endangered North Atlantic right whale. *Conservation Biology*, 30(4), pp.783–791.

Montero, S. et al., 2017. Another record or a new taxon ? A candidate species of Chalcides Laurenti , 1768 , in North Africa (Squamata : Sauria : Scincidae) of Chalcides L AurenTi , 1768 , in north Africa. *Herpetozoa*, 29(3), pp.155–161.

Moreno, C.E. et al., 2007. Shortcuts for biodiversity evaluation: a review of terminology and recommendations for the use of target groups, bioindicators and surrogates. *International Journal of Environment and Health*, 1(1), p.71. Available at: http://www.inderscience.com/link.php?id=12225.

Moreno, C.E. & Halffter, G., 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*, 37(1), pp.149–158.

Moritz, C., 1994. Defining “evolutionarily significant units” for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 9(10), pp.373–375.

Mostefa, S. et al., 2012. Le phénomène de désertification qui touche les zones arides , semi-arides et subhumides sèches au sens du PNUE (1991) et du CNUED (1992) résulte principalement de l ’ interaction des facteurs du milieu , de l ’ activité de l ’ homme et des variations. *Revue d"écologie (Terre & Vie),*, 67, pp.71–84.

MOUANE, A. et al., 2013. Premières données sur la diversité de l’Herpétofaune de l’Erg oriental (Région du Souf-Algérie). *Bulletin de la Société herpétologique de France*, (148), pp.491–502.

Moulay, A., Benabdeli, K. & Morsli, A., 2011. Contribution a l’identification des principaux facteurs de dégradation des steppes a Stipa tenacissima du sud-ouest Algerien.

Myers, N. et al., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), pp.853–8. Available at: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10706275.

Naidoo, R. et al., 2008. Global mapping of ecosystem services and conservation priorities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(28), pp.9495–9500.

Nedjraoui, D. & Bédrani, S., 2008. La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *VertigO*, (October), pp.1–15.

Nicolas, V., Hamani, A., et al., 2014. First molecular evidence for the presence of Crocidura pachyura (Mammalia, Soricidae) in Kabylie (Algeria). *Mammalia*, 78(2), pp.245–249.

Nicolas, V., Souttou, K., et al., 2014. First molecular evidence for the presence of Gerbillus latastei (Rodentia, Muridae) in Algeria. *Mammalia*, 78(2), pp.267–271.

Nicolas, V. et al., 2015. Phylogeographic patterns in North African water frog Pelophylax saharicus (Anura: Ranidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, (December 2014), p.n/a-n/a. Available at: http://doi.wiley.com/10.1111/jzs.12094.

Oliver, P.M. et al., 2009. Cryptic diversity in vertebrates: molecular data double estimates of species diversity in a radiation of Australian lizards (Diplodactylus, Gekkota). *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*, 276(1664), pp.2001–7. Available at: http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2677245&tool=pmcentrez&rendertype=abstract.

Olivier, E., 1894. *Herpétologie algérienne ou catalogue raisonné des reptiles et des batraciens observés jusqu'à ce jour en Algérie*, Available at: https://books.google.fr/books?id=DP-qGwAACAAJ.

Olivier, E., 1899. *Les Serpents du Nord de l'Afrique* Challamel., Paris.

Ouarmim, S., Dubset, C. & Vela, E., 2013. Morphological and ecological evidence for a new infraspecific taxon of the wallflower Erysimum cheiri (Brassicaceae) as an indigenous endemism of the southwestern Mediterranean. *Turkish Journal of Botany*, 37(6), pp.1061–1069.

Pasteur, G. & Bons, J., 1960. Catalogue des Reptiles actuels du Maroc (révision dcs formes d'Afrique, d'Europe et d'Asie). *Trav. Inst. Sc. Chérifien, sér. zool*, 21.

Paulo, O.S. et al., 2008. The role of vicariance vs. dispersal in shaping genetic patterns in ocellated lizard species in the western Mediterranean. *Molecular Ecology*, 17, pp.1535–1551.

Pearson, R.G., 2016. Reasons to Conserve Nature. *Trends in Ecology and Evolution*, 31(5), pp.366–371. Available at: http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2016.02.005.

Perera, A. & Harris, D.J., 2010. Perera & Harris Timon Morroco African zollogy 2010.pdf. , pp.321–329.

Perera, A., Harris, D.J. & Harris, J., 2010. Genetic variability within the Oudri 's fan-footed gecko Ptyodactylus oudrii in North Africa assessed using mitochondrial and nuclear DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54, pp.634–639. Available at: http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2009.10.020.

Peterson, A.T. & Nakazawa, Y., 2008. Environmental data sets matter in ecological niche modelling: An example with Solenopsis invicta and Solenopsis richteri. *Global Ecology and Biogeography*, 17(1), pp.135–144.

Pfenninger, M. et al., 2010. Temporal speciation pattern in the western Mediterranean genus Tudorella P. Fischer, 1885 (Gastropoda, Pomatiidae) supports the Tyrrhenian vicariance hypothesis. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54(2), pp.427–436.

Pfenninger, M. & Schwenk, K., 2007. Cryptic animal species are homogeneously distributed

among taxa and biogeographical regions. *BMC Evolutionary Biology*, 7(1), p.121. Available at: http://bmcevolbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2148-7-121.

Phillips, S., Anderson, R. & Schapire, R., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3–4), pp.231–259. Available at: citeulike-article-id:483011%5Cnhttp://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026.

Pimm, S.L. et al., 2014. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science (New York, N.Y.)*, 344(6187), p.1246752. Available at: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24876501.

Pinho, C., Ferrand, N. & Harris, D.J., 2006. Reexamination of the Iberian and North African Podarcis (Squamata: Lacertidae) phylogeny based on increased mitochondrial DNA sequencing. *Molecular phylogenetics and evolution*, 38(1), pp.266–73. Available at: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16081304 [Accessed December 6, 2014].

Poiret, J.L.M., 1789. *Voyage en Barbarie, ou Lettres écrites de l'ancienne Numidie pendant les années 1785 & 1786, sur la religion, les coutumes & les murs des Maures & des Arabes-Bédouins; avec un essai sur l'histoire naturelle de ce pays. Par M. l'abbé Poiret ..* , Paris,: Chez J.B.F. Née de la Rochelle,. Available at: http://www.biodiversitylibrary.org/item/69067.

Puechmaille, S.J. et al., 2014. A new species of the Miniopterus schreibersii species complex (Chiroptera: Miniopteridae) from the Maghreb Region, North Africa. *Zootaxa*, 3794(1), pp.108–124.

Pullin, A.S. et al., 2004. Do conservation managers use scientific evidence to support their decision-making? *Biological Conservation*, 119(2), pp.245–252.

Quézel, P. & Santa, S., 1962. *Nouvelle Flore d'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales* CNRS., Paris.

Rabah, M., 2011. *Remerciements*. Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen.

Rato, C. et al., 2016. The taxonomy of the Tarentola mauritanica species complex (Gekkota: Phyllodactylidae): Bayesian species delimitation supports six candidate species. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 94, pp.271–278. Available at: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1055790315002742.

Rebbas, K. & Véla, E., 2008. Découverte d'Orphis mirabilis P. Geniez & F.Melki en Kabylie (Algerie). *Le Monde Des Plantes*, 2008, pp.13–16.

Rebbas, K. & Véla, E., 2013. Observations nouvelles sur les Pseudophrys du Centre-Est de l ' Algerie septentrionale. *Journal Europäischer Orchideen*, 45(45), pp.217–233.

Recuero, E. et al., 2007. Mitochondrial differentiation and biogeography of Hyla meridionalis (Anura: Hylidae): an unusual phylogeographical pattern. *Journal of Biogeography*, 34(7), pp.1207–1219. Available at: http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2699.2007.01688.x [Accessed November 21, 2014].

Rick, T.C. & Lockwood, R., 2013. Integrating Paleobiology, Archeology, and History to Inform

Biological Conservation. *Conservation Biology*, 27(1), pp.45–54.

Riley, S.J., 1999. Index that quantifies topographic heterogeneity. *intermountain Journal of sciences*, 5(1–4), pp.23–27.

Roberge, J.M. & Angelstam, P., 2004. Usefulness of the umbrella species concepts as a conservation tool. *Conservation Biology*, 18(1), pp.76–85.

Rocchini, D. et al., 2011. Accounting for uncertainty when mapping species distributions: The need for maps of ignorance. *Progress in Physical Geography*, 35(2), pp.211–226. Available at: http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0309133311399491.

Rosser, N., 2017. Shortcuts in biodiversity research: What determines the performance of higher taxa as surrogates for species? *Ecology and Evolution*, 7(8), pp.2595–2603.

Rouag, R. et al., 2007. Resource partitioning patterns between two sympatric lizard species from Algeria. *Journal of Arid Environments*, 69(1), pp.158–168.

Rouag, R. & Benyacoub, S., 2006. Inventaire et écologie des reptiles du Parc national d'El Kala (Algérie). *Bull. Soc. Herp. Fr*, 117, pp.25–40.

Ryder, O.A., 1986. Species conservation and systematics: the dilemma of subspecies. *Trends in Ecology & Evolution*, 1(1), pp.9–10. Available at: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0169534786900595.

Sadine, S.E., Bissati, S. & Lourenco, W.R., 2016. The first true deserticolous species of Buthus Leach, 1815 from Algeria (Scorpiones: Buthidae); Ecological and biogeographic considerations. *Comptes Rendus - Biologies*, 339(1), pp.44–49.

Salvador, A., 1982. A REVISION OF THE LIZARDS OF THE GENUS (SAURIA : LACERTIDAE). *Bonner zoologische Monographien*, 16.

Samraoui, B. & De Belair, G., 1997. Samraoui & de Belair. Geurbes-sanhadja Wtlands 1 Ecologie 1997.pdf. *Ecologie*, 28(3), pp.233–250.

Samraoui, B. et al., 2012. A precipitous decline of the Algerian newt Pleurodeles poireti Gervais, 1835 and other changes in the status of amphibians of Numidia, north-eastern Algeria. *Revue d"écologie (Terre & Vie),*, 67, pp.71–81.

Saoudi, M. et al., 2017. Distribution extension of Agama impalearis (Boettger , 1874) (Reptilia : Agamidae), with a new record from Batna province ,. *Herpetology notes*, 10(May), pp.261–262.

Le Saout, S. et al., 2013. Protected Areas and Effective Biodiversity Conservation. *Science*, 342(6160), pp.803–805. Available at: http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1239268.

Sarkar, S. et al., 2006. Biodiversity Conservation Planning Tools: Present Status and Challenges for the Future. *Annual Review of Environment and Resources*, 31(1), pp.123–159. Available at: http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.energy.31.042606.085844.

Seurat, G.L., 1930. *Exploration zoologique de l' Algérie de 1830 à 1930* Masson et., Paris:

Masson et cie.

Shaw, T., 1738. *Travels, or, observations relating to several parts of Barbary and the Levant / by Thomas Shaw.* , Oxford : Printed at the Theatre,. Available at: http://www.biodiversitylibrary.org/item/68051.

Sinervo, B. et al., 2010. Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches. *Science*, 328(5980), pp.894–899. Available at: http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1184695.

Smith, R.J. et al., 2003. Governance and the loss of biodiversity. *Nature*, 426(6962), pp.67–70. Available at: http://www.nature.com/doifinder/10.1038/nature02025.

Soberón, J., 2007. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. *Ecology Letters*, 10(12), pp.1115–1123.

Soulé, M., 2013. The "new conservation." *Conservation Biology*, 27(5), pp.895–897.

Soulé, M.E., 1985. What is Conservation Biology? *BioScience*, 35(11), pp.727–734. Available at: http://www.citeulike.org/group/894/article/511374.

Stewart, G.B., Coles, C.F. & Pullin, A.S., 2005. Applying evidence-based practice in conservation management: Lessons from the first systematic review and dissemination projects. *Biological Conservation*, 126(2), pp.270–278.

Stewart, P., 1974. Un nouveau climagramme pour l'Algérie et son application au barrage vert. *Bull Soc Hist Nat Afrique du Nord*, 65, pp.239–248.

Stöck, M. et al., 2008. Mitochondrial and nuclear phylogeny of circum-Mediterranean tree frogs from the Hyla arborea group. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 49, pp.1019–1024.

Strauch, A., 1862. *Essai d'une erpétologie de l'Algérie*, Saint Pétersbourg: Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences.

Van Strien, A.J., Van Swaay, C.A.M. & Termaat, T., 2013. Opportunistic citizen science data of animal species produce reliable estimates of distribution trends if analysed with occupancy models. *Journal of Applied Ecology*, 50(6), pp.1450–1458.

Sutherland, W.J. et al., 2004. The need for evidence-based conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 19(6), pp.305–308.

Tamura, K. et al., 2012. Estimating divergence times in large molecular phylogenies. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 109(47), pp.19333–19338. Available at: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23129628.

Targa S., 2013. *Contribution a l'étude Morphométrique et Biogéographique des Ophidiens de la Kabylie (Algérie).* Tizi-Ouzou.

Tognelli, M.F., 2005. Assessing the utility of indicator groups for the conservation of South American terrestrial mammals. *Biological Conservation*, 121(3), pp.409–417.

Tristram, H.B. (Henry B., 1860. *The great Sahara: wanderings south of the Atlas Mountains.* , London,: J. Murray,. Available at: http://www.biodiversitylibrary.org/item/186837.

Urban, M.C. et al., 2016. Improving the forecast for biodiversity under climate change. *Science*,

353(6304), p.aad8466-1-aad8466-9. Available at: http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.aad8466.

Vale, C.G. et al., 2015. Applying species distribution modelling to the conservation of an ecologically plastic species (Papio papio) across biogeographic regions in West Africa. *Journal for Nature Conservation*, 27, pp.26–36. Available at: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1617138115300066.

Véla, E., Telailia, S., et al., 2012. 182 . DECOUVERTE DE SIXALIX FARINOSA (COSS .) GREU-. *Lagacalia*, 32, pp.284–290.

Véla, E. & Benhouhou, S., 2007. [Assessment of a new hotspot for plant biodiversity in the Mediterranean basin (North Africa)]. *Comptes rendus biologies*, 330(8), pp.589–605. Available at: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17637440 [Accessed November 25, 2014].

Véla, E., Bouguaham, A. & Moulaï, R., 2012. 183 . DECOUVERTE D ' ALLIUM COMMUTATUM GUSS . (ALLIACEAE) EN ALGERIE. *Lagacalia*, 32, pp.291–296.

Véla, E. & Mostari, A., 2013. 193. SUR LA PRÉSENCE DE DIPCADI SEROTINUM SUBSP. FULVUM (CAV.) WEBB & BERTH. EN ALGÉRIE E. Véla* & A. Mostari**. *Lagacalia*, 33, pp.331–336.

Vernet, R. & Grenot, C., 1972. Etude du milieu et structure trophique du peuplement reptilien dans le Grand Erg Occidental (Sahara algérien). *CR Soc. Biogeogr*, 433, pp.112–123.

Wake, D.B. & Vredenburg, V.T., 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(suppl. 1), pp.11466–11473.

Wardle, D.A. et al., 2011. Terrestrial ecosystem responses to species gains and losses. *Science*, 332(6035), pp.1273–1277.

Whittaker, R.J. et al., 2005. Conservation biogeography: Assessment and prospect. *Diversity and Distributions*, 11(1), pp.3–23.

Wilson, E.O., 1984. Biophilia Harvard university press. *Cambridge, Massachusetts*.

Wilson, K.A. et al., 2016. Conservation Research Is Not Happening Where It Is Most Needed. *PLoS Biology*, 14(3), pp.1–5.

Wisz, M.S. et al., 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions*, 14(5), pp.763–773.

Yahi, N. et al., 2012. Identifying Important Plants Areas (Key Biodiversity Areas for Plants) in northern Algeria. *Journal of Threatened Taxa*, 4(August), pp.2753–2765. Available at: http://www.threatenedtaxa.org/ZooPrintJournal/2012/August/o299806viii122753-2765.pdf.

Abstract

Algeria is a case study of biodiversity ignorance. To date, there are neither complete inventories for any taxa nor atlas across the country! Yet, Algeria is of great importance for global biodiversity. The coastal area of Algeria is part of the global biodiversity hostpot which is the Mediterranean perimeter and has several regional red spots of biodiversity. Moreover, the Saharan part encompasses a diversity of endemic organisms adapted to the strong conditions of drought. The Algerian authorities are deploying an ambitious project for conservation aiming to reach 50% of the country's surface as protected areas! However, the location of these protected areas and their management don't obey to a scientific evidence based, but are rather based on experts opinion. The main aim of this thesis is the study of the biodiversity ignorance distribution in Algeria by focusing on the "Linnean, Wallacean, and Darwinian Shortfalls" and to contribute to reduce them. The first chapter aims at reducing the Linnean Shortfall by proposing 1) a first checklist of reptiles and amphibians of Algeria which is the result of an accurate review of scientific publications on these taxa in North Africa. 2) a first pre-assessment of the conservation status of reptiles and amphibians of Algeria for the production of the first national red list. The second part of this manuscript deals with the ignorance of the geographical distribution of species. The purpose of this part is to map the ignorance which is defined as the difference between the expected specific richness diversity and the observed specific richness. The predicted species richness was modelled with two approaches: 1 ecological niche modelling with the maximum entropy method (MaxEnt) to predict the suitable habitats for each species and then add the different binary layers of species presence to calculate the specific richness. 2) Minimum convex polygon method was used to create range maps of each species and were auditioned to obtain predicted species richness. Both approaches have shown the same trend at a national scale: the concentration of the richest areas along the Saharan Atlas and the High Plateaus which are the transition zone between the Sahara and the Mediterranean part of Algeria. The opposition of the Saharan with a low species richness and the northern part with a higher species richness. Finally, the Saharan massifs of the Hoggar and Tassili form a very distinct zone with a much greater wealth compared to the rest of the Sahara. In terms of gaps, in the northern part, Kabylie, El Kala National Park and the Oran region are fairly well surveyed. In the Sahara, only a few points are clearly well prospected as Biskra, Bechar and some areas of the Hoggar and Tassili. The third part deals with the distribution of genetic llineages in the Maghreb. The aim of this section is to locate the phylogeographic breaks between the divergent eastern and western populations of the Maghreb and to try to understand the mechanisms that led to this pattern of genetic diversity. To answer these questions, I carried out a comparative phylogeography on 11 species of reptiles and amphibians with continuous and wide distribution in the Maghreb. Two suture zones have been identified: one zone on the border of Algeria and Morocco, the other in Kabylia west of the Soummam valley. The divergences between the eastern clades and the western clades occurred between the pre-Messinian periods up to the plio-pleistocene boundary and were maintained in climatic refugia in the East and West of the Maghreb.

Keywords: Biodiversity, Algeria, Biodiversity Shortfalls, Reptiles and Amphibians, Phylogeography, Taxonomy, Niche modelling, Conservation