

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU  
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES  
DEPARTEMENT BIOLOGIE ANIMALE ET BIOLOGIE VEGETALE.



# Thèse

Pour l'obtention du Grade de  
Docteur en sciences biologiques

Présentée par :  
**Rabah MAMOU**

\*\*\*\*\*

**Eléments de bio écologie du lézard des murailles *Podarcis vaucheri*  
(Boulenger, 1905) dans le secteur de Tala Guilef (Parc National du Djurdjura) :  
Ecologie trophique, Biologie de la reproduction et stratégies de thermorégulation**



\*\*\*\*\*

devant le jury compose de la commission d'examen :

<b>Mme Sadoudi-Ali Ahmed Djamilia</b>	Professeur, U.M.M.T.O.	Présidente
<b>Mr Amroun Mansour</b>	Professeur, U.M.M.T.O.	Rapporteur
<b>Mme Khammes Nora</b>	M.C.A, U.M.M.T.O.	Examinatrice
<b>Mr Djirar Nacer</b>	Professeur, Université de Sétif	Examineur
<b>Mr Souttou Karim</b>	M.C.A, Université de Djelfa	Examineur
<b>Mr Arab Karim</b>	Professeur, Université de Boumerdès	Examineur

## Remerciements

Au terme de ce travail, il serait indispensable de citer et de remercier les personnes qui ont contribué, de façons différentes, à sa réalisation, mais aussi celles que j'ai pu rencontrer même pour des échanges occasionnels durant ces six années.

J'adresse tout d'abord mes remerciements au Professeur Amroun Mansour pour m'avoir accueilli dans son laboratoire et surtout d'avoir accepté de diriger cette thèse. Merci également Monsieur Amroun pour la confiance et surtout de m'avoir donné la liberté d'orienter le sujet et de lui donner ainsi une signature personnelle.

Bien entendu, je voudrai remercier le Directeur du Parc National du Djurdjura, Mr Youcef Meribai, de m'avoir autorisé à effectuer mes travaux dans cette zone protégée. Un grand merci à l'équipe du secteur de Tala Guilef où cette étude a été réalisée, en premier lieu le chef de secteur Mahdi Abdelaziz et son assistant Youcef Mehri, mais surtout les agents du terrain, en particulier Mohand Hamad et Moussa Mehdi, qui m'ont beaucoup assisté sur le terrain. Merci à Moussa pour la détermination des espèces et des formations végétales de Tala Guilef.

Un grand merci tout d'abord à Mme Marniche Faiza, pour l'intérêt exprimé pour ce travail et de m'avoir accueillie au laboratoire de zoologie de l'école nationale supérieure vétérinaire d'Alger, mais surtout pour son encadrement, sa gentillesse, ses encouragements et sa disponibilité. Merci pour l'esprit scientifique Madame, Votre collaboration a beaucoup apporté à cette thèse.

J'adresse mes remerciements au Professeur Jean-Marie Exbrayat, pour m'avoir fait confiance et de m'avoir accueilli plusieurs fois dans son laboratoire de biologie générale, laboratoire de reproduction et développement comparé, Ecole Pratique des Hautes Etudes (EPHE), université catholique de Lyon. Durant mes séjours à Lyon, j'ai bénéficié de son encadrement et a mis à ma disposition tout le matériel nécessaire pour mener à bien la partie reproduction. Mes sincères remerciements s'adressent à toute l'équipe du LBG, en particulier Elara Moudilou, titulaire d'un doctorat en biologie cellulaire et moléculaire, qui m'a beaucoup conseillé et encadré durant mes séjours passés au LBG, les doctorants Adel Ghoul et Mohamad Youcef, devenus des amis, pour leur aide dans la réalisation des manipulations en immunohistochimie et enfin Caroline Bouchot assistante technique pour sa disponibilité et pour avoir pris le temps de rechercher les articles qui m'intéressent.

Comment oublier mon cousin ! Le Dr Mamou Merzouk, responsable du laboratoire de chimie analytique du complexe Biomédicale de Tizi Ouzou. Merci infiniment cousin, de m'avoir permis de réaliser certaines manipulations dans ton laboratoire et d'avoir mis à ma disposition le matériel nécessaire.

Je tiens tout particulièrement à remercier le Dr Jean François Le Galliard, directeur du Centre de Recherche en Ecologie Expérimentale et Prédictive & Ecotron Ile-de-France, d'avoir accepté de collaborer, de m'avoir aidé dans l'interprétation et l'analyse statistiques des données de biologie et écologie thermique. Mes passages au CEREEP sont rares mais très constructifs, pleins de conseils avisés.

Je voudrais remercier tout particulièrement, le Dr Anthony Herrel de l'UMR 7179 C.N.R.S/M.N.H.N., Département d'Ecologie et de Gestion de la Biodiversité, qui a accepté sans hésitation de contribuer à ma recherche et me faire ainsi profiter de ses connaissances et de son expérience. Merci également pour votre bonne humeur, les conseils et les encouragements.

Je tiens aussi à remercier vivement Philippe Geniez, du Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive de Montpellier, pour son aide dans la détermination de certains spécimens de reptiles et d'amphibiens.

Je remercie le Professeur Doumandji Salah-Eddine de nous avoir accueilli dans son laboratoire de zoologie de l'École nationale supérieure agronomique d'Alger (Ex : INA) durant l'été 2013 et de nous avoir aidé dans la détermination des orthoptères.

Mes remerciements s'adressent au Dr Samir Ait Saïd, du département agronomie (U.M.M.T.O.), qui m'a fait profiter de son expérience dans le domaine de la recherche et s'est toujours montré disponible à chaque fois que je l'ai sollicité. Merci Samir pour ta gentillesse, tes encouragements et surtout tes conseils avisés.

Je remercie mes amis Alexandre Boissinot et Pierre Grillet pour les échanges scientifiques. Tout particulièrement, je remercie le Dr Olivier Lourdais du Centre d'Etudes Biologique de Chizé, qui était bien attentif durant notre rencontre au festival Ménigoute en Novembre 2012, ses conseils avisés m'ont permis de bien centrer mon sujet de thèse.

Je voudrai remercier des personnes pour leur gentillesse et de m'avoir facilité certaines démarches administratives. En commençant par Mr Talbi responsable du service post-graduation et Mme Louni du service recherche et relation extérieures. Particulièrement le Professeur Houali Karim, Ex. Doyen de la faculté Agro-Bio, de m'avoir reçu et écouté plusieurs fois.

Je souhaite aussi remercier chaleureusement les membres du jury qui ont bien accepté de lire et de juger ce travail : Mme Sadoudi-Ali Ahmed Djamila (Professeur, U.M.M.T.O.), Mme Khammes Nora (M.C.A, U.M.M.T.O.), Mr Djirar Nacer (Professeur, Université de Sétif), Mr Souttou Karim (M.C.A, Université de Djelfa) et Mr Arab Karim (Professeur, Université de Boumerdès).

Je tiens à remercier, sans citer leurs noms, les personnes que j'ai connues et avec qui nous avons partagé des moments riches en échanges scientifiques, mais malheureusement nos divergences semblent dépasser le cadre scientifique, qu'ils trouvent ici une preuve de ma gratitude !

Bien entendu mes pensées vont à mes chers parents pour leurs encouragements et mes frères : Lim, Boussad, Moh et leurs femmes, surtout mon neveu et mon ami Hmimi et ma nièce Liza.

Si j'ai pu mener cette thèse jusqu'à la fin, c'est grâce au soutien infailible de ma chère Fazo, mère de mes deux enfants, Lyes et Dylan : Je vous dédie ce travail. Merci Fazo pour ta

patience et ta compréhension, merci pour ton aide dans l'expérimentation, dans la rédaction des papiers, dans la mise en forme et la relecture de cette thèse.

# SOMMAIRE

Liste des figures.....	
Liste des abréviations.....	
Résumé.....	
Abstract.....	
<b>Introduction général .....</b>	<b>1</b>
<b>Materiel et methods.....</b>	<b>12</b>
<b>I. Zone d'étude : Secteur de Tala Guilef (Parc National du Djurdjura .....</b>	<b>12</b>
I.1.Situation géographique.....	12
I.2. Climat.....	13
I.3.Végétation et milieux prospectés .....	14
I.4. Faune locale.....	16
<b>II. Modèle d'étude : le lézard des murailles (<i>Podarcis vaucheri</i>, Boulanger 1905).....</b>	<b>17</b>
II.1. Synonyme .....	17
II.2.Classification.....	17
II.3.Morphologie.....	17
II.4. Répartition géographique et systématique.....	18
II.5. Ecologie.....	19
<b>III. Méthodes d'étude.....</b>	<b>20</b>
III.1. Méthode utilisée sur le terrain.....	20
A. Description des habitats et échantillonnage des Amphibiens et Reptiles.....	20
B. Capture des lézards et récolte des données sur le terrain.....	21
C. Echantillonnage des invertébrées .....	22
III.2. Méthode utilisée au laboratoire.....	25
A. Maintien des lézards en captivité.....	25
B. Détermination des espèces proies .....	26
1. Macération des fèces .....	26
2. Décortication des fèces.....	26
3. Séparation des éléments sclérotinisées.....	26
4. Détermination des proies consommées.....	26
C. Méthodes d'histologie .....	28
1. Fixation, inclusion et coupe.....	28
2. Coloration classique.....	29
2.1. Les colorations topographiques.....	30
2.2. Les colorations histochimiques.....	31
2.3. Déshydrations et montage.....	32
3. Immunohistochimie.....	32
4. Observation sous microscope photonique.....	34
III.3. Traitement des données. ....	34

a. Indices écologiques.....	34
b. Méthodes statistiques.....	36
<b>Résultats et discussion.....</b>	<b>41</b>
<b>I. Aperçu sur l'herpétofaune de Tala Guilef.....</b>	<b>41</b>
<u>Article 1:</u> Inventaire des Amphibiens et Reptiles du secteur de Tala Guilef (Parc National du Djurdjura), Algérie.....	42
<b>II. Ecologie trophique et disponibilités alimentaires.....</b>	<b>56</b>
II.1. Partage des ressources alimentaires avec une autre espèce de Lacertidae : Exemple de <i>Psammodromus algirus</i> .....	57
<u>Article 2:</u> Trophic ecology of two sympatric lizard species: the Algerian sand lizard and the wall lizard in Djurdjura, northern Algeria.....	58
II. 2. Ecologie trophique du lézard des murailles <i>P. vaucheri</i> .....	68
<u>Article 3:</u> Seasonal variation in the diet and prey availability in the wall lizard <i>Podarcis vaucheri</i> (Boulenger, 1905) in the Djurdjura Mountains, northern Algeria.....	68
<b>III. Ecologie et biologie de la reproduction.....</b>	<b>85</b>
III.1. Etude de la spermatogenèse.....	86
<u>Article 4:</u> Reproductive cycle of male wall lizard, <i>Podarcis vaucheri</i> (Reptilia: Sauria: Lacertidae), in Djurdjura, Northern Algeria.....	86
III.2. Histologie des ovaires et ovogenèse.....	102
2. 1. Variation mensuelle du poids des ovaires.....	102
2.2. Structure de l'ovaire et dynamique du cycle ovogénétique.....	102
2.3. Variations morphologiques et fonctionnelles de l'épithélium folliculaire.....	105
2.4. Détection des glucides dans les ovaires.....	107
2.5. Détection des hormones dans les ovaires.....	108
2.6. Caractérisation du cycle de reproduction.....	111
<b>IV. Biologie thermique et stratégie de thermorégulation.....</b>	<b>117</b>
IV.1. Activité journalière et température corporelle (T <sub>b</sub> ) de <i>P. vaucheri</i> .....	118
IV.2. Stratégie de thermorégulation.....	122
IV.3. Evaluation de la température préférée (T <sub>pref</sub> ) au laboratoire.....	124
<b>Conclusion et perspectives.....</b>	<b>128</b>

## Annexes

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Possible sources de variation du régime alimentaire des lézards (Vitt and Pianka 2007) .....	2
<b>Figure 2:</b> Relation entre la température corporelle et performance chez un ectotherme (Angilletta et al. 2002).....	3
<b>Figure 3 :</b> Représentation du cycle de vie des lacertidae méditerranéens. Etoiles : période de copulation ; ellipse : période de ponte (Carretero, 2006).....	4
<b>Figure 4:</b> Les trois types de cycles de reproduction selon Whittier and Crews 1987.....	5
<b>Figure 5:</b> Localisation géographique du secteur de Tala Guilef dans le massif du Djurdjura.....	12
<b>Figure 6 :</b> Différentes formations végétales du secteur de Tala Guilef (Parc national du Djurdjura) (Hamdine et al. 1993 ; Mamou 2016).....	14
<b>Figure 7:</b> Illustration du dimorphisme sexuel chez <i>P. vaucheri</i> de Tala Guilef. Femelle (à gauche) et mâle (à droite).....	18
<b>Figure 8:</b> Distribution du genre <i>Podarcis</i> (Arnold 1973 modifiée par Carretero 2008) (La photo montre une femelle de <i>Podarcis liolepis</i> ).....	18
<b>Figure 9 :</b> Position systématique de la population du Djurdjura dans l'arbre phylogénétique du genre <i>Podarcis</i> de la Péninsule Ibérique et de l'Afrique du nord (Source : Kaliontzopoulou et al. 2012).....	19
<b>Figure 10:</b> Aperçu des deux milieux prospectés pour le suivi de la population de <i>P. vaucheri</i> . Milieu rocailleux (à gauche) et cours d'eau (à droite).....	21
<b>Figure 11 :</b> Capture d'un mâle de <i>P. vaucheri</i> par la technique du lasso ou « noossing ». .....	21
<b>Figure 12:</b> Thermomètre Hanna muni d'un thermocouple K pour la prise des températures.....	22
<b>Figure 13:</b> Position d'accouplement (A gauche). Trace de morsure d'un mâle sur une femelle capturée (A droite). .....	22
<b>Figure 14:</b> Matériel utilisé pour la récolte des invertébrés au moyen des pots-Barber.....	23
<b>Figure 15:</b> Méthode de récolte des invertébrés terrestres au moyen des pots-Barber. ....	24
<b>Figure 16:</b> Dispositif utilisé pour garder les lézards en captivité (à gauche). Prise de la température corporelle (à droite). .....	25
<b>Figure 17:</b> Différentes étapes d'analyse des fèces de <i>P. vaucheri</i> .....	27
<b>Figure 18 :</b> Fragments de quelques espèces d'insectes consommées par <i>P. vaucheri</i> de Tala Guilef. ....	28
<b>Figure 19 :</b> Technique de mesure de la taille (SVL) d'un lézard.....	29
<b>Figure 20:</b> Prélèvement de testicule de mai 2014 de <i>P. vaucheri</i> . Peser avec une balance de précision (à gauche), mettre dans le formaldéhyde (10%) pour 24h.....	29

<b>Figure 21 :</b> Confection de blocs de paraffine (à gauche) et coupe au moyen du microtome (à droite). .....	29
<b>Figure 22:</b> Méthode de coloration (à gauche) et montage des lames à l'Eukit (à droite). .....	31
<b>Figure 23:</b> Principe de l'immunohistochimie par amplification à l'avidine/ biotine.....	33
<b>Figure 24 :</b> Equipement d'observation et d'analyse des coupes histologiques (Laboratoire de biologie générale de Lyon).....	34
<b>Figure 25 :</b> Variation mensuelle du poids des ovaires de <i>P. vaucheri</i> .....	102
<b>Figure 26 :</b> Aspect général d'une coupe d'ovaire de <i>P. vaucheri</i> (Femelle gravide capturée en Mai 2014).....	103
<b>Figure 27 :</b> Eléments constitutifs de l'ovaire et les différents stades folliculaires.....	104
<b>Figure 28 :</b> Organisation de l'épithélium folliculaire au cours du développement ovocytaire chez <i>P. vaucheri</i> .....	107
<b>Figure 29:</b> Observations histochimiques des différents stades folliculaires de l'ovaire de <i>P. vaucheri</i> .....	108
<b>Figure 30:</b> Mise en évidence des mucopolysaccharides par la coloration Bleu alcian-APS dans les ovaires de <i>P. vaucheri</i> . .....	108
<b>Figure 31:</b> Immunolocalisation de 17 $\beta$ - œstradiol dans l'ovaire de <i>P. vaucheri</i> . .....	110
<b>Figure 32:</b> Immunolocalisation de la progestérone dans l'ovaire de <i>P. vaucheri</i> .....	111
<b>Figure 33 :</b> Représentation du cycle de reproduction des mâles et femelles de <i>P. vaucheri</i> du Djurdjura.....	112
<b>Figure 34:</b> Comparaison des températures (Tb) moyennes des mâles et femelles de <i>P. vaucheri</i> . .....	118
<b>Figure 35:</b> Nombre d'individus de <i>P. vaucheri</i> observé au cours de la journée.....	119
<b>Figure 36:</b> Variation journalière de la (Tb) moyenne de <i>P. vaucheri</i> .....	120
<b>Figure 37:</b> Variation de la (Tb) moyenne selon le comportement des lézards.....	120
<b>Figure 38:</b> Variation de la Tb selon le comportement de thermorégulation de <i>P. vaucheri</i> .....	121
<b>Figure 39:</b> Température corporelle moyenne des femelles de <i>P. vaucheri</i> .....	122
<b>Figure 40:</b> Variation des températures prélevées au cours de la journée. ....	122
<b>Figure 41 :</b> Droite de régression entre la (Tb) et (Ta) chez <i>P. vaucheri</i> . ....	123
<b>Figure 42:</b> Droite de régression entre la (Tb) et (Ts) chez <i>P. vaucheri</i> .....	123
<b>Figure 43:</b> Comparaison des températures préférées (Tpref) des mâles et femelles de <i>P. vaucheri</i> . .....	124
<b>Figure 44:</b> Variation journalière de la (Tpref) moyenne de <i>P. vaucheri</i> . ....	125
<b>Figure 45:</b> Variation saisonnière de la température préférée (Tpref) chez <i>P. vaucheri</i> .....	125



## Liste des abréviations

**Atr** : Follicule atrésique

**Ca** : Cellule apicale

**Cb** : Cellule basale

**Ci** : Cellule intermédiaire

**Cp** : cellule piriforme

**Csq** : Cellule squamosale

**G** : Granulosa

**Gv** : Granulations vitellines

**N** : Noyau

**Ng** : Nid germinatif

**Nu** : Nucléole

**Op** : Ooplasme

**OV** : Ovocyte primaire

**Prvt** : Ovocyte prévitellogénique

**Te** : Thèque externe

**Ti** : Thèque interne

**Vt** : Ovocyte vitéllogénique

**Zp** : Zone pellucide

**Zr** : Zone radiata

**Éléments de bio-écologie du lézard des murailles *Podarcis vaucheri* dans le secteur de Tala Guilef (Parc National du Djurdjura) : Ecologie trophique, Biologie de la reproduction et stratégies de thermorégulation.**

**Résumé**

Face aux variations environnementales, à savoir : journalières, saisonnières et annuelles, les organismes adoptent différentes stratégies pour mieux exploiter les ressources du milieu et se reproduire (accéder aux partenaires sexuelles et développement des gonades) et de façon ultime atteindre la fitness. Dans le cas des ectothermes, la température du milieu affecte directement la température corporelle, ce qui influence aussi bien les processus physiologiques que le comportement.

C'est dans cette optique que nous avons abordé cette thèse, en examinant trois stratégies utilisées par le lézard des murailles *Podarcis vaucheri* dans le Djurdjura, à savoir : alimentation, reproduction et thermorégulation.

Nos résultats, montrent que le printemps est la période idéale pour se reproduire et se nourrir, d'ailleurs durant cette période les lézards expriment une activité journalière mono-modale, essentiellement entre 10h et 15h, ce qui leur offre largement de temps pour la recherche de proies, de partenaire sexuel et la thermorégulation. Durant cette période, les lézards maintiennent une température corporelle élevée et constante, suivi d'une thermorégulation active, ce qui leur permet d'accomplir leurs différentes fonctions de façon optimale.

L'analyse statistique appliquée aux proportions des catégories de proies consommées, montre que le régime alimentaire de *P. vaucheri* est malléable dans le temps. Ces variations saisonnières sont attribuées aux changements spatiotemporelles des proies disponibles, aux variations des conditions du milieu, surtout la température et aux besoins spécifiques. Au printemps, le spectre alimentaire de *P. vaucheri* est plus diversifié, les mâles et les femelles expriment nettement leurs préférences trophiques, qui se traduit par une différence significative entre le régime trophique des deux sexes. Par contre, en été, on assiste à une réduction de la diversité du spectre alimentaire, dû à la réduction et/ou rareté des proies disponibles et à l'augmentation des températures du milieu, qui limitent ainsi l'activité des lézards. Aussi pour faire face au manque d'eau, les lézards consomment essentiellement les proies riches en eau comme les Homoptères et les Orthoptères.

En Automne, le spectre alimentaire de *P. vaucheri* devient très pauvre, comme en été, le manque de nourriture oblige les mâles et les femelles à converger leurs préférences alimentaires. Cependant, la période automnale est caractérisée par une consommation spectaculaire de fourmis. Cette stratégie est utilisée par les lézards pour réduire l'effort et le temps de recherche des proies, et comme la saison froide et l'hibernation approchent, ils sont obligés de faire leurs réserves assez rapidement avant la raréfaction voir l'absence de proies.

Le cycle de reproduction de *P. vaucheri* appartient au type associé, avec une intense activité sexuelle, chez les deux sexes, au printemps et au début de l'été (Juin). Le cycle sexuel des femelles est assez simple, il est caractérisé par une longue période de repos sexuel, à savoir du mois de Juillet jusqu'à l'entrée en hibernation. Cependant, l'étude de la spermatogenèse, révèle une courte période de repos sexuel, en Juillet, et une reprise rapide d'activité spermatique en Aout, suivi d'une production de spermatozoïdes en automne, mais ces derniers restent dans la lumière des tubes séminifères.

**Mots clés :** *P. vaucheri*, régime alimentaire, reproduction, thermorégulation, Djurdjura.

## Elements of bio-ecology of the wall lizard *Podarcis vaucheri* in the Tala Guilef area (Djurdjura National Park): Trophic ecology, reproduction biology and thermoregulation strategies.

### Abstract

Against environmental variations, namely: daily, seasonal and annual, organisms adopt different strategies to exploit better the resources of the environment and to breed (access to sexual partners and development of the gonads) and ultimately achieve fitness. In the case of ectotherms, the temperature of the medium affects directly the body temperature, which influences physiological processes and behavior.

It is in this perspective that we have approached this thesis, examining three strategies used by the wall lizard *Podarcis vaucheri* in Djurdjura, namely: food, reproduction and thermoregulation.

Our results show that spring is the ideal period for breeding and feeding, and during this period the lizards express a mono-modal daily activity, essentially between 10 am and 3 pm, which gives them ample time for research prey and sexual partner as well as for thermoregulation. During this period, the lizards maintain a high and constant body temperature, followed by an active thermoregulation, which allows them to perform their various functions optimally.

The statistical analysis applied to the proportions of the prey categories consumed shows a significant influence of the seasonal variations on the diet of this species. These variations are attributed to changes in prey availability, changes in environmental conditions, especially temperature and specific needs. In spring, the food spectrum of *P. vaucheri* is more diversified; males and females clearly express their trophic preferences, which reflect a significant difference between the diets of both sexes. On the other hand, in summer, there is a reduction in the diversity of the food spectrum, due to the reduction in prey availability and to the increase in environmental temperatures, which have limited the activity of lizards. Also to compensate the lack of water, lizards consume essentially prey rich in water like Homoptera and Orthoptera. In autumn, the food spectrum of *P. vaucheri* becomes very poor, as in summer, the lack of food obliges males and females to converge their food preferences. However, the autumn period is characterized by a spectacular consumption of ants. This strategy is used by lizards to reduce effort and time search of prey, and as the cold season and hibernation approach, they are forced to make their reserves fairly quickly.

The reproductive cycle of *P. vaucheri* belongs to the associated type, with intense sexual activity, in both sexes, in spring and early summer (June). The sexual cycle of females is simple, characterized by a long period of sexual rest, from July until entering into hibernation. However, the study of spermatogenesis reveals a short period of sexual rest in July, and a rapid resumption of spermatogenic activity in August, followed by sperm production in autumn, but these remain in the seminiferous tubules.

**Key words:** *P. vaucheri*, diet, reproduction, thermoregulation, Djurdjura.

# **INTRODUCTION**

L'histoire de vie d'un organisme est caractérisée par des traits qui affectent profondément sa fécondité et sa survie: âge et taille à maturité, phénologie de la reproduction, taille des pontes ou des naissances, taille des œufs, et enfin la survie à différentes étapes du cycle de vie (embryons, nouveau-nés, immatures, adultes) (Bauwens 1999). Ces traits déterminent ce qu'on appelle la valeur sélective ou adaptative (« Fitness ») d'un individu, c'est-à-dire l'efficacité de ce dernier à transmettre ses gènes aux futures générations. Elle réunit trois composantes, à savoir : croissance, fécondité et survie (Downes and Bauwens 2002; Carretero et al. 2006b). De ce fait, pour avoir la meilleure « Fitness », un organisme doit sélectionner les traits les plus adaptés possibles à son environnement.

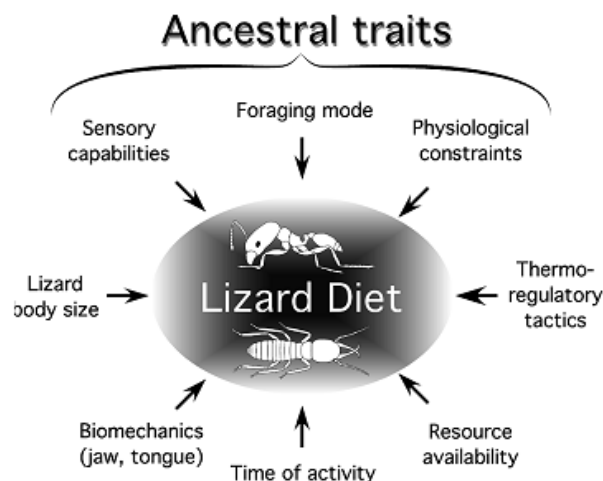
En général, il existe deux différentes manières d'expression des phénotypes en réponse à l'environnement : l'environnement peut induire un changement de phénotype par son influence sur l'expression des gènes (plasticité phénotypique) ou par sélection de traits et de leur génotypes associés (polymorphisme génétique) (Lorenzon et al. 1999). La plasticité phénotypique est définie comme la capacité d'un même génotype à produire différents phénotypes selon différents environnements, et le polymorphisme génétique (ou polymorphie) désigne la coexistence de plusieurs allèles pour un gène ou locus donné dans une population. Cette variabilité est soumise au processus de sélection naturelle telle que définit par Darwin (1859). Ceci dit, la possibilité pour une population, de donner un plus grand nombre de génotypes différents croît avec le degré de polymorphie. Le phénomène est cependant, le même dans chaque cas: en réponse aux conditions environnementales, l'organisme doit trouver une nouvelle combinaison de traits pour maintenir sa « Fitness ».

En effet, les stratégies adoptées dans l'histoire de vie d'un organisme représentent les manières dont ils acquièrent et dépensent les ressources (Bonnet et al. 1998). En d'autres termes, la stratégie de recherche (« Foraging ») détermine l'acquisition des ressources (Eau, nutriments ou énergie) par un organisme et les traits d'histoire de vie sont le résultat de la dépense de ces ressources dans la « Fitness » et les activités associées (Boggs 1992). La ressource la plus essentielle requise par les animaux dans leurs environnements est l'énergie (Nagy 2005). Chez les ectothermes, l'acquisition de l'énergie est limitée par la combinaison des disponibilités en ressources et le coût ou le risque pour s'en acquérir (Heino and Kaitala 1999). Comme les milieux de vie sont caractérisés par d'importantes fluctuations ou limitations (on parle d'hétérogénéité environnementale), les organismes doivent faire des choix dans l'allocation de l'énergie entre les différentes fonctions, d'où la notion de compromis

(« trade-off ») entre les traits d’histoire de vie. Ceci dit, chez tous les organismes, avant de se reproduire ou de croître, ils doivent d’abord acquérir l’énergie nécessaire pour s’entretenir (c-à-d la survie avant tout !) (Schoener 1971).

Cependant, la forme la plus importante d’énergie aux animaux est probablement celle contenue dans les nutriments ingérés (Nagy 2005). D’ailleurs, parmi les trois dimensions classiques de la niche (diète, place et temps), l’alimentation est sans doute la plus étudiée chez les lézards (Carretero et al. 2006a, 2010; Luiselli 2008). En général, les lézards adoptent un régime alimentaire généraliste avec une tendance opportuniste (Arnold 1987; Mou 1987; Pérez-Mellado and Corti 1993; Lo Cascio and Capula 2011). Les invertébrés terrestres, en particulier les insectes, occupent une part importante dans leur diète (Arnold 1987; Carretero 2004). Cependant, l’écologie trophique de la famille des Lacertidae montre une impressionnante plasticité, et plusieurs espèces montrent des variations géographiques de leur régime alimentaire (Carretero 2004), ou encore des variations saisonnières en réponse aux fluctuations des disponibilités en proies (Pérez-Mellado et al. 1991).

Le choix des proies résulte de plusieurs sources de variation comme : la pression de prédation, compétition, anatomie, sexe, condition corporelle (ou morphologie), statut reproducteur, disponibilité des proies, mode de recherche, temps d’activité, tactiques de thermorégulation et enfin l’histoire évolutive (ou phylogénie) (Schoener 1974; Dunham 1980; Carretero 2004; Vitt and Pianka 2007).

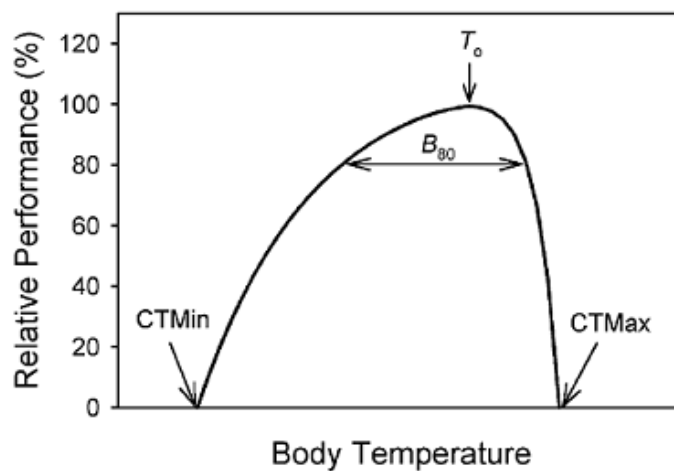


**Figure 1:** Possible sources de variation du régime alimentaire des lézards (Vitt and Pianka 2007).

De ce fait, l’acquisition et les manières dont les organismes emploient leurs ressources alimentaires ont des conséquences importantes sur leur « Fitness » (Cooper and Vitt 2002; Du 2006). Des études expérimentales et de terrain portées sur les reptiles, ont montré que les restrictions alimentaires peuvent avoir un effet

immédiat sur la survie et la croissance des juvéniles, mais aussi un effet retardé sur la taille corporelle et les performances reproductrices des adultes (Bonnet et al. 2001; Lourdais et al. 2002; Le Galliard 2003; Beckerman et al. 2003; Du 2006).

De plus, les reptiles dépendent directement de la température ambiante, car ils ont un contrôle limité de leur température corporelle et produisent une quantité négligeable de chaleur (Dubois et al. 2009). Ainsi, la température peut influencer la plupart des processus physiologiques de ces animaux (Angilletta et al. 2002), telles que la locomotion, la digestion et l'embryogenèse (Huey and Slatkin 1976; Van Damme et al. 1991). Les individus qui peuvent maintenir leur température corporelle proche de la température optimale ont une « Fitness » élevée (Blouin-Demers and Nadeau 2005). Mais pour atteindre ces températures optimales, ils doivent adopter des tactiques comportementales et sélectionner leurs habitats (Angilletta 2009; Dubois et al. 2009).



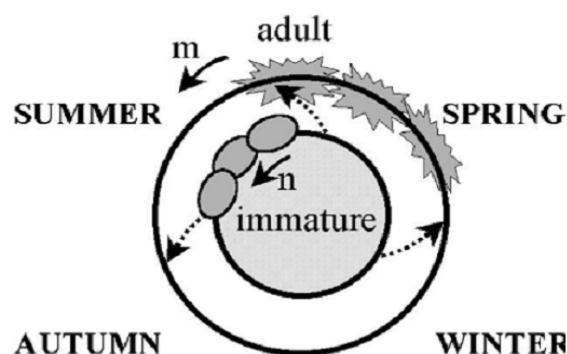
**Figure 2:** Relation entre la température corporelle et performance chez un ectotherme (Angilletta et al. 2002)

Ainsi, la température peut être considérée aussi comme une ressource (Magnuson et al. 1979), l'accès aux températures favorables pour un individu peut être limité dans l'espace et dans le temps par les fluctuations environnementales mais aussi par la présence de prédateurs ou de compétiteurs (Magnuson et al. 1979; Tracy and Christian 1986). Dans cette optique et de façon similaire au comportement alimentaire (« optimal foraging theory »), la thermorégulation résulte d'un compromis entre coûts et bénéfices (Huey and Slatkin 1976; Blouin-Demers and Weatherhead 2001). Pour un animal, exprimer un comportement de thermorégulation lui permet d'atteindre et de maintenir une température optimale pour ses performances. Ainsi, les besoins de thermorégulation se trouvent souvent à l'origine des conflits entre les différents comportements (Gregory et al. 1999).

D'ailleurs, les espèces qui régulent la température du corps par des niveaux plus élevés d'activité dépensent plus d'énergie et devraient ainsi manger plus, ce qui va influencer inévitablement les stratégies alimentaires (Lelièvre et al. 2010).

L'association entre la reproduction et les ressources est très intime, car la reproduction est un processus très exigeant énergétiquement (Ladyman et al. 2003). Selon Gillis and Ballinger 1992, la reproduction est peut-être le processus le plus important parmi les composantes de l'histoire de vie d'un organisme. Les études antérieures menées sur l'écologie de la reproduction chez les lézards ont prouvé que les traits les plus importants dans l'histoire de vie des reptiles sont: âge et taille à la maturité sexuelle, taille des pontes, fréquence des pontes, phénologie de la reproduction et la période de l'activité sexuelle (Licht 1972, 1973, Galan 1996, 1997). Cependant, l'indicateur le plus important de la biologie de la reproduction des espèces est la détermination du cycle de reproduction (Fitch 1970). Les organismes doivent ainsi ajuster leurs décisions de reproduction à la saisonnalité de leur environnement (Hau 2001). La naissance doit coïncider avec les meilleures conditions environnementales possibles (température, disponibilité en nourriture, faible pression de prédation) pour le développement des jeunes (Rutberg 1987).

Cependant, les lézards présentent trois types de cycles de reproduction : continu, associé et dissocié (Whittier and Crews 1987; Pough et al. 2004). La reproduction saisonnière regroupe les deux derniers types : Associé et dissocié (Torki 2007). De ce point de vue, les Lacertidae Méditerranéens semblent conservateurs dans leur cycle de vie (Carretero 2006). A cause des variations saisonnières des conditions environnementales qui caractérisent les régions tempérées, les lézards sont contraints d'adopter une reproduction saisonnière, en alternant la saison de reproduction qui se déroule au printemps et début été, et une période de quiescence durant les mois froids (Fitch 1970; Pianka and Vitt 2003; Carretero 2006).



**Figure 3** : Représentation du cycle de vie des lacertidae méditerranéens. Etoiles : période de copulation ; ellipse : période de ponte (Carretero, 2006).



Selon la définition de Whittier and Crews 1987, dans la reproduction associée, le comportement sexuel des mâles et femelles coïncide avec l'augmentation de la taille des gonades et la production active des gamètes. Par contre, dans le type dissocié, la spermatogenèse se déroule avant la période de reproduction et les spermatozoïdes sont stockés dans des structures comme : l'épididyme ou spermatophores (Figure 4).

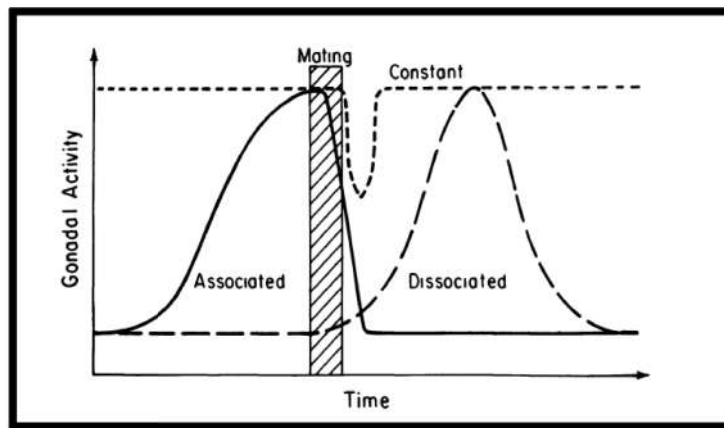


Figure 4: Les trois types de cycles de reproduction selon Whittier and Crews 1987.

Dans le cadre des études de phylogénie et de phytogéographie menées ces dix dernières années sur les lézards de l'Afrique du nord et du pourtour méditerranéen, beaucoup ont permis d'apporter un éclairage sur la systématique des espèces algériennes (voire : Carranza et al., 2006; Carretero, 2008; Fonseca et al., 2009, 2008; Kaliontzopoulou et al., 2012, 2011, 2008; Larbes et al., 2007; Lima et al., 2009; Verdú-Ricoy et al., 2010 et bien d'autres) mais des informations sur leur biologie et leur écologie sont très rares (mais voire : Arab and Doumandji, 2003; Carretero et al., 2011; Rouag et al., 2007, 2006). Concernant *P. vaucheri*, sa systématique a beaucoup changé. Considérée autrefois comme une sous-espèce du complexe *Podarcis hispanica*, elle est élevée au rang d'espèce en incluant seulement des populations marocaines et espagnoles (Oliverio et al. 2000; Busack et al. 2005). Ensuite vient l'étude de Lima et al. 2009 qui a permis d'identifier quatre lignées différentes en Algérie (Maroc, Tunisie, Aurès et Azazga) et les deux dernières sont exclusivement algériennes. Augmentant ainsi le nombre des «formes» en Afrique du Nord à cinq (Kaliontzopoulou et al., 2011). D'ailleurs, il semble probable que, comme dans la péninsule ibérique, diverses espèces naissantes existent au sein du complexe *P. vaucheri* d'Afrique du Nord (Lima et al., 2009).

Cependant, des études comparatives sont nécessaires de toute urgence, car la littérature est fortement orientée vers les formes européennes (Verissimo and Carretero 2009). Les seules recherches écologiques menées sur cette espèce sont: Carretero et al, 2006, où ils ont traité le régime alimentaire de *Podarcis vaucheri* en

comparaison avec trois autres lézards à Oukaimeden au Maroc, une étude sur sa biologie thermique dans les montagnes du Rif au Maroc (Veríssimo et Carretero, 2009), ainsi que deux études de parasitologie (Carretero et al. 2011; Damas-Moreira et al. 2014).

C'est dans cette optique que ce travail de thèse a été entrepris et dont l'objectif principal est de fournir les premières données bio-écologiques sur le lézard des murailles *Podarcis vaucheri* dans le secteur de Tala Guilef, Parc national du Djurdjura. Mais il constitue aussi une première étape dans l'amélioration des connaissances de la faune herpétologique du centre de l'Algérie et permettra à terme de développer des mesures de conservation.

Notre questionnement de départ est assez simple, mais important en écologie fondamentale : Comment *P. vaucheri* exploite les ressources du milieu et arrive à superposer ses traits d'histoire de vie aux variations et aux contraintes qui règnent dans son milieu de vie.

Pour ce faire, nous nous sommes intéressés à des aspects élémentaires, et faciles à aborder, qui reflètent parfaitement les stratégies qui ont permis à cette espèce de s'adapter aux environnements d'altitude, à savoir :

- a) Occupation du milieu et caractérisation des habitats de *P. vaucheri* dans le Djurdjura,
- b) Stratégie alimentaire de *P. vaucheri* en relation avec les variations saisonnières, les disponibilités trophiques et les besoins énergétiques,
- c) Stratégie de thermorégulation en conditions naturelles et déterminations des températures préférées au laboratoire,
- d) Description de son cycle de reproduction et les variations hormonales en utilisant les techniques d'histologie classiques et d'immunohistochimie.

## Références

- Angilletta MJ. 2009. *Thermal adaptation: a theoretical and empirical synthesis*. Oxford University Press Inc., New York.
- Angilletta MJ, Hill T, Robson MA. 2002. Is physiological performance optimized by thermoregulatory behavior?: a case study of the eastern fence lizard, *Sceloporus undulatus*. *Journal of Thermal Biology* 27: 199–204.
- Arab K, Doumandji SE. 2003. Etude du régime alimentaire de la tarente de Mauritanie *Tarentola mauritanica* (Linné. 1758) (Gekkonidae) et le psammodrome algire *Psammodromus algirus* (Linné. 1758) (Lacertidae) dans un milieu sub-urbain près d'Alger. *Bulletin de la Société herpétologique de France* 106: 10–16.

- Arnold EN. 1987. Resource partition among lacertid lizards in southern Europe. *Journal of Zoology London* 1: 739–782.
- Bauwens D. 1999. Life-history variation in lacertid lizards. *Natura Croatica* 8: 239–252.
- Beckerman AP, Benton TG, Lapsley CT, Koesters N. 2003. Talkin' 'bout my generation: Environmental variability and cohort effects. *The American Naturalist* 162: 754–767.
- Blouin-Demers G, Nadeau P. 2005. The cost–benefit model of thermoregulation does not predict lizard thermoregulatory behavior. *Ecology* 86: 560–566.
- Blouin-Demers G, Weatherhead PJ. 2001. An Experimental test of the link between foraging, habitat selection and thermoregulation in black rat snakes *Elapheobsoleta obsoleta*. *Journal of Animal Ecology* 70: 1006–1013.
- Boggs CL. 1992. Resource allocation: Exploring connections between foraging and life history. *Functional Ecology* 6: 508–518.
- Bonnet X, Bradshaw D, Shine R. 1998. Capital versus income breeding: An ectothermic perspective. *Oikos* 83: 333–342.
- Bonnet X, Naulleau G, Shine R, Lourdais O. 2001. Short-term versus long-term effects of food intake on reproductive output in a viviparous snake, *Vipera aspis*. *Oikos* 92: 297–308.
- Busack SD, Lawson R, Arjo WM. 2005. Mitochondrial DNA, allozymes, morphology and historical biogeography in the *Podarcis vaucheri* (Lacertidae) species complex. *Amphibia-Reptilia* 26: 239–256.
- Carranza S, Harris DJ, Arnold EN, Batista V, Gonzalez de la Vega JP. 2006. Phylogeography of the lacertid lizard, *Psammodromus algirus*, in Iberia and across the Strait of Gibraltar. *Journal of biogeography* 33: 1279–1288.
- Carretero MA. 2004. From set menu to *a la carte*. Linking issues in trophic ecology of Mediterranean lacertids. *Italian Journal of Zoology* 71: 121–133.
- Carretero MA. 2006. Reproductive cycles in Mediterranean lacertids: plasticity and constraints. In: *Mainland and insular lacertid lizards: a Mediterranean perspective*. Firenze: Firenze University Press. pp. 33–54.
- Carretero MA. 2008. An integrated assessment of a group with complex systematics: the iberomaghrebian lizard genus *Podarcis* (Squamata, Lacertidae). *Integrative Zoology* 3: 247–266.
- Carretero MA, Cascio PL, Corti C, Pasta S. 2010. Sharing resources in a tiny Mediterranean island? Comparative diets of *Chalcides ocellatus* and *Podarcis filfolensis* in Lampione. *Bonn Zoological Bulletin* 57: 111–118.
- Carretero MA, Perera A, Harris DJ, Batista V, Pinho C. 2006a. Spring diet and trophic partitioning in an alpine lizard community from Morocco. *African Zoology* 41: 113–122.
- Carretero MA, Ribeiro R, Barbosa D, Sá-Sousa P, Harris DJ. 2006b. Spermatogenesis in two iberian *Podarcis* lizards: relationships with male traits. *Animal Biology-Leiden* 56: 1–12.

- Carretero MA, Roca V, Larbes S, Ferrero A, Jorge F. 2011. Intestinal helminth parasites of wall lizards, *Podarcis vaucheri* Complex (Sauria: Lacertidae) from Algeria. *Journal of Herpetology* 45: 385–388.
- Cooper WE, Vitt LJ. 2002. Distribution, extent, and evolution of plant consumption by lizards. *Journal of Zoology* 257: 487–517.
- Damas-Moreira I, Harris DJ, Rosado D, Tavares I, Maia JP, Salvi D, Perera A. 2014. Consequences of haemogregarine infection on the escape distance in the lacertid lizard, *Podarcis vaucheri*. *Acta Herpetologica* 9: 119–123.
- Darwin C. 1859. *On the origin of species by means of natural selection, or, the preservation of favoured races in the struggle for life*. J. Murray.
- Downes S, Bauwens D. 2002. An experimental demonstration of direct behavioural interference in two Mediterranean lacertid lizard species. *Animal Behaviour* 63: 1037–1046.
- Du W-G. 2006. Phenotypic plasticity in reproductive traits induced by food availability in a lacertid lizard, *Takydromus septentrionalis*. *Oikos* 112: 363–369.
- Dubois Y, Blouin-Demers G, Shipley B, Thomas D. 2009. Thermoregulation and habitat selection in wood turtles *Glyptemys insculpta*: chasing the sun slowly: Thermoregulation and habitat selection in turtles. *Journal of Animal Ecology* 78: 1023–1032.
- Dunham AE. 1980. An experimental study of interspecific competition between the iguanid lizards *Sceloporus Merriami* and *Urosaurus Ornatus*. *Ecological Monographs* 50: 309–330.
- Fitch WM. 1970. Distinguishing homologous from analogous proteins. *Systematic Biology* 19: 99–113.
- Fonseca MM, Brito JC, Paulo OS, Carretero MA, Harris DJ. 2009. Systematic and phylogeographical assessment of the *Acanthodactylus erythrurus* group (Reptilia: Lacertidae) based on phylogenetic analyses of mitochondrial and nuclear DNA. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 51: 131–142.
- Fonseca MM, Brito JC, Rebelo H, Kalboussi M, Larbes S, Carretero MA, Harris DJ. 2008. Genetic variation among spiny-footed lizards in the *Acanthodactylus pardalis* group from North Africa. *African Zoology* 43: 8–15.
- Galan P. 1996. Reproductive and fat body cycles of the lacertid lizard *Podarcis bocagei*. *Herpetological journal* 6: 20–25.
- Galan P. 1997. Reproductive ecology of the lacertid lizard *Podarcis bocagei*. *Ecography* 20: 197–209.
- Gillis R, Ballinger RE. 1992. Reproductive ecology of red-chinned lizards (*Sceloporus undulatus erythrocheilus*) in Southcentral Colorado: Comparisons with other populations of a wide-ranging species. *Oecologia* 89: 236–243.
- Gregory PT, Crampton LH, Skebo KM. 1999. Conflicts and interactions among reproduction, thermoregulation and feeding in viviparous reptiles: are gravid snakes anorexic? *Journal of Zoology* 248: 231–241.

- Hau M. 2001. Timing of breeding in variable environments: tropical birds as model systems. *Hormones and Behavior* 40: 281–290.
- Heino M, Kaitala V. 1999. Evolution of resource allocation between growth and reproduction in animals with indeterminate growth. *Journal of Evolutionary Biology* 12: 423–429.
- Huey RB, Slatkin M. 1976. Cost and benefits of lizard thermoregulation. *The Quarterly Review of Biology* 51: 363–384.
- Kaliontzopoulou A, Brito JC, Carretero MA, Larbes S, Harris DJ. 2008. Modelling the partially unknown distribution of wall lizards *Podarcis* in North Africa: ecological affinities, potential areas of occurrence and methodological constraints. *Canadian Journal of Zoology* 86: 992–1101.
- Kaliontzopoulou A, Carretero MA, Llorente GA. 2012. Morphology of the *Podarcis* wall lizards (Squamata: Lacertidae) from the Iberian Peninsula and North Africa: patterns of variation in a putative cryptic species complex: Morphology of Iberian *Podarcis*. *Zoological Journal of the Linnean Society* 164: 173–193.
- Kaliontzopoulou A, Pinho C, Harris DJ, Carretero MA. 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: 779–800.
- Larbes S, Carretero MA, Brito JC. 2007. Contribution à l'étude de la variabilité phénotypique du lézard des murailles *Podarcis* sp. dans deux régions d'Algérie du nord (Kabylie et Belezma). Marrakech (Morocco): T. Slimani (ed.).
- Le Galliard J-F. 2003. Interactions sociales et dispersion dans des populations structurées dans l'espace. Université de Lausanne.
- Lelièvre H, Hénanff ML, Blouin-Demers G, Naulleau G, Lourdais O. 2010. Thermal strategies and energetics in two sympatric colubrid snakes with contrasted exposure. *Journal of Comparative Physiology B* 180: 415–425.
- Licht P. 1972. Environmental physiology of reptilian breeding cycles: Role of temperature. *General and Comparative Endocrinology* 3, Supplement: 477–488.
- Licht P. 1973. Influence of temperature and photoperiod on the annual ovarian cycle in the lizard *Anolis carolinensis*. *Copeia* 1973: 465–472.
- Lima A, Pinho C, Larbes S, Carretero MA, Brito JC, Harris DJ. 2009. Relationships of *Podarcis* wall lizards from Algeria based on mtDNA data. *Amphibia-Reptilia* 30: 483–492.
- Lo Cascio P, Capula M. 2011. Does diet in lacertid lizards reflect prey availability? Evidence for selective predation in the Aeolian wall lizard, *Podarcis raffonei* (Mertens, 1952)(Reptilia, Lacertidae). *Biodiversity Journal* 2: 89–96.
- Lorenzon P, Clobert J, Oppliger A, John-Alder H. 1999. Effect of water constraint on growth rate, activity and body temperature of yearling common lizard (*Lacerta vivipara*). *Oecologia* 118: 423–430.

- Lourdais O, Bonnet X, Doughty P. 2002. Costs of anorexia during pregnancy in a viviparous snake (*Vipera aspis*). *The Journal of Experimental Zoology* 292: 487–493.
- Luiselli L. 2008. Do lizard communities partition the trophic niche? A worldwide meta-analysis using null models. *Oikos* 117: 321–330.
- Magnuson JJ, Crowder LB, Medvick PA. 1979. Temperature as an ecological resource. *American Zoologist* 19: 331–343.
- Mou Y. 1987. Ecologie trophique d'une population de lézards des murailles *Podarcis muralis* dans l'ouest de la France. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 42: 81–100.
- Nagy KA. 2005. Field metabolic rate and body size. *Journal of Experimental Biology* 208: 1621–1625.
- Oliverio M, Bologna MA, Mariottini P. 2000. Molecular biogeography of the Mediterranean lizards *Podarcis Wagler*, 1830 and *Teira Gray*, 1838 (Reptilia, Lacertidae). *Journal of Biogeography* 27: 1403–1420.
- Pérez-Mellado V, Bauwens D, Gil M, Guerrero F, Lizana M, Ciudad M-J. 1991. Diet composition and prey selection in the lizard *Lacertamonticola*. *Canadian journal of zoology* 69: 1728–1735.
- Pérez-Mellado V, Corti C. 1993. Dietary adaptations and herbivory in lacertid lizards of the genus *Podarcis* from western Mediterranean islands (Reptilia: Sauria). *Bonner Zoologische Beiträge* 44: 193–220.
- Pianka E. R., Vitt L.J. 2003. *Lizards : Windows to the Evolution*.
- Pough L.B., Andrews R.H., Cadle J.E., Crump M.L., Savitzky A.H., Wells K.D. 2004. *Herpetology* (3 ed. Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River).
- Rouag R, Berrahma I, Luiselli L. 2006. Food habits and daily activity patterns of the North African ocellated lizard *Timon pater* from northeastern Algeria. *Journal of Natural History* 40: 1369–1379.
- Rouag R, Djilali H, Gueraiche H, Luiselli L. 2007. Resource partitioning patterns between two sympatric lizard species from Algeria. *Journal of Arid Environments* 69: 158–168.
- Rutberg AT. 1987. Adaptive hypotheses of birth synchrony in ruminants: An interspecific test. *The American Naturalist* 130: 692–710.
- Schoener TW. 1971. Theory of feeding strategies. *Ann. Rev. Ecol. Syst* 2: 369–404.
- Schoener TW. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science* 185: 27–39.
- Torki F. 2007. Reproductive cycle of the snake-eyed Lizard *Ophisops elegans* MÉNÉTRIÉS, 1832 in western Iran. *Herpetozoa* 20: 57–66.
- Tracy CR, Christian KA. 1986. Ecological relations among space, time, and thermal niche axes. *Ecology* 67: 609–615.

- Van Damme R, Bauwens D, Verheyen RF. 1991. The thermal dependence of feeding behaviour, food consumption and gut-passage time in the lizard *Lacertavivipara jacquin*. *Functional Ecology* 5: 507–517.
- Verdú-Ricoy J, Carranza S, Salvador A, Busack SD, Díaz JA. 2010. Phylogeography of *Psammodromus algirus* (Lacertidae) revisited: systematic implications. *Amphibia-Reptilia* 31: 576–582.
- Veríssimo CV, Carretero MA. 2009. Preferred temperatures of *Podarcis vaucheri* from Morocco: intraspecific variation and interspecific comparisons. *Amphibia-Reptilia* 30: 17–23.
- Vitt LJ, Pianka ER. 2007. Feeding ecology in the natural world. In: *Lizard Ecology*. Cambridge University Press.
- Whittier JM, Crews D. 1987. Seasonal reproduction: patterns and control. In: *Hormones and reproduction in fishes, amphibians, and reptiles* (Plenum Press). New York: Norris DO & Jones RE. pp. 385–409.

# **MATERIEL ET METHODES**



## I. Zone d'étude : Secteur de Tala Guilef (Parc National du Djurdjura)

### I.1. Situation géographique

Le parc national du Djurdjura est situé au Nord-Est de l'Algérie dans une région montagneuse très accidentée entre les villes de Bouira et Tizi-Ouzou. S'étendant sur une superficie de 18 500 ha. Le Djurdjura de la Kabylie est le plus élevé des massifs littoraux de l'Algérie (Lespès 1909). Sous l'influence de la mer Méditerranéenne, le Djurdjura affiche un climat subhumide frais et une végétation dominée par les forêts (*Quercus canariensis*, *Quercus suber*, *Quercus ilex*, *Pinus halepensis* et *Cedrus atlantica*) (Hamdine et al. 1993; Carretero et al. 2011; Amroun et al. 2014). Le secteur de Tala Guilef est localisé sur le versant nord du Djurdjura (36°39' N, 4°01' E) et dépend de la commune de Boghni. Il est situé à 45 km au Sud-Ouest de la wilaya de Tizi Ouzou et 145 km environ à l'est d'Alger.

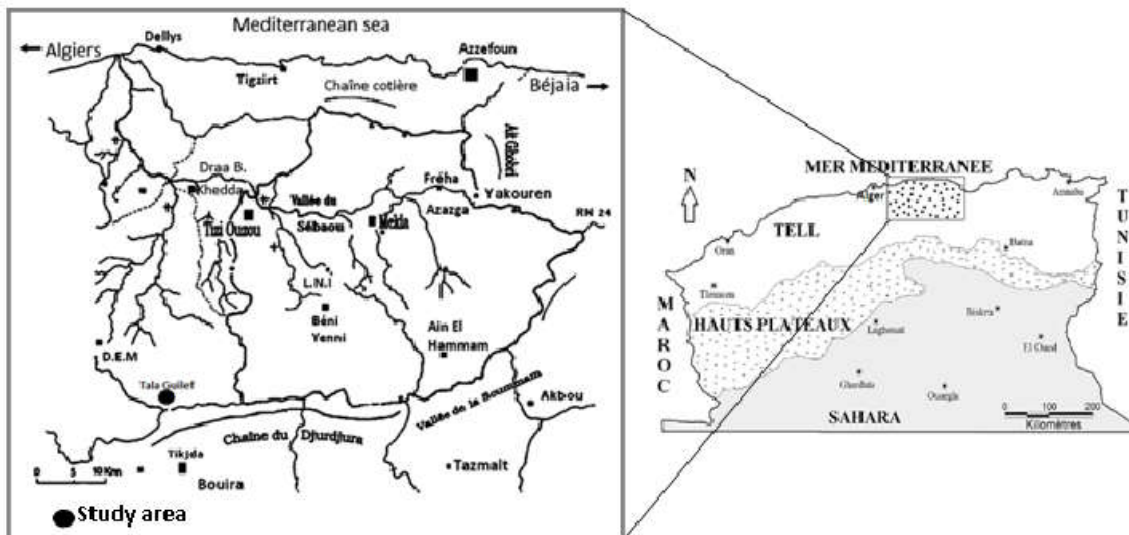


Figure 5 : Localisation géographique du secteur de Tala Guilef dans le massif du Djurdjura.

## I.2. Climat

### Climatologie

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants (Faurie et al. 2006). L'Algérie est un pays soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude. Le climat est de type méditerranéen tempéré. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines, et supérieure à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien.

Les températures permettent de bien distinguer les saisons. Les amplitudes thermiques sont considérables. Les températures basses et négatives varient entre des valeurs au-dessous de 0°C à 10°C en zone littoral, tandis que les plus chaudes varient avec la continentalité et vont de 28°C à 31°C sur le littoral, de 33°C à 38°C dans les hautes plaines steppiques, et supérieure à 40°C dans les régions sahariennes. Les précipitations sont variables, plus importantes en zones littorales (1500 mm), la zone tellienne 400 à 800 mm, les hauts plateaux reçoivent 150 à 400 mm et la zone saharienne moins de 150 mm. Les massifs montagneux sont plus arrosés, même au sud entre 400 et 800 mm. Vue son extension en latitude, le territoire algérien présente une variété de zones climatiques, où les pluies sont généralement insuffisantes, irrégulières et inégalement réparties à la fois dans le temps et dans l'espace. On y retrouve tous les bioclimats méditerranéens depuis l'humide au Nord jusqu'au Saharien au Sud.

Le climat du Djurdjura n'échappe pas au type méditerranéen, avec une influence considérable de l'altitude. Les précipitations ont lieu principalement sous forme de pluies ou de neige, allant de 1200 à 1500 mm. Les précipitations sont abondantes durant la saison froide (d'Octobre à Mai), et sont suivies par une courte période de sécheresse (Juin à Septembre).

Vue l'absence de stations météorologiques dans le Parc National du Djurdjura, on se réfère souvent aux données de Ain El Hammam pour caractériser le climat du versant nord du Djurdjura. Selon le plan de gestion du parc, elle reçoit annuellement 1149 mm de pluie, et la moyenne des températures minimales du mois le plus froid (janvier) est de 2,7 °C, et la moyenne des températures du mois le plus chaud (Aout) est de 32 °C.

### Synthèse climatique sur la zone d'étude :

#### - Durée de la saison sèche :

Dans le secteur de Tala Guilef, la saison sèche est de deux mois (Juillet et Aout) à 1650 m comme à 1950 m selon Derridj (1990) et Krouchi (2010).

#### - Etage bioclimatique :

Tala Guilef appartient à l'étage perhumide à variante fraîche à 1650 m et perhumide à variante froide en montant à 1900 m selon Derridj (1990). Selon Krouchi (2010), le bioclimat est perhumide frais aussi bien à 1650 m qu'à 1900 m.

#### - Indice d'Emberger :

Cette formule plus élaborée, qui a été créée pour les climats méditerranéens, tient compte de la variation annuelle de la température dont est fonction l'évaporation facteur écologique important. Selon Krouchi (2010), l'indice de sécheresse d'Emberger est de 3,11 à 1650 m d'altitude et 3,72 à 1900 m, indiquant ainsi que la période estivale est sèche dans le secteur de Tala Guilef.

### I.3. Végétation et milieux prospectés

Durant cette étude, nous avons prospecté les groupements végétaux déjà définis par Hamdine et al. 1993, et à ceux là nous avons ajouté deux types de biotopes (pelouse rocailleuse et la ripisylves), qui nous semblent attractifs aux Amphibiens et aux Reptiles.

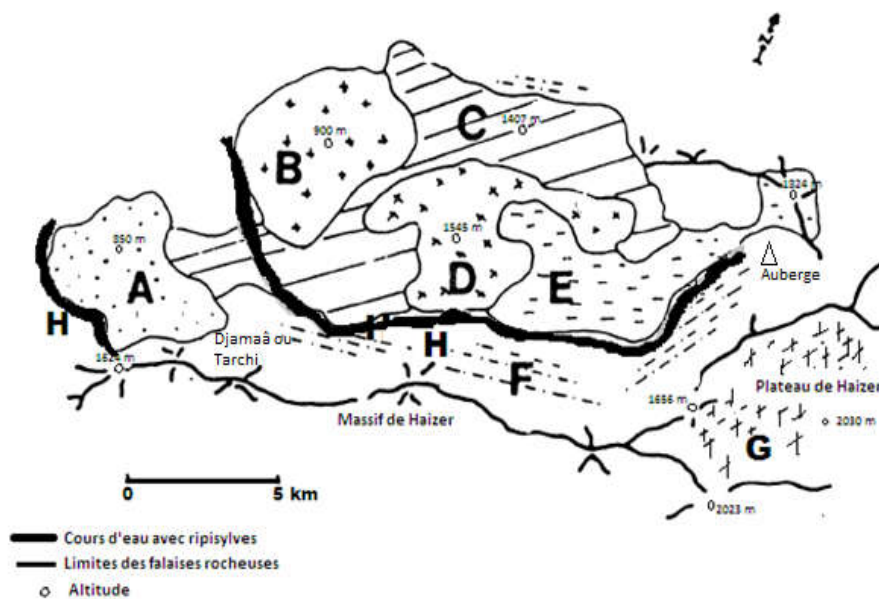


Figure 6 : Différentes formations végétales du secteur de Tala Guilef (Parc national du Djurdjura) (Hamdine et al. 1993 ; Mamou 2016).

- A. Suberaie : Correspond à une forêt de chêne liège (*Quercus suber*) qui se situe en amont du village d'Ait Ali. Très localisée à Tala-Guilef, elle fait son apparition à partir de 900 m d'altitude, et s'étend jusqu'à 1100 m d'altitude où elle est en mélange avec le chêne vert (Krouchi 2010). Le sous bois est surtout composé du Genêt (*Genista tricuspidata*), Cytise épineux (*Calicotome spinosa*) et du Pistachier térébinthe (*Pistacia terebinthus*),
- B. Maquis à chêne vert sans sous bois, avec quelques sujets dispersés de Cytise (*Cytisus triflorus*),
- C. Chênaie avec sous bois : correspond à la forêt de chêne vert (*Quercus ilex*) dont le sous bois est composé essentiellement de : Cytise (*Cytisus triflorus*), Ronce (*Rubus ulmifolius*) et quelques sujets d'Aubépine (*Crataegus monogyna* et *Crataegus laciniata*),
- D. Formation mixte à chêne vert et la chênaie sans sous bois : située entre la cédraie et la chênaie,
- E. Cédraie : Forêt de cèdre (*Cedrus atlanticus*) sans sous-bois, mis à part quelques sujet de houx (*Ilex aquifolium*). Elle s'étend le long de la ligne de crête de Tala Guilef jusqu'au pic du cèdre. Vu le taux de recouvrement élevé dans ce biotope, nos investigations ont été réalisées dans la cédraie ouverte située dans les deux revers de la ligne de crête,
- F. Pelouse rocailleuse : Situé au dessous du pied glacier. Elle est caractérisée par la présence de toutes les tailles de rocaille et parfois d'énormes rochets (80%), provenant du massif de Haizer. Elle est caractérisée par une végétation buissonnante dont on retrouve : l'Aubépine monogyne et laciniée (*Crataegus monogyna* et *Crataegus laciniata*), Ronce (*Rubus ulmifolius*), Églantier des chiens (*Rosa canina*), Églantier nain (*Rosa sicula*), Prunier couché (*Prunus prostrata*) et Epine-vinette d'Espagne (*Berberis hispanica*). Dans la strate herbacée on retrouve essentiellement : Anthémis de Kabylie (*Anthemis kabilica*), Absinthe (*Artemisia absintium*), Astragale vulnérant (*Astragalus armatus*), Panicaut à trois épines (*Eringium tricuspedatum*), Euphorbede Nice (*Euforbia luteola*), Férule commune (*Ferula communis*),
- G. Pelouses sommitales : situées vers le plateau de Haizer, caractérisées par la présence de quelques sujets de cèdre (*Cedrus atlanticus*), If commun (*Taxus baccata*), Sorbier (*Sorbus aria*), Genévrier (*Juniperus communis*), Epine-vinette d'Espagne (*Berberis hispanica*), Prunier couché (*Prunus prostrata*), Aubépine laciniée (*Crataegus laciniata*), Absinthe (*Artemisia absintium*), Astragale vulnérant (*Astragalus armatus*), Buplèvre épineux (*Bupleurum spinosum*),

H. Cours d'eau : situé entre la cédraie et le milieu rocailleux. Ce milieu est caractérisé par une végétation dense de type ripisylves, dont on rencontre : l'Erable de Montpellier (*Acer monspessulanum*), Aulne (*Alnus glutinosa*), Ronce (*Rubus ulmifolius*), Saule blanc (*Salix alba*), Peuplier noire (*Populus nigra*), Aubépine laciniée (*Crataegus laciniata*), Polypode commun (*Polypodium vulgare*), Menthe des champs (*Mentha arvensis*), Menthe Pouliot (*Mentha pulegium*), Inule visqueuse (*Inula viscosa*) et la Capillaire des murailles (*Asplenium trichomanes*).

#### I.4. Faune locale

La faune mammalienne est la plus étudiée dans le Djurdjura, surtout dans la région de Darna. Elle est composée de 25 espèces terrestres non volantes et 12 espèces de chiroptères (Addar and Dahmani-Megrerouche 2013). Celle de Tala-Guilef se compose de la plupart des espèces communes en Algérie du nord (Hamdine et al. 1993) : la genette (*Genetta genetta*), le chacal doré (*Canis aureus algirensis*), le renard roux (*Vulpes vulpes*), le chat sauvage (*Felis silvestris*), le sanglier (*Sus scrofa*), le singe magot (*Macaca sylvanus*), la mangouste (*Herpestes ichneumon*), la belette (*Mustela nivalis*), le hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*), le lièvre brun (*Lepus capensis*), la musaraigne musette (*Crocidura russula*), le porc-épic (*Hystrix cristata*) et le mulot sylvestre (*Apodemus sylvaticus*).

Concernant les oiseaux, le Djurdjura est parmi les plus riches sites en Algérie avec 123 espèces répertoriées. Grâce à sa physionomie et surtout à la présence de falaises, ce massif représente un milieu de chasse et de reproduction par excellence pour les rapaces, dont on peut citer par exemple : l'Aigle royal (*Aquila chrysaetos*), l'Aigle de Bonelli (*Hieractus fasitus*), le Vautour Percnoptère (*Neophron pecnopterus*), le Gypaète barbue (*Gypaetus barbatus*)... etc.

Du côté des amphibiens et reptiles du Djurdjura et c'est aussi le cas de toute l'Algérie, les données sont anciennes et reposent sur un nombre limité d'observations, faites essentiellement par des amateurs ou des chercheurs travaillant sur d'autres taxons. Ceci dit, dans le secteur de Tala Guilef 3 amphibiens et 12 reptiles sont recensés (Amrouche-Larabi et al. 2015; Mamou 2016) : Crapaud commun (*Bufo spinosus*), Discoglosse peint (*Discoglossus pictus*), Salamandre tachetée (*Salamandra algira*), Lézard des murailles (*Podarcis vaucheri*), Psammodrome algire (*Psammodromus algirus*), Lézard ocellé (*Timon pater*), Tarente de Mauritanie (*Tarentola mauritanica*), Seps ocellé (*Chalcides ocellatus*), Seps strié (*Chalcides mertensi*), Couleuvre de Montpellier (*Malpolon monspessulanus*), Coronelle bordelaise (*Coronella girondica*), Couleuvre à collier (*Natrix natrix*), Couleuvre vipérine (*Natrix maura*), Couleuvre fer à

cheval (*Hemorrhoids hippocrepsis*) et Vipère de Lataste (*Vipera latastei*). D'autres espèces connues en Afrique du nord, sont probablement présentes dans cette région, mais n'ont pas été contactées. Il s'agit de : *Hyla meridionalis*, *Pelophylax saharicus* et *Hemidactylus turcicus*.

L'entomofaune du Djurdjura reste méconnue, un échantillonnage réalisé dans la forêt de Darna (Merabet 2014) révèle une présence de 98 espèces d'arthropodes appartenant à 17 ordres et 4 classes (Arachnida, Myriapoda, Insecta et Crustacea), la classe des insectes est la plus représentée. Par ailleurs, notre échantillonnage dans le secteur de Tala Guilef, révèle l'existence de 243 espèces, réparties sur 123 familles et 21 ordres (voire la partie : Ecologie trophique et disponibilités).

## II. Modèle d'étude : le lézard des murailles (*Podarcis vaucheri*, Boulanger 1905)

### II.1. Synonyme

*Lacerta muralis* var. *vaucheri* (Boulenger, 1905)

*Lacerta bocagei vaucheri* (Mertens & Müller, 1940)

*Lacerta hispanica vaucheri* (Klemmer, 1959)

*Podarcis hispanica vaucheri* (Arnold, 1973)

### II.2. Classification

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Embranchement</b>	Chordata
<b>Sous-embr.</b>	Vertebrata
<b>Classe</b>	Reptilia
<b>Sous-classe</b>	Lepidosauria
<b>Ordre</b>	Squamata
<b>Sous-ordre</b>	Sauria
<b>Infra-ordre</b>	Scincomorpha
<b>Famille</b>	Lacertidae
<b>Genre</b>	<i>Podarcis</i>

### II.3. Morphologie

Sa taille est estimée à  $51,36 \pm 0,72$  mm pour les mâles et  $47,34 \pm 0,91$  mm (Larbes et al. 2007), queue environ deux fois la longueur du corps (Arnold and Ovenden 2004). Sa silhouette est plus élancée avec la tête allongée, le cou distinct, le corps mince, la longue queue effilée et des pattes fines avec de très longs doigts. La face ventrale

généralement blanchâtre, beige, rosâtre ou rouge (parfois jaune) et gorge pâle, souvent avec des points bien définis, surtout sur les côtés. Motif souvent essentiellement strié : lignes vertébrale semblent absentes dans la plupart des régions, ou moins marquée que les stries (ou rangées de points) dorso-latérales sombres. Les femelles ont généralement des stries régulières bien marquées, alors que les mâles sont plus tachetés et mouchetés. Les juvéniles peuvent avoir la queue bleue (Arnold and Ovenden 2004).



Figure 7: Illustration du dimorphisme sexuel chez *P. vaucheri* de Tala Guilef. Femelle (à gauche) et mâle (à droite).

#### II.4. Répartition géographique et systématique

Le genre *Podarcis* (Wagler 1830) est un groupe de lézard qui a évolué et diversifié dans le bassin méditerranéen (Arnold et al. 2007). Ces espèces représentent un élément important de l'herpétofaune des écosystèmes méditerranéens, où ils jouent un rôle écologique important dans les réseaux trophiques (Carretero 2004). Il s'étend de l'Europe centrale vers le Sahara et de la péninsule ibérique vers la Crimée (Carretero 2008).

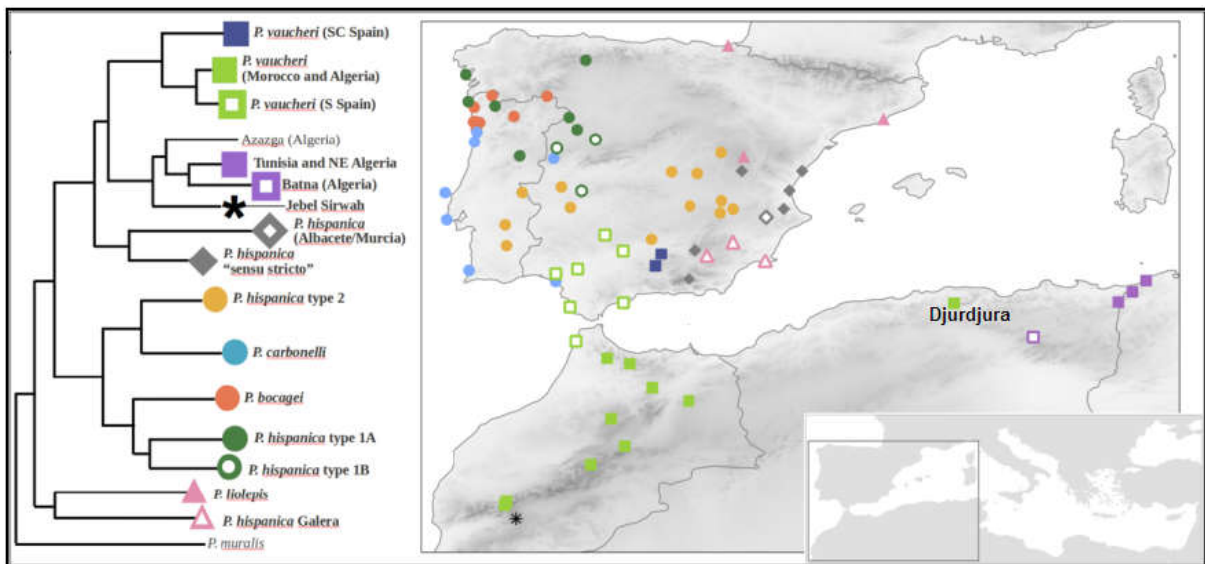


Figure 8 : Distribution du genre *Podarcis* (Arnold 1973 modifiée par Carretero 2008) (La photo montre une femelle de *Podarcis liolepis*).

Les lézards des murailles de la Péninsule Ibérique et d'Afrique du Nord représentent un cas caractéristique d'un complexe d'espèces cryptiques (Kaliontzopoulou et al.

2012). Un cas exemplaire est celui du complexe *Podarcis hispanica* qui est le plus étudié parmi les reptiles d'Europe et comporte une diversité phylogénétique élevée (Kaliontzopoulou et al. 2011). Plusieurs lignées différentes génétiquement composent ce groupe paraphrétique, et des espèces ont été ainsi élevées au niveau spécifique, c'est le cas de : *P. carbonelli* et *P. atrata*. L'inclusion de spécimens de l'Afrique du Nord a permis aussi de séparer *P. vaucheri* et de l'élever au rang d'espèce ; classée autre fois comme une sous-espèce de ce complexe d'espèces, elle est considérée actuellement comme un complexe d'espèces (Oliverio et al. 2000; Busack et al. 2005). Ce dernier est connu de l'Afrique du Nord et de la partie sud de l'Espagne (Busack et al. 2005) avec une population isolée découverte dans le sud-est de l'Espagne (Renoult et al. 2010).

Il semble probablement, comme dans la Péninsule Ibérique, que diverses espèces naissantes existent dans le complexe *P. vaucheri* de l'Afrique du Nord (Lima et al. 2009). Dans la même étude Lima et al. 2009 ont identifiés quatre différentes lignées en Algérie (Morocaine, Tunisienne, Aurès et Azazga) et les deux dernières sont exclusivement algériennes. Ce qui élève le nombre de "forms" en Afrique du Nord à cinq (Kaliontzopoulou et al. 2011). Comme le montre la figure 2, les populations du Djurdjura appartiennent à la lignée marocaine proche de celle de la Péninsule Ibérique.



**Figure 9 :** Position systématique de la population du Djurdjura dans l'arbre phylogénétique du genre *Podarcis* de la Péninsule Ibérique et de l'Afrique du nord (Source : Kaliontzopoulou et al. 2012).

## II.5. Ecologie

*P. vaucheri* fréquente une grande variété de biotopes, dans tous les étages bioclimatiques. Ce généraliste peut être trouvé dans des secteurs rocheux,



buissonneux ou même dans les forêts à 3100 m d'altitude (Schleich et al. 1996). Cet excellent grimpeur affectionne principalement le substrat rocheux mais aussi une certaine humidité. Il fréquente aussi des zones urbanisées où il affectionne les murailles bien ensoleillées (Fahd 1993). En montagne, il vit entre les débris végétaux et les rochers où le sol est accumulé (Schleich et al. 1996).

Son régime alimentaire est composé d'invertébrés, en particulier d'homoptères, coléoptères, diptères et araignées (Carretero et al. 2006).

Les mâles de *Podarcis vaucheri* ne sont pas très territoriaux. Les femelles pondent 1 à 5 œufs, l'éclosion aura lieu après 8 semaines ; nouveau-nés de 2 à 2,5 cm. La longévité ne dépasse pas 4 ans dans la nature (Arnold & Ovenden 2004).

### III. Méthodes d'étude

#### III.1. Méthode utilisée sur le terrain

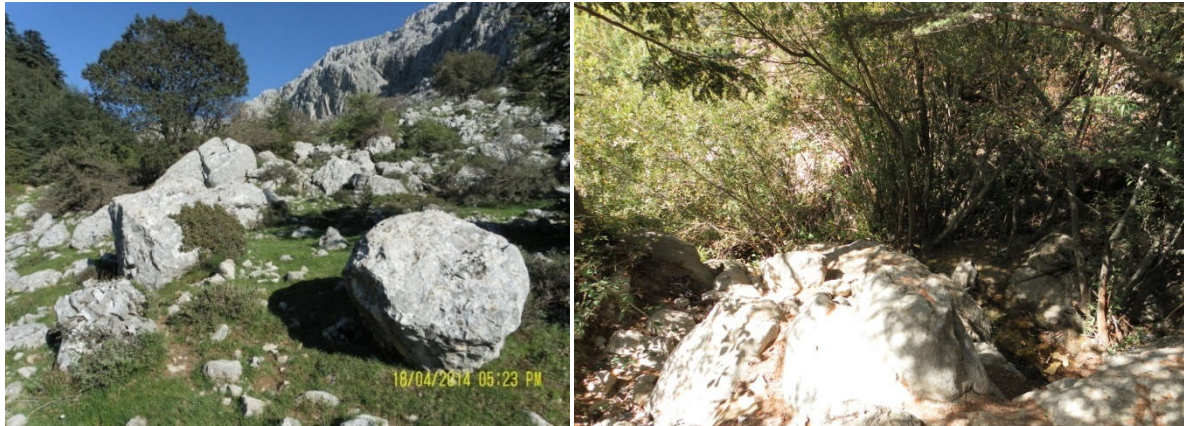
##### A. Description des habitats et échantillonnage des Amphibiens et Reptiles

Avant d'engager une étude en écologie, il est nécessaire de décrire la zone d'étude. A cet effet, les groupements végétaux et l'identification des espèces végétales rencontrées est faite en s'appuyant sur l'étude de Hamdine et al. 1993 et surtout sur l'aide de Moussa Mehdi agent dans le secteur de Tala Guilef (Voire partie II-3 Végétation et milieux prospectés).

Concernant l'inventaire des Amphibiens et Reptiles (Mamou 2016), nous avons sillonné l'ensemble du secteur de Tala Guilef. L'étude a été réalisée depuis le mois d'avril au mois d'octobre 2014. Cette période correspond à l'activité biologique des Amphibiens et Reptiles qui hivernent pendant 4 à 5 mois, de novembre à mars. Les prospections ont eu lieu le jour, principalement par beau temps, favorable à l'activité de ces ectothermes (Bons 1959). Les observations reposent sur deux méthodes de prospection : La première méthode consiste en une visite des sites à priori favorables, grâce à une marche lente et silencieuse, ponctuée de fréquents arrêts (Mamou et al. 2014). Ainsi, les individus sont observés directement et/ou grâce aux indices de présence tels que : les terriers, les mues, les fèces etc. La seconde méthode consiste à rechercher les animaux cachés en fouillant les gîtes, en soulevant des pierres, troncs morts etc.

Pour le suivi de la population de *P. vaucheri*, nous nous sommes limités à deux types de milieux : le milieu rocailleux et le cours d'eau qui semblent attractifs pour cette espèce (Mamou 2016). Au cours de l'étude de son activité journalière et de son écologie thermique, nous avons parcouru, durant 15 jours de 8h du matin jusqu'à 17h, deux transects différents (un en allée et l'autre en retour) de 2000m de longueur

et de 10m de largeur environ, en allant de la place appelée Djamaâ ou Tarchi vers l'ancien auberge en traversant les deux milieux (Voire Figure 9).



**Figure 10:** Aperçu des deux milieux prospectés pour le suivi de la population de *P. vaucheri*. Milieu rocailleux (à gauche) et cours d'eau (à droite).

### B. Capture des lézards et récolte des données sur le terrain

Les animaux sont capturés à la main ou au lasso ou « noosing ». Cette dernière consiste à passer un nœud coulant autour du cou du lézard, le fil est fixé au bout d'une canne à pêche de 1.5 m (Figure 11).



**Figure 11:** Capture d'un mâle de *P. vaucheri* par la technique du lasso ou « noosing ».

Durant nos sorties, nous avons noté le sexe, l'âge, le statut reproducteur, le comportement de chaque individu observé et/ou capturé (alimentaire, mouvement, reproduction, repos...etc), exposition (totale au rayonnement solaire, ombre, mi-ombre), le microhabitat (roche, pierre, sol, tronc d'arbre, herbe...etc), et aussi pour les individus capturés, nous avons prélevé la température corporelle (Body température  $T_b$ ), ensuite la température de l'aire ( $T_a$ ) et la température du substrat ( $T_s$ ), ainsi que les traces de morsures sur les femelles, laissées par les mâles durant l'accouplement.

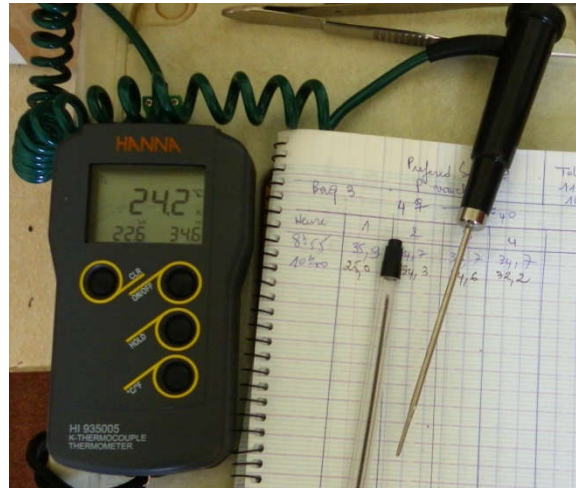


Figure 12: Thermomètre Hanna muni d'un thermocouple K pour la prise des températures.



Figure 13: Position d'accouplement (à gauche). Trace de morsure d'un mâle sur une femelle capturée (à droite).

### C. Echantillonnage des invertébrées

Une seule technique est utilisée sur le terrain pour tenter de connaître les disponibilités en proies potentielles de *P. vaucheri* dans le secteur de Tala Guilef. Il s'agit de la méthode des pots Barber. Sa description, ses avantages et ses inconvénients sont présentés tour à tour.



Figure 14: Matériel utilisé pour la récolte des invertébrés au moyen des pots-Barber.

Pour estimer les disponibilités en invertébrés, la technique des pots Barber est la plus utilisée par les écologistes. Elle sert essentiellement à échantillonner les biocénoses d'Invertébrés qui se déplacent à la surface du sol (Figure 15). Les pièges sont constitués par des boîtes de conserve vides qui mesurent 10 centimètres de diamètre et 15 centimètres de hauteur. Dans un endroit situé entre le milieu rocailleux et la ripisylves, 10 pots-pièges sont disposés en ligne entre les 13 et 18 de chaque mois. Les pots Barber sont séparés par des intervalles de 5 mètres. Ils sont enfoncés jusqu'au ras du sol. Remplis ensuite au tiers de leur hauteur d'un peu d'eau. Ils sont récupérés séparément 48 heures plus tard. Ils sont filtrés dans un tamis pour en éliminer l'eau. Le contenu de chaque pot est déposé dans des bouteilles, et conservé dans de l'alcool (70%) jusqu'à son analyse.



**Figure 15:** Méthode de récolte des invertébrés terrestres au moyen des pots-Barber.

#### - Avantages de la méthode des pots Barber

La méthode des pots-Barber est simple d'utilisation et facile à mettre en œuvre. Elle ne nécessite aucun matériel coûteux. Tout au plus des boîtes de conserves vides récupérées et une bouteille d'eau ordinaire. La mise en place du dispositif sur le terrain est rapide et la récupération des pots Barber est aisée. Cette technique permet de capturer l'entomofaune terrestre diurne et nocturne et même des petits vertébrés comme les lézards, amphibiens et micromammifères. Cette méthode, nous permet

d'obtenir des renseignements sur la richesse des espèces présentes et sur leur diversité. Le but de son utilisation est de chercher l'importance relative de chacune des espèces-proies éventuelles dans un milieu donné. L'échantillonnage des proies permet certes de connaître leurs abondances, mais aussi d'avoir des précisions sur leurs fluctuations saisonnières, ce qui nous permet de comprendre facilement les stratégies alimentaires adoptées par les espèces prédatrices.

#### - Inconvénients de la méthode des pots Barber

Cette méthode est limitée car elle ne permet pas de capturer les espèces qui volent, exception faite pour les prises accidentelles. Cependant, le plus grand problème que peut poser la technique des pots Barber est dû aux précipitations. En effet en cas d'orage ou de pluie nocturne, l'eau en excès déborde entraînant vers l'extérieur tout ou une partie des insectes capturés. Autre inconvénient, est la destruction des pots par le sanglier et par des promeneurs trop curieux qui les renversent, chose que nous avons constatée durant notre présent travail.

### III.2. Méthode utilisée au laboratoire

#### A. Maintien des lézards en captivité

Les lézards capturés sont transportés au laboratoire et sont relâchés sur leurs lieux de capture après une journée de contention. Nous les avons ainsi pesé et mesurer leurs tailles (SVL : Snout-vent-length) et sont maintenus par groupes de 5 individus maximum, en séparant les mâles et les femelles, dans des terrariums de 77 cm x 55 cm x 44 cm, munis d'une lampe (160 W) placée à l'une des extrémités pour fournir un gradient thermique (Figure 16, à gauche). Les terrariums sont aussi équipés de morceaux de briques qui servent d'abris et/ou de substrat de thermorégulation et de l'eau est fournie à volonté pour les lézards.



**Figure 16:** Dispositif utilisé pour garder les lézards en captivité (à gauche). Prise de la température corporelle (à droite).

Afin d'estimer la température préférée de *P. vaucheri*, ses variations au cours de la journée et la différence entre les deux sexes, nous avons réalisé 9 prises de température corporelles pour chaque individu (Figure 16, à droite), à raison d'une prise chaque une heure, et ce de 8h du matin jusqu'à 16h. Il est à noter que les lézards ont été placés dans le terrarium une heure avant de commencer les manipulations pour permettre leur acclimatation (Le Galliard et al. 2003).

Les fèces sont récupérées des terrariums au fur et à mesure au cours de la journée. Elles sont séchées, pesées, mesurées et conservées ensuite dans des tubes Eppendorf (2 ml) remplis d'alcool (70°).

## **B. Détermination des espèces proies**

La méthode choisie pour étudier le régime alimentaire du lézard des murailles *P. vaucheri*, est celle de l'analyse par la voie humide alcoolique (Voir Figure 17). Dans ce qui va suivre, les techniques d'étude des régimes alimentaires des espèces insectivores sont présentées. Pour l'identification des espèces-proies, chaque fèces doit passer par quatre étapes (Marniche 2011).

### **1. Macération des fèces**

La première étape de cette méthode est une macération fèces dans de l'alcool (70%). Elle consiste à mettre la fèces dans une boîte de Pétri contenant un peu d'alcool. Le tout est laissé reposer durant 1 à 3 minutes, temps nécessaire pour que le contenu soit humidifié.

### **2. Décortication des fèces**

La deuxième étape consiste en une trituration de chaque fèces séparément à l'aide d'une paire de pinces et d'une pointe métallique. La décortication doit se faire avec beaucoup de précautions afin de ne pas fragmenter davantage les différents éléments présents. Les parties sclérotinisées sont séparées des autres déchets comme des particules de terre et des fragments d'origine végétale.

### **3. Séparation des éléments sclérotinisées**

Observés à l'aide d'une loupe binoculaire, les éléments sclérotinisés sont rassemblés en différents groupes selon leurs affinités morphologiques et taxinomiques.

### **4. Détermination des proies consommées**

La présence d'une partie du corps d'un invertébré ou même celle d'un petit fragment peut renseigner sur la position systématique des proies ingérées. La détermination peut aboutir jusqu'à l'espèce. Mais dans la plupart des cas elle aboutit à la famille ou au genre. L'identification des espèces proies est faite grâce à l'aide de Mme Marniche

Faïza, en se référant bien entendu à des clés de détermination de plusieurs auteurs comme : Perrier (1927) et Perrier and Delphy (1932) pour les Coleptera, Perrier (1979) pour les Hémiptères, et Chopard (1943) pour les Orthoptera.

Le dénombrement des invertébrés se fait par comptage des parties sclérotinisées, telles que les mandibules, têtes, thorax, prothorax, élytres, ailes. Les items sont ensuite classés en groupes nommés OTUs (Operational Taxonomy Unit) (voir : Sneath and Sokal 1973; Carretero 2004) et leur détermination est faite jusqu'au niveau systématique le plus élevé possible.

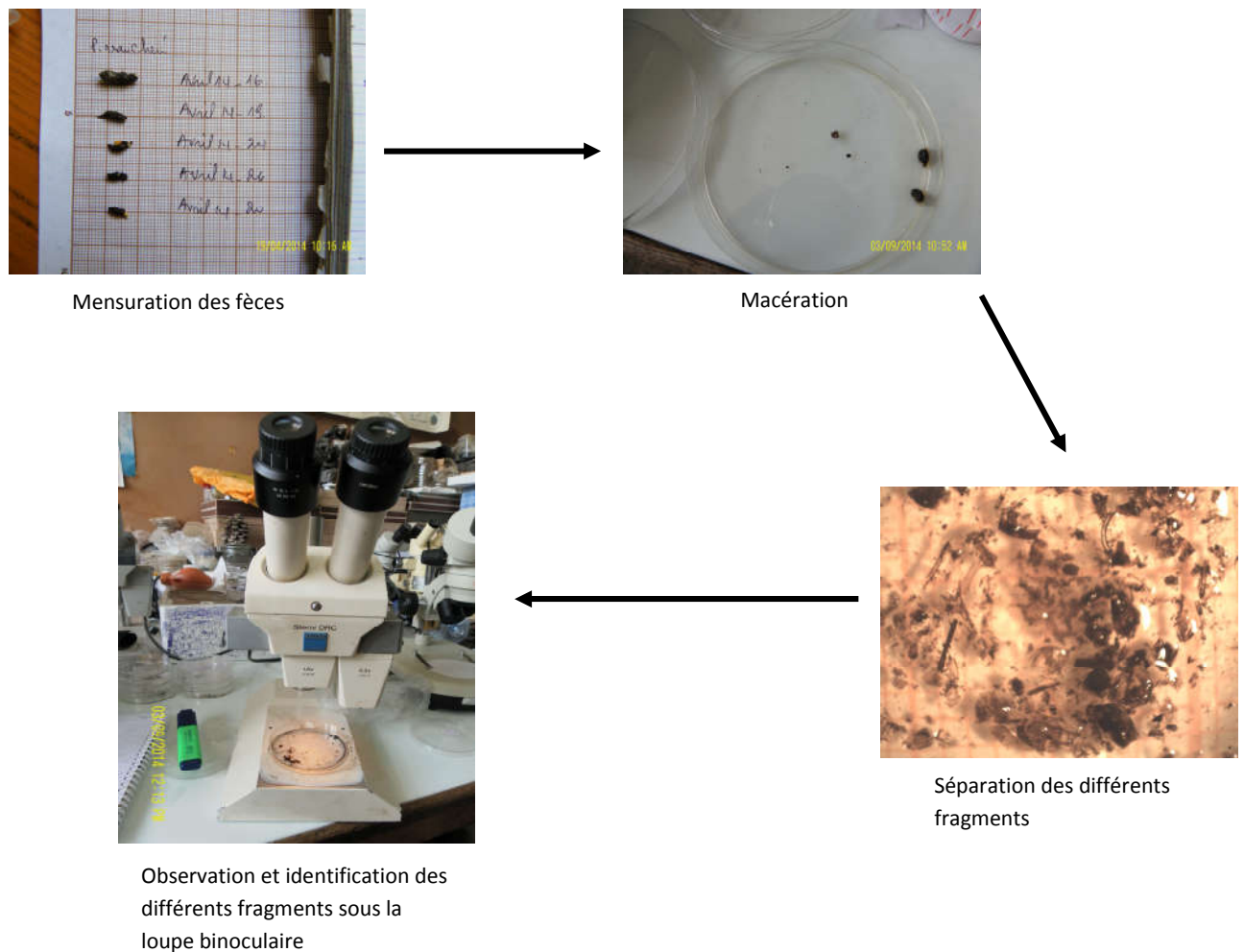
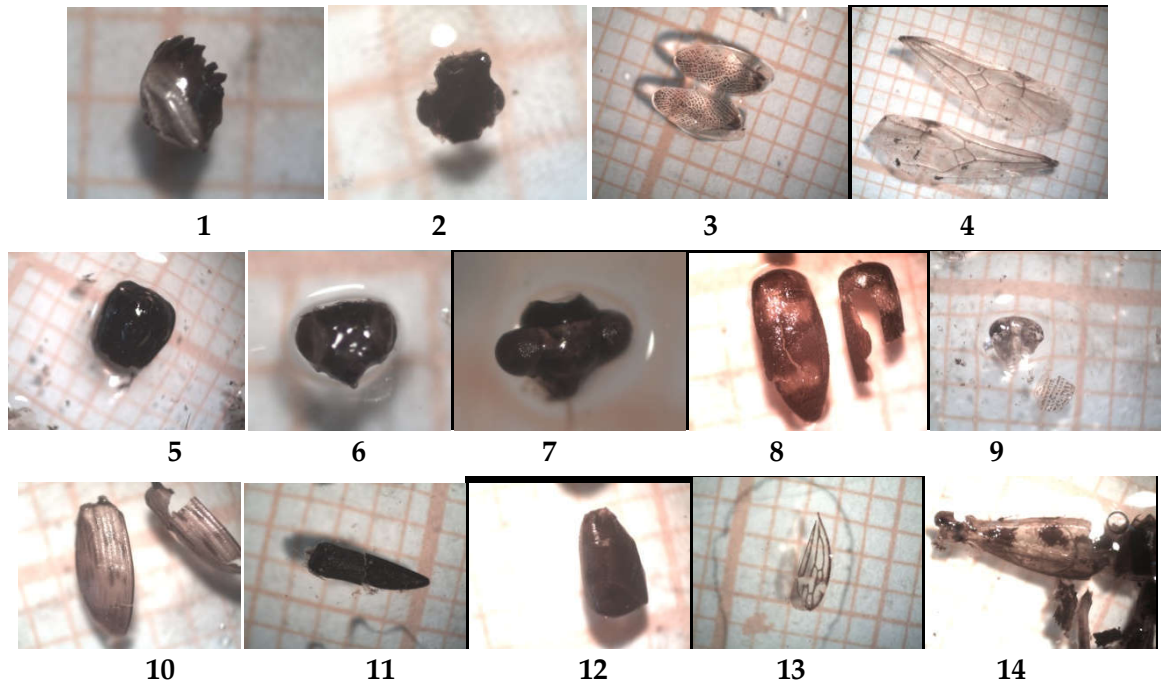


Figure 17: Différentes étapes d'analyse des fèces de *P. vaucheri*.





**Figure 18 : Fragments de quelques espèces d'insectes consommées par *P. vaucheri* de Tala Guilef**

1 : Mandibule de *Calliptamus* sp. ; 2 : Tête de *Bembidion* ; 3 : Ailes de *Blattidae* ; 4 : Ailes d'*Aphenogaster* sp. ; 5 : Tête de *Comptonotus cruentatus*; 6 : Tête de *Chrysis* sp. ; 7 : Tête de *Capsidae*; 8 : Ailes de *Dermestidae*; 9 : Tête d'*Ectobius* sp.; 10 : Ailes d'*Aphodius* sp. ; 11 : Aile *Buprestidae*; 12 : Aile *Quedius* sp. ; 13 : Aile *Cicadellidae*; 14 : Femur *Calliptamus* sp.

### C. Méthodes d'histologie

Cette partie a été réalisée au Laboratoire de biologie générale (Université Catholique de Lyon), Laboratoire de Reproduction et Développement comparé (Ecole pratique des Hautes Etudes).

Elle consiste à observer des coupes histologiques sous microscope pour bien poursuivre et décrire les changements internes des ovaires et testicules. Pour ce faire, 42 adultes de *Podarcis vaucheri* ont été sacrifiés (21 mâles et 21 femelles) à raison de 3 individus de chaque sexe, chaque mois, et cela tout au long du cycle d'activité de cette espèce, d'Avril à Octobre 2014.

#### 1. Fixation, inclusion et coupe

Les individus des deux sexes ont été pesés et mesurés du museau au cloaque (SVL) (Figure 19) et sont immédiatement fixés dans le formaldéhyde à 10% pour une durée de 24h. Après être disséquées les gonades mâles et femelles gauches ont été pesées et conservées dans l'éthanol à 70%, et le passage des tissus dans des bains d'éthanol de concentrations croissantes (70%, 95%, 100%) suivis d'un bain de butanol entraînent leur déshydratation, ensuite elles ont été incluses dans la paraffine, et enfin des

coupes transversales ont été réalisées de 5  $\mu\text{m}$  d'épaisseur à l'aide d'un microtome, qui sont ensuite collées sur les lames à l'albumine glycinée ou eau albumineuse pour l'histologie classique et l'albumine glycinée sur des lames super frost-plus pour l'étude immunohistochimique.



Figure 19 : Technique de mesure de la taille (SVL) d'un lézard.



Figure 20: Prélèvement de testicule de mai 2014 de *P. vaucheri*. Peser avec une balance de précision (à gauche), mettre dans le formaldéhyde (10%) pour 24h (à droite).



Figure 21 : Confection de blocs de paraffine (à gauche) et coupe au moyen du microtome (à droite).

## 2. Colorations classiques

Avant la coloration les coupes sont déparaffinées et hydratées. Cette opération permet une meilleure adhérence des coupes et chasse les bulles d'air qui ont pu être emprisonnées entre la lame et la coupe. Cette étape consiste à des passages dans:

- Cyclohexane pour 10 min x 2

- Ethanol à 95° pour 5 min
- Ethanol à 70° pour 1 min
- Et enfin un passage dans l'eau courante jusqu'à disparition du trouble.

### 2.1. Les colorations topographiques

Les coupes ainsi obtenues ont été colorées par l'Azan modifié pour les ovaires et par la coloration à l'hématoxyline-éosine pour les testicules.

- a. Coloration à l'Azan modifié : ce sont des colorations en rouge nucléaire qui permettent une mise en évidence fine de nombreuses structures histologiques.

Mode opératoire :

- Rouge nucléaire 15 min
- Rincer à l'eau
- Orange G molybdique : 5 min
- Bleu d'aniline : 2 à 5 min
- Laver à l'eau distillée (elle élimine du bleu)
- Ethanol à 95°

Le résultat de cette coloration, le noyau et certains cytoplasmes sont rouges, d'autres cytoplasmes sont jaunes ou gris, le collagène est bleu. Les sécrétions peuvent être de différentes couleurs selon leur nature. Les mucopolysaccharides acides sont bleus.

- b. Coloration hématoxyline-éosine : C'est une combinaison d'un colorant nucléaire (hématoxyline) et d'un colorant cytoplasmique (éosine)

Mode opératoire :

- Hématoxyline : 5 min,
- Rincer à l'eau courante,
- Eosine à 1% : 7 min,
- Rincer à l'eau courante.

Les résultats de cette coloration révèlent des noyaux colorés en bleu-noir (en marron si l'hématoxyline est épuisée), les cytoplasmes acidophiles en rose et certaines sécrétions restent incolores.

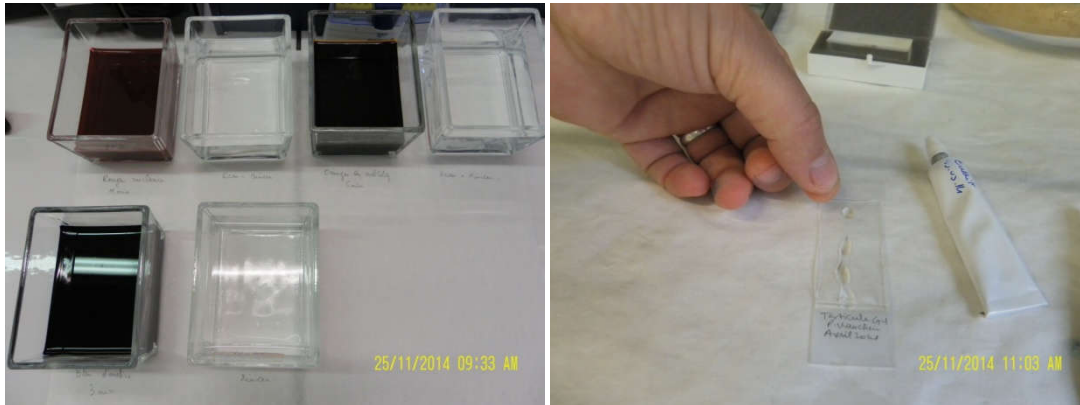


Figure 22: Méthode de coloration (à gauche) et montage des lames à l'Eukitt (à droite).

## 2.2. Les colorations histochimiques

Les colorations histochimiques permettent de mettre en évidence et de caractériser les composés chimiques présents dans le tissu. Des colorations à l'APS (Acide Périodique-Schiff) et Bleu alcian-APS ont été ainsi appliquées pour des coupes histologiques pour la détection des mucopolysaccharides dans les ovaires.

- a. Méthode à l'APS : la méthode consiste à oxyder par l'acide périodique les glucides qui libèrent alors des groupements aldéhyde CHO. Ces groupements ont la propriété de se combiner avec le réactif de Schiff qui prend alors une teinte rouge vif.

### Mode opératoire :

- Acide périodique : 10 min
- Eau courante : 10 min
- Réactif de Schiff : 10 min
- Eau courante : 10 min
- Hématoxyline de Groat : 5 min
- Eau courante : 5 min

Les résultats montrent que les composés APS positifs (mucopolysaccharides) sont rouges. Les grains de glycogène sont rouges et le collagène violet.

- b. Bleu alcian-APS : C'est une coloration combinée, qui permet de mettre en évidence les mucopolysaccharides simples et acides.

### Mode opératoire :

- Bleu alcian : 20 min
- Eau : rincer
- Acide périodique : 10 min
- Eau courante : 10 min
- Eau distillée : rincer

- Réactif de Schiff : 10 min
- Eau courante : 10 min
- Hématoxyline de Groat : 5 min
- Eau courante : 5 min
- Orange G- molybdique : 2 min
- Eau : rincer

Les mucopolysaccharides sont ainsi colorés du rouge au bleu, en passant par toutes les gammes du violet. Les noyaux sont brun-bleu, les cytoplasmes acidophiles jaunes, le collagène violet.

### 2.3. Déshydrations et montage

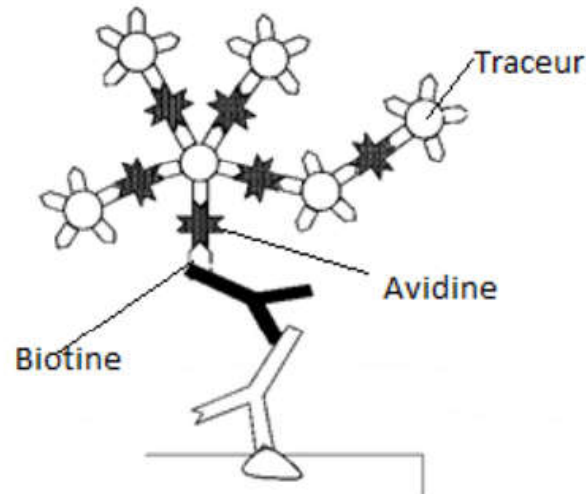
Une fois colorées, les lames sont trempées dans des bains successifs de :

- Ethanol à 70° : 2 min
- Ethanol à 95° : 5 min
- Ethanol à 100° : 5 à 10 min
- Butanol : 5 min
- Cyclohexane : 10 min.

Le montage a été réalisé entre lame et lamelle avec de l'Eukitt.

### 3. Immunohistochimie

L'immunohistochimie est une technique qui combine l'immunologie et l'histochimie, utilisée pour visualiser les molécules biologiques dans les tissus, grâce à leurs propriétés antigéniques. L'anticorps dirigé directement contre la molécule est appelé anticorps primaire. Des liaisons Ag-Ac1 sont ainsi formées. Afin de localiser ces liaisons, nous avons utilisé la technique de l'immunohistochimie par amplification. C'est une méthode indirecte utilisant le complexe Avidine Biotine Peroxydase (Figure 23). L'anticorps secondaire biotinylé (couplé à une molécule de biotine) reconnaît l'espèce où l'anticorps primaire a été produit. Il est ensuite fixé au complexe Avidine Biotine Peroxydase qui a une forte affinité pour la biotine. La présence de multiples sites de reconnaissance pour la biotine sur la molécule d'avidine va permettre sa fixation sur l'anticorps secondaire biotinylé et par conséquent l'intensification du signal.



**Figure 23:** Principe de l'immunohistochimie par amplification à l'avidine/biotine. (<http://www8.umoncton.ca/umcm-gauthier/didier/siitub/idetect.html>).

La technique est utilisée sur les ovaires de *P. vaucheri*, afin de rechercher les hormones stéroïdes (progestérone et 17- $\beta$  œstradiol) à différentes période de son cycle sexuel. Plusieurs dilutions des anticorps primaire ont été ainsi testées : 1/25, 1/50, 1/100, 1/200 et 1/400 pour l'anti-œstradiol. 1/50, 1/100, 1/200, 1/400 et 1/800 pour l'anti-progestérone.

#### Mode opératoire :

- Déparaffinage : Cyclohexane : 15 min x 2  
Ethanol 100° : 5 min  
Ethanol 96° : 5 min  
Ethanol 70° : 5 min  
Eau du robinet : 3 min  
P.B.S. 1X
- Essuyer autour des coupes et les entourer de résine hydrophobe (Dakopen®),
- Incuber les lames 45 min, avec agitation, dans H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (3%) dilué par P.B.S. 1X,
- Rincer 3 min au P.B.S. 1X,
- Appliquer le kit bloquant Avidine/biotine (solution Avidine 15 minutes, rinçage rapide dans le P.B.S. 1X et pour finir 15 minutes avec la solution Biotine),
- Rincer 3 min au P.B.S. 1X,
- Incuber 2 heures dans le sérum de cheval normal,
- Enlever l'excédent de sérum et appliquer l'anticorps primaire pour 2 heures,

- Rincer 2 x 3 min au P.B.S. 1X,
- Applique le mélange de l'anticorps secondaire pour 1 heure,
- Rincer 2 x 3 min au P.B.S. 1X,
- Appliquer le complexe Avidine-Peroxydase pour 30 à 45 min,
- Rincer 2 x 3 min au P.B.S. 1X,
- Révéler le marquage au NovaRed (kit ImmPACT®),
- Contre coloration avec un colorant nucléaire, Hématoxyline «QS » pour 3à à 45 secondes.

#### 4. Observation sous microscope photonique

Les coupes histologiques ainsi obtenues ont été examinées et photographiées en utilisant un microscope optique Nikon Eclipse E400, équipé d'une caméra Nikon digital DXM1200, reliée à un ordinateur de bureau dont est installé le logiciel Nis-Element BR 3.1 (Lucia software).

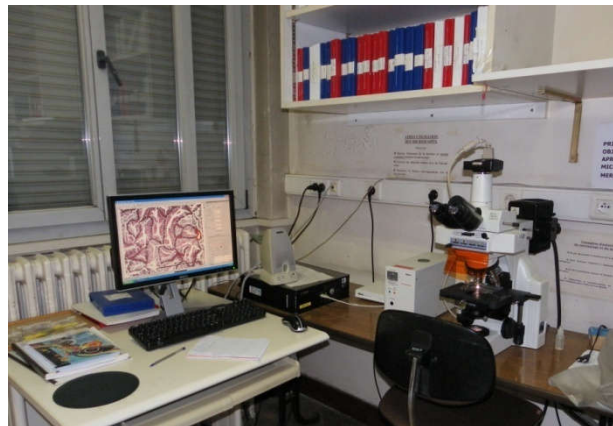


Figure 24 : Equipement d'observation et d'analyse des coupes histologiques (Laboratoire de biologie générale de Lyon).

### III.3. Traitement des données

#### a. Indices écologiques

Plusieurs modes complémentaires de traitement de données ont été utilisés afin de rendre compte des principales caractéristiques du peuplement herpétologique du secteur de Tala Guilef.

L'amplitude d'habitat mesure l'hétérogénéité de la distribution des individus dans un gradient végétal (Bara 1986). Ce paramètre traduit l'amplitude de la niche spatiale. Selon Blondel 1976, il est calculé suivant la Formule :

$$AH = e^{H'}$$

e : base des logarithmes népériens.

$$H' = -\sum P_i \cdot \log_2(P_i)$$

$P_i$  : est la proportion des individus de l'espèce dans le milieu  $i$ .

Ce paramètre varie de 1 à  $n$  (pour  $n$  milieux prospectés).  $H'$  vaut 1 quand l'espèce est présente dans un seul milieu et  $n$  quand l'espèce est répandue de manière égale dans les ( $n$ ) milieux.

De tous les indices écologiques, la formule de Shannon-Wiener, est probablement l'indice le plus utilisé qui exprime le mieux la diversité d'un peuplement. Il coordonne à la fois l'abondance et la richesse spécifique (Gray and Kennedy 1994). Il a pour expression :

$$H' = -\sum (n_i/N) \cdot \log_2 (n_i/N)$$

$n_i$  : Effectif de l'espèce du rang  $i$  ;  $N$  : Le nombre total des individus.

Il tend vers (0) quand le nombre d'espèces est faible et qu'une ou quelques espèces dominent, et il est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est élevé et l'abondance est répartie équitablement. Nous avons également calculé l'indice de Pielou  $J'$ , appelé indice d'équirépartition (Blondel 1979) ou régularité, pour accompagner l'indice de Shannon-Weaver. Les valeurs obtenues par le calcul de l'indice  $H'$  permettent de calculer l'indice d'équitabilité  $J'$  qui consiste de mettre en rapport la diversité mesurée à la diversité maximale. Il est défini comme suit:

$$J' = H' / H'_{\max}$$

Où :  $H'$  est l'indice de Shannon et  $H'_{\max} = \log^2(S)$

Cet indice rend compte de l'équirépartition des individus par espèce,  $J'$  varie entre 0 (dominance d'une seule espèce) et 1 (le nombre d'individus par espèce est presque le même).

Afin de caractériser le régime alimentaire de *P. vaucheri*, nous avons calculé la fréquence numérique (%N) et la fréquence d'occurrence (%P), ainsi que l'indice standardisé de Levin ( $B_A$ ) pour estimer sa diversité taxinomique. Les formules de calcul utilisées à cet effet sont :

$\%N = (p_i / p) \times 100$ , où ( $p_i$ ) est le nombre de proies d'une catégorie ( $i$ ) et ( $p$ ) est le nombre total de proies (Zaïme and Gautier 1989).

$\%P = (n_i / n) \times 100$ , où ( $n_i$ ) est le nombre de fèces contenant la catégorie de proie ( $i$ ) et ( $n$ ) est le nombre total de fèces.

Pour mieux illustrer l'importance de ses variations, les proies ont été définies selon le classement proposé par (Bigot and Bodot 1973):

- Proies constantes dont l'occurrence est égale ou supérieure à 50 %,
- Proies accessoires dont l'occurrence est comprise entre 25 et 50 %,



- Proies accidentelles dont l'occurrence est comprise entre 10 et 25 %,
- Proies très accidentelles dont l'occurrence est inférieure à 10 %.

$B_A = (B - 1) / (n - 1)$ , où (n) est le nombre de catégories de proies et (B) est l'indice de Levin calculé selon la formule :  $B = 1/\sum p_i^2$ , ( $p_i$ ) est la proportion de la catégorie (i). Cet indice traduit l'amplitude de la niche trophique. Quand sa valeur tend vers «zéro», il indique un régime spécialiste et quand elle tend vers « un », le régime est généraliste (Krebs 1999).

La similitude entre les régimes alimentaires (sexes, saisons, espèces) est étudiée en utilisant l'indice de Morisita-Horn (Horn 1966). Il est calculé par la formule :

$$C_H = \frac{2 \sum p_{ij} p_{ik}}{\sum p_{ij}^2 + \sum p_{ik}^2}$$

( $p_{ij}$ ) correspond à la proportion de la catégorie i dans le régime j et ( $p_{ik}$ ) à la proportion de la catégorie i dans le régime k. Ce paramètre varie de 0 pour deux régimes alimentaires totalement différents à 1 pour deux régimes identiques.

Pour comparer l'abondance des proies (OTUs) consommées avec celles disponibles dans le milieu, nous avons utilisé l'indice de sélectivité de ( $E^*$ ) de Vanderploeg and Scavia's (1979) :

$$W_i = (r_i/p_i) / \sum (r_i/p_i)$$

$$E^* = [W_i - (1/n)] / [W_i + (1/n)]$$

$W_i$  est appelé coefficient de sélectivité d'une catégorie alimentaire i, ( $r_i$ ) correspond à la proportion de la catégorie trophique i dans le spectre alimentaire et ( $p_i$ ) dans l'environnement et n le nombre d'OTUs. Les valeurs de  $E^*$  varient entre '-1' (préférence négative) et '1' (préférence positive).

## b. Méthodes statistiques

La normalité des données a été testée en utilisant le test de Shapiro-Wilks. Les comparaisons entre les différentes mesures prises sur les coupes histologiques ont été réalisées en utilisant le test non paramétrique de Kruskal-Wallis pour les femelles, et l'analyse de la variance ANCOVA pour les mâles. Les variations saisonnières ont été abordées en utilisant le test de Khi-deux pour comparer les fréquences relatives des OTUs et les testes non-paramétriques (Mann-Whitney et Kruskal-Wallis) pour la comparaison du nombre d'items par fèces.

Pour définir les groupements des espèces selon la répartition spatiale de leurs abondances, Nous avons opté pour une classification ascendante hiérarchique (CAH), en utilisant la méthode de Ward comme outil de mesure et la distance euclidienne comme unité.

Afin d'examiner la relation entre les proies ingérées et leur abondance, nous avons procédé au test de corrélation de Spearman entre la fréquence numérique (%N) et la fréquence d'occurrence (%P) des OTUs. Les variations saisonnières de la composition du spectre trophique sont abordées en utilisant le test de Chi carré ( $\chi^2$ ) pour étudier les différences dans la composition du spectre alimentaire entre les deux saisons considérées.

Dans le cadre de l'étude de biologie et d'écologie thermique chez *P. vaucheri*, nous avons procédé à une série de tests statistiques : Test de Student pour la comparaison des températures corporelles ( $T_b$ ) entre mâles et femelles et entre les femelles gestantes et non-gestantes, et l'analyse de la variance (ANOVA) pour analyser les variations de ( $T_b$ ) selon : l'heure de la journée, l'activité, microhabitat.

## Références

- Addar A, Dahmani-Megrerouche M. 2013. Apport de la cartographie des habitats forestiers dans l'évaluation d'indicateurs de biodiversité: cas du massif du Djurdjura. Taghit (Bechar): USTHB-FBS. pp. 286–292.
- Amrouche-Larabi L, Denys C, Boukhemza M, Bensidhoum M, Hamani A, Nicolas V, Larbi K, Mamou R. 2015. Inventaire des petits vertébrés terrestres de quelques localités du Nord Algérien. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*: 85–95.
- Amroun M, Bensidhoum M, Delattre P, Gaubert P. 2014. Feeding habits of the common genet (*Genetta genetta*) in the area of Djurdjura, north of Algeria. *Mammalia* 78.
- Arnold EN, Arribas Ó, Carranza S. 2007. *Systematics of the Palaearctic and Oriental lizard tribe Lacertini (Squamata: Lacertidae: Lacertinae), with descriptions of eight new genera*. Auckland, N.Z.: Magnolia Press.
- Arnold EN, Ovenden D. 2004. *Le guide herpéto* (Delachaux et Niestlé). Paris.
- Bara L., 1986 - Ecologie des araignées calcicoles de la région de Viroinval (Belgique). *Mémoire de la Société Belge d'Entomologie* 33: 15-24.
- Bigot L, Bodot P. 1973. Contribution à l'étude biocénotique de la garrigue à *Quercus coccifera* – Composition biotique du peuplement des invertébrés. *Vie et Milieu* 23: 229–249.
- Blondel J. 1976. L'influence des reboisements sur les communautés d'oiseaux, l'exemple du Mont Ventoux. *Annales des Sciences forestières* 33: 221–245.
- Bons J. 1959. Les lacertiliens du Sud-Ouest Marocain. Systématique, Répartition géographique, Ethologie, et Ecologie. *Fascicule Science Maroc* N° 18.
- Busack SD, Lawson R, Arjo WM. 2005. Mitochondrial DNA, allozymes, morphology and historical biogeography in the *Podarcis vaucheri* (Lacertidae) species complex. *Amphibia-Reptilia* 26: 239–256.
- Chopard L. 1943. Orthopteroïdes de l'Afrique du Nord, Coll. "Faune de l'empire français". Ed. Larousse, Paris.

- Carretero MA. 2004. From set menu to a la carte. Linking issues in trophic ecology of Mediterranean lacertids. *Italian Journal of Zoology* 71: 121–133.
- Carretero MA. 2008. An integrated Assessment of a group with complex systematics: the Iberomaghrebian lizard genus *Podarcis* (Squamata, Lacertidae). *Integrative Zoology* 3: 247–266.
- Carretero MA, Perera A, Harris DJ, Batista V, Pinho C. 2006. Spring diet and trophic partitioning in an alpine lizard community from Morocco. *African Zoology* 41: 113–122.
- Carretero MA, Roca V, Larbes S, Ferrero A, Jorge F. 2011. Intestinal helminth parasites of wall lizards, *Podarcis vaucheri* complex (Sauria: Lacertidae) from Algeria. *Journal of Herpetology* 45: 385–388.
- Derridj A. 1990. Etude des populations de *Cedrus atlantica* M. en Algérie. Thèse Doc. U.P.S. Toulouse.
- Fahd S. 1993. Atlas préliminaire des reptiles du Rif (Nord du Maroc). Thèse troisième cycle. Univ. Abdelmalek Essaâdi, Tétouan.
- Faurie C, Ferra C, Médori P, Dévaux J, Hemptinne J. L. 2006. Ecologie, approche scientifique et pratique. Edition Tec & Doc (Lavoisier), Paris.
- Gray R-D, Kennedy M. 1994. Perceptual constraints on optimal foraging; a reason for departures from the ideal free distribution? *Animal Behaviour* 47: 469–471.
- Hamdine WH, Thévenot M, Sellami M, De Smet K. 1993. Régime alimentaire de la genette (*Genettagenetta* Linné, 1758) dans le Parc national du Djurdjura, Algérie. *Mammalia* 57: 9–18.
- Horn H.S. 1966. Measurement of 'overlap' in comparative ecological studies. *American naturalist* 100: 419–424.
- Kaliontzopoulou A, Carretero MA, Llorente GA. 2012. Morphology of the *Podarcis* wall lizards (Squamata: Lacertidae) from the Iberian Peninsula and North Africa: patterns of variation in a putative cryptic species complex: Morphology of Iberian *Podarcis*. *Zoological Journal of the Linnean Society* 164: 173–193.
- Kaliontzopoulou A, Pinho C, Harris DJ, Carretero MA. 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: 779–800.
- Krebs C. 1999. *Ecological Methodology* (2nd ed). Benjamin Cummings.
- Krouchi F. 2010. Etude de la diversité de l'organisation reproductive et de la structure génétique du cédre de l'Atlas (*Cedrus atlanticus* Manetti) en peuplement naturel (Tala Guilef, Djurdjura nord-ouest, Algérie). Doctorat. Tizi Ouzou: Mouloud Mammeri.
- Larbes S, Carretero MA, Brito JC. 2007. Contribution à l'étude de la variabilité phénotypique du lézard des murailles *Podarcis* sp. dans deux régions d'Algérie du nord (Kabylie et Belezma). Marrakech (Morocco): T. Slimani (ed.).

- Le Galliard J-F, Le Bris M, Clobert J. 2003. Timing of locomotor impairment and shift in thermal preferences during gravidity in a viviparous lizard. *Functional Ecology* 17: 877–885.
- Lespès R. 1909. Le climat de la Kabylie du Djurdjura. *Annales de Géographie* 18: 24–33.
- Lima A, Pinho C, Larbes S, Carretero MA, Brito JC, Harris DJ. 2009. Relationships of *Podarcis* wall lizards from Algeria based on mtDNA data. *Amphibia-Reptilia* 30: 483–492.
- Mamou R. 2016. Inventaire des Amphibiens et Reptiles du secteur de Tala Guilef (Parc National du Djurdjura), Algérie. *Afrique science* 12: 191–204.
- Mamou R, Boissinot A, Bensidhoum M, Amroun M, Marniche F. 2014. Inventaire de l'herpétofaune du sud de la Kabylie (Bouira et Bordj Bou Arreridj). Algérie. *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie* 23: 259–273.
- Marniche F. 2011. Bioécologie et impact des Meropidae dans un milieu agricole. Doctorat. El Harrache- Alger: Ecole nationale supérieure d'agronomie.
- Merabet S. 2014. Inventaire des arthropodes dans trois stations au niveau de la forêt de Darna (Djurdjura). Magister. Tizi Ouzou: Mouloud Mammeri.
- Oliverio M, Bologna MA, Mariottini P. 2000. Molecular biogeography of the Mediterranean lizards *Podarcis* Wagler, 1830 and Teira Gray, 1838 (*Reptilia, Lacertidae*). *Journal of Biogeography* 27: 1403–1420.
- Perrier R. 1927. La faune de la France illustrée. Coléoptères. Ed. Delagrave, Paris, Tome 5.
- Perrier R, Delphy F. 1932. La faune de la France illustrée. Coléoptères. Ed. Delagrave, Paris, Tome 6.
- Perrier R. 1979. La faune de la France illustrée. Hémiptères, Anoploures, Mallophages, Lépidoptères. Ed. Delagrave, Paris, Tome 4.
- Renoult JP, Geniez P, Beddek M, Crochet P-A. 2010. An isolated population of *Podarcis vaucheri* (Sauria: Lacertidae) in south-eastern Spain: genetic data suggest human-mediated range expansion. *Amphibia-Reptilia* 31: 287–293.
- Schleich H-H, Kästle W, Kabisch K. 1996. *Amphibians and reptiles of North Africa: biology, systematics, field guide*. Koenigstein, Germany: Koeltz Scientific Books.
- Sneath PHA, Sokal RR. 1973. *Numerical Taxonomy* (Freeman and Company). San Francisco.
- Vanderploeg HA, Scavia D. 1979. Calculation and use of selectivity coefficients of feeding: Zooplankton grazing. *Ecological Modelling* 7: 135–149.
- Zaïme A, Gautier J-Y. 1989. Comparaison des régimes alimentaires de trois espèces sympatriques de Gerbillidae en milieu saharien, au Maroc. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 44: 153–163.

#### Site internet

[http://www8.umoncton.ca/umcm-gauthier\\_didier/siitub/idetect.html](http://www8.umoncton.ca/umcm-gauthier_didier/siitub/idetect.html)

# **RESULTATS ET DISCUSSION**

**- I -**

**INVENTAIRE DE  
L'HERPETOFAUNE DE  
TALA GUILEF**

Avant d'entamer notre suivi en 2014 sur la population du lézard des murailles *Podarcis vaucheri* de Tala Guilef, nous avons effectué plusieurs sorties dans le Djurdjura en 2013, dans le but de comprendre les conditions de cohabitation avec les autres espèces de reptiles, surtout les Lacertidae. Dans la même démarche, nous avons réalisé de manière précise un inventaire de l'herpétofaune du secteur de Tala Guilef en 2014, en prospectant différents types de milieux, ce qui nous a permis dans un premier temps d'apporter les premières données sur les Amphibiens et Reptiles de cette région, mais surtout de caractériser les milieux de vie de *P. vaucheri* et de confirmer ainsi son existence en sympatrie avec d'autres espèces de Lacertidae comme : *Psammodromus algirus*, *Timon pater* et *Chalcides ocellatus*.

Article 1

**Inventaire des Amphibiens et Reptiles du secteur de Tala Guilef (Parc National du Djurdjura), Algérie**

Rabah MAMOU

*Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques,  
Université Mouloud MAMMERY, 15000 Tizi Ouzou, Algérie  
Correspondance, e-mail : [mamou.rabah@yahoo.fr](mailto:mamou.rabah@yahoo.fr)*

**Publié dans *Afrique SCIENCE* : 12(1) (2016) 191 - 204**



## **Inventaire des Amphibiens et Reptiles du secteur de Tala Guilef, Parc National du Djurdjura, Algérie**

**Rabah MAMOU**

*Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud MAMMERI,  
15000 Tizi Ouzou, Algérie*

---

\* Correspondance, courriel : [mamou.rabah@yahoo.fr](mailto:mamou.rabah@yahoo.fr)

### **Résumé**

Cette étude présente les résultats préliminaires de l'inventaire des Amphibiens et Reptiles du secteur de Tala Guilef (Parc national du Djurdjura, Algérie), et cela durant la saison 2014. Nos prospections ont mis en évidence l'existence de 15 espèces dans ce secteur (3 Amphibiens et 12 Reptiles). Elles sont essentiellement d'origine Ibero-maghrébines (5 espèces) et méditerranéennes (4 espèces), ce qui peut s'expliquer par l'histoire paléogéographique du bassin méditerranéen. Le statut local de ces espèces est mal connu, les menaces et les problèmes de conservation sont ainsi discutés. L'examen des valeurs de l'amplitude d'habitat a montré que la nature du milieu joue un rôle important dans la répartition spatiale de l'herpétofaune locale et dans le choix des habitats. Le dendrogramme résultant de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des habitats prospectés met en évidence la présence de 3 groupes : Le groupement de chêne (A, B, C) qui se distingue surtout grâce à des espèces inféodées à ses milieux, le deuxième groupement (F et H) se caractérise par des effectifs élevés en Lézard et enfin les milieux D, E et G, qui sont moins attractifs pour ces animaux, car les ressources (Insectes, températures et/ou rayonnement solaire, gîtes, placettes d'exposition, etc.) sont limitées.

**Mots-clés :** *Amphibiens, Reptiles, biodiversité, Tala Guilef, Djurdjura.*

### **Abstract**

#### **Inventory of Amphibians and Reptiles of Tala Guilef sector (Djurdjura National Park), Algeria**

This study presents the preliminary results of the inventory Amphibians and Reptiles from Tala Guilef sector (Djurdjura National Park, Algeria), and this during the season 2014. Our surveys have highlighted the existence of 15 species in this sector (3 Amphibians and Reptiles 12). They are essentially Ibero-Maghrebian origin (5 species) and Mediterranean (4 species), which can be due to the paleogeographic history of the Mediterranean basin. The local status of these species is poorly known, threats and conservation problems are discussed. Examination of habitat amplitude values showed that the type of medium has an important role in the spatial distribution of local Herpetofauna and in the selection of habitats. Dendrogram arising from the Hierarchical Ascendant Classification (HAC) different habitats study shows the presence of three groups : The oak group (A, B, C) which is distinguished by the presence of species restricted to its environment, the second (F and H) is characterized by high numbers in Lizard and finally the biotopes D, E and G which are less attractive to these animals, because resources are limited.

**Keywords :** *Amphibians, Reptiles, biodiversity, Tala Guilef, Djurdjura*

**Rabah MAMOU**

## 1. Introduction

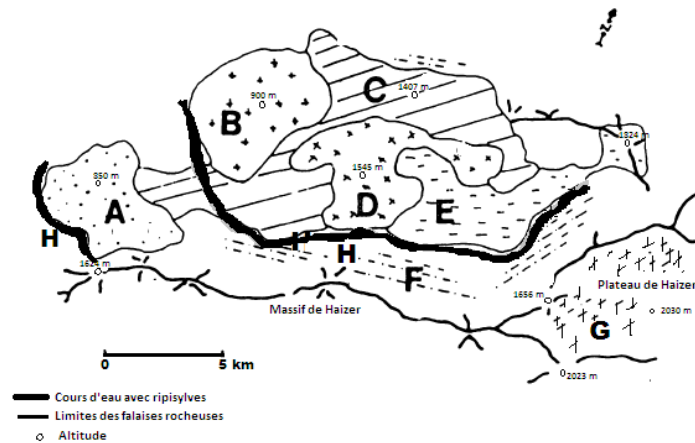
Les espèces animales et végétales menacées aujourd'hui de disparition, le sont, à cause de différents facteurs liés essentiellement à la dégradation de leur habitat par les activités humaines. Les régions montagneuses d'Afrique du Nord révèle aujourd'hui une croissance démographique continue associée à une économie rurale très conservatrice, souvent déconnecté des marchés extérieurs [1]. C'est le cas du massif du Djurdjura où les pratiques humaines telles que le surpâturage et la surfréquentation des visiteurs moins conscients des enjeux environnementaux, exercent une pression sur la faune et la flore de cette région. Concernant les Amphibiens et les Reptiles, un déclin mondial des populations a été observé depuis quelques décennies sur différents continents, incluant même plusieurs aires protégées [2, 3]. Pour remédier à cette perte de biodiversité, il est impératif de prendre en compte la présence de ces deux groupes dans la gestion de nos territoires. L'Algérie est, de par sa superficie, le plus grand pays du pourtour méditerranéen et le deuxième plus vaste pays d'Afrique après le Soudan. Le pays accueille une grande hétérogénéité de ses milieux naturels, particulièrement favorable à l'herpétofaune [4]. Jusqu'à aujourd'hui, cette faune reste mal connue, la majorité des données sont anciennes et reposent sur un petit nombre d'observations. Actuellement, l'Algérie connaît une stagnation dans ce domaine de recherches, contrairement à ses voisins tunisiens et marocains [5].

Selon les mêmes auteurs, ceci peut s'expliquer par l'importante superficie de notre pays qui décourage les chercheurs d'une part et aussi par le faible intérêt que portent nos chercheurs à ce type de recherche. La raréfaction de certains taxons, surtout la fragmentation et la destruction de leurs habitats justifient amplement l'initiative de notre étude qui consiste à analyser la composition et la structure de l'herpétofaune du secteur de Tala Guilef (Parc national du Djurdjura- Kabylie). Bien que, considérée comme une zone protégée, le parc national du Djurdjura est soumis à l'action conjuguée de la pression anthropique et climatique. Face à de tels changements dans leur environnement et vue leur caractère poïkilotherme, les Amphibiens et les Reptiles deviennent vulnérables et sont ainsi menacées de disparition, si les mesures nécessaires ne sont pas engagées. Cet inventaire a été réalisé dans le but de fournir un état des lieux sur la composition taxonomique et la distribution des Amphibiens et Reptiles se trouvant dans ce secteur. Ces connaissances permettraient certainement de reconnaître et d'évaluer au mieux la biodiversité herpétologique de ces deux groupes afin de pouvoir aboutir à de meilleures mesures de protection et de conservation.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Site d'étude et variables environnementales

Tala Guilef est localisée sur le versant nord du Djurdjura et dépend de la commune de Boghni. Elle est située à 45 km au sud-ouest de la wilaya de Tizi Ouzou et 145 km environ à l'est d'Alger. Elle est caractérisée par un climat de type méditerranéen, mais influencé aussi par l'altitude. Ainsi, Tala Guilef appartient à l'étage bioclimatique perhumide à variante fraîche, caractérisé par des pluies abondantes durant les saisons froides (Octobre à Juin), et une sécheresse relativement courte (Juillet et Août). Les chutes de neige ont lieu à partir du mois de novembre et persistent, selon les années, jusqu'au mois de mai et quelquefois jusqu'à juin.



**Figure 1 : Différentes formations végétales du secteur de Tala Guilef (Parc national du Djurdjura), [6] modifiée**

*A : Subéraie, B : Maquis à chêne vert, C : Chênaie, D : Forêt mixte, E : Cédraie, F : Pelouse rocailleuse, G : Pelouses sommitales, H : Ripisylves*

Durant cette étude, nous avons prospecté les groupements végétaux déjà définis par [6], et à ceux-là nous avons ajouté deux types de biotopes (pelouse rocailleuse et la ripisylves), qui nous semblent attractifs aux Amphibiens et aux Reptiles.

- A. Chênaie avec sous-bois : correspond à la forêt de chêne vert (*Quercus ilex*) dont le sous-bois est composé essentiellement de : Cytise (*Cytisus triflorus*), Ronce (*Rubus ulmifolius*) et quelques sujets d'Aubépine (*Crataegus monogyna* et *Crataegus laciniata*),
- B. Suberaie : Correspond à une forêt de chêne liège (*Quercus suber*) qui se situe en amont du village d'Ait Ali. Très localisée à Tala-Guilef, elle fait son apparition à partir de 900 m d'altitude, et s'étend jusqu'à 1100 m d'altitude où elle est en mélange avec le chêne vert [7]. Le sous-bois est surtout composé du Genêt (*Genista tricuspidata*), Cytise épineux (*Calicotome spinosa*) et du Pistachier térébinthe (*Pistacia terebinthus*),
- C. Maquis à chêne vert sans sous-bois, avec quelques sujets dispersés de Cytise (*Cytisus triflorus*),
- D. Cédraie : Forêt de cèdre (*Cedrus atlanticus*) sans sous-bois, mis à part quelques sujet de houx (*Ilex aquifolium*). Elle s'étend le long de la ligne de crête de Tala Guilef jusqu'au pic du cèdre. Vu le taux de recouvrement élevé dans ce biotope, nos investigations ont été réalisées dans la cédraie ouverte située dans le deux revers de la ligne de crête.
- E. Formation mixte à chêne vert et la chênaie sans sous-bois : située entre la cédraie et la chênaie,
- F. Pelouses sommitales : situées vers le plateau de Haizer, caractérisées par la présence de quelques sujets de cèdre (*Cedrus atlanticus*), If commun (*Taxus baccata*), Sorbier (*Sorbus aria*), Génévrier (*Juniperus communis*), Epine-vinette d'Espagne (*Berberis hispanica*), Prunier couché (*Prunus prostrata*), Aubépine (*Crataegus laciniata*), Absinthe (*Artemisia absintium*), Astragale vulnérant (*Astragalus armatus*), Buplèvre épineux (*bupleurum spinosum*)
- G. Pelouse rocailleuse : Situé au-dessous du pied glacier. Il est caractérisé par la présence de toutes les tailles de rocaille et parfois d'énormes rochets (80 %), provenant du massif de Haizer. Il est caractérisés par une végétation buissonnante dont on retrouve : l'Aubépine (*Crataegus monogyna* et *Crataegus laciniata*), Ronce (*Rubus ulmifolius*), Églantier des chiens (*Rosa canina*), Églantier nain (*Rosa sicula*), Prunier couché (*Prunus prostrata*) et Epine-vinette d'Espagne (*Berberis hispanica*).

Dans la strate herbacée on retrouve essentiellement : Anthémis (*Anthemis kabilica*), Absinthe (*Artemisia absintium*), Astragale vulnérant (*Astragalus armatus*), Panicaut à trois épines (*Eringium tricuspedatum*), Euphorbe (*Euforbia luteola*), Férule commune (*Ferula communus*).

H. Cours d'eau : situé entre la cédraie et le milieu rocailleux. Ce milieu est caractérisé par une végétation dense de type ripisylves, dont on rencontre : l'Erable de Montpellier (*Acer monspessulanum*), Aulne (*Alnus glutinosa*), Ronce (*Rubus ulmifolius*), Saule blanc (*Salix alba*), Peuplier noire (*Populus nigra*), Aubépine (*Crataegus laciniata*), Polypode commun (*Polypodium vulgare*), Menthe des champs (*Mentha arvensis*), Menthe Pouliot (*Mentha pulegium*), Inule visqueuse (*Inula viscosa*) et la Capillaire des murailles (*Asplenium trichomanes*).

## 2-2. Méthodes

L'étude a été réalisée depuis le mois d'avril au mois d'octobre 2014. Cette période correspond à l'activité biologique des Amphibiens et Reptiles qui hivernent pendant 4 à 5 mois, de novembre à mars. Les prospections ont eu lieu le jour, principalement par beau temps, favorable à l'activité de ces ectothermes [8]. Les observations reposent sur deux méthodes de prospection : La première méthode consiste en une visite des sites à priori favorables, grâce à une marche lente et silencieuse, ponctuée de fréquents arrêts [9]. Ainsi, les individus sont observés directement et/ou grâce aux indices de présence tels que : les terriers, les mues, les fèces etc. La seconde méthode consiste à rechercher les animaux cachés en fouillant les gîtes, en soulevant des pierres, troncs morts etc.

## 2-3. Identification des espèces

Pour aboutir au nom vernaculaire et scientifique de l'animal, nous avons utilisé la morphologie externe directement accessible. A cet effet, nous avons eu recours aux ouvrages de [10-18].

### 2-3-1. Analyse des données

Plusieurs modes complémentaires de traitement de données ont été utilisés afin de rendre compte des principales caractéristiques du peuplement herpétologique du secteur de Tala Guiléf. L'amplitude d'habitat mesure l'hétérogénéité de la distribution des individus dans un gradient végétal [19]. Ce paramètre traduit l'amplitude de la niche spatiale. Selon [20] il est calculé suivant la **Formule** :

$$AH = e^{H'} \quad (1)$$

*e* : base des logarithmes népériens

$$H' = -\sum P_i \cdot \text{Log}_2(P_i) \quad (2)$$

*P<sub>i</sub>* : est la proportion des individus de l'espèce dans le milieu *i*.

Ce paramètre varie de 1 à n (pour n milieux prospectés). AH vaut 1 quand l'espèce est présente dans un seul milieu et n quand l'espèce est répandue de manière égale dans les (n) milieux. De tous les indices écologiques, la formule de Shannon-Wiener [21], est probablement l'indice le plus utilisé qui exprime le mieux la diversité d'un peuplement. Il coordonne à la fois l'abondance et la richesse spécifique [22]. Il a pour expression :

$$H' = -\sum (n_i/N) \cdot \text{Log}_2(n_i/N) \quad (3)$$

*n<sub>i</sub>* : Effectif de l'espèce du rang *i* ; *N* : Le nombre total des individus.

Il tend vers (0) quand le nombre d'espèces est faible et qu'une ou quelques espèces dominent, et il est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est élevé et l'abondance est répartie équitablement. Nous avons également calculé l'indice de Pielou  $J'$ , appelé indice d'équirépartition [23] ou régularité [24] accompagne l'indice de Shannon-Weaver. Les valeurs obtenues par le calcul de l'indice  $H'$  permettent de calculer l'indice d'équitabilité  $J'$  qui consiste de mettre en rapport la diversité mesurée à la diversité maximale [25]. Il est défini comme suit :

$$J' = H' / H'_{max} \tag{4}$$

Où :  $H'$  est l'indice de Shannon et  $H'_{max} = \log_2(S)$

Cet indice rend compte de l'équirépartition des individus par espèce,  $J'$  varie entre 0 (dominance d'une seule espèce) et 1 (le nombre d'individus par espèce est presque le même). Pour définir les groupements des espèces selon la répartition spatiale de leurs abondances, Nous avons opté pour une classification ascendante hiérarchique (CAH), en utilisant la méthode de Ward comme outil de mesure et la distance euclidienne comme unité.

### 3. Résultats et discussion

#### 3-1. Composition herpétofaunistique de la zone d'étude

La liste faunique ainsi que le nombre d'individus observés pour chaque type de milieu sont résumés dans le **Tableau 1**. Ce sont 15 espèces qui ont été répertoriées dans notre zone d'étude : 3 Amphibiens et 12 Reptiles.

**Tableau 1** : Abondance des espèces contactées sur les huit milieux prospectés dans le secteur de Tala Guilef

Espèce	A	B	C	D	E	F	G	H
<i>Salamandra algira</i>	3	2	-	-	-	-	-	-
<i>Bufo spinosus</i>	1	1	1	-	-	-	-	-
<i>Discoglossus pictus</i>	-	-	-	-	-	2	-	3
<i>Tarentola mauritanica</i>	-	-	-	-	2	4	-	-
<i>Chalcides ocellatus</i>	-	2	-	-	-	6	-	-
<i>Chalcides mertensi</i>	-	-	-	-	-	-	4	-
<i>Podarcis vaucheri</i>	6	5	8	3	3	34	-	18
<i>Psammotriton algirus</i>	2	3	4	1	1	10	-	5
<i>Timon pater</i>	1	-	2	-	-	3	-	2
<i>Malpolon monspessulanus</i>	-	-	-	-	2	-	-	-
<i>Coronella girondica</i>	-	-	-	-	-	1	1	-
<i>Natrix natrix</i>	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Natrix maura</i>	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Vipera latastei</i>	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Hemorrhois hippocrepis</i>	1	-	-	-	-	-	-	-

A : Subéraie, B : Maquis à chêne vert, C : Chênaie, D : Forêt mixte, E : Cédraie, F : Pelouse rocailleuse, G : Pelouses sommitales, H : Ripisylves

Les Amphibiens sont les moins représentés dans le secteur de Tala Guilef. Ils sont répartis en deux ordres : Anoura représenté par deux espèces : *Bufo spinosus*, appartenant à la famille des Bufonidae et *Discoglossus pictus* qui appartient à la famille des Discoglossidae. L'ordre des Caudata est représenté par une seule espèce : *Salamandra algira* qui appartient à la famille des Salamandridae. Par ailleurs, les Reptiles sont les plus répandus dans ce secteur. Ils appartiennent à l'ordre des Squamata qui est représenté par 12 espèces couvrant 2 Sous-ordres : les Sauria avec 3 familles différentes : les Lacertidae (*Podarcis vaucheri*, *Psammmodromus algirus* et *Timon pater*), les Gekkonidae (*Tarentola mauritanica*) et les Scincidae (*Chalcides ocellatus* et *Chalcides mertensi*). Le sous-ordre des Ophidia (serpents) est composé de 2 familles : les Colubridae (*Malpolon monspessulanus*, *Coronella girondica*, *Natrix natrix*, *Natrix maura* et *Hemorrhoids hippocrepis*) et les Vipéridae (*Vipera latastei*). D'après l'analyse des données concernant l'abondance des espèces, on remarque que les Sauria sont les mieux représentés dans la région étudiée. Les Ophidia sont les moins rencontrés, et leurs abondances absolues ne dépassent pas 2 espèces/milieu. Parmi les Sauria, ce sont deux Lacertidae qui dominent nos observations : *Podarcis vaucheri* et *Psammmodromus algirus*.



**Figure 2 :** Quelques espèces d'Amphibiens et de Reptiles rencontrées dans le secteur de Tala Guilef

### 3-2. Structure du peuplement

#### 3-2-1. Amplitude d'habitat herpétologique de Tala Guilef

L'amplitude d'habitat calculée pour chaque espèce figure dans le **Tableau 2**. Les plus grandes amplitudes d'habitat correspondent à celles de *P. vaucheri* (AH = 6,98) et *Ps. algirus* (AH = 6,69). Avec des abondances très variables, ils occupent la plus large gamme d'habitats, excepté le milieu G (Pelouses sommitales). Juste après vient *T. pater* avec une valeur AH = 5,77. *P. vaucheri* fréquente une grande variété de biotopes, dans tous les étages bioclimatiques. Cet excellent grimpeur affectionne principalement le substrat rocheux mais aussi une certaine humidité. Il fréquente aussi des zones urbanisées où il affectionne les murailles bien ensoleillées [14]. Selon [15] *Ps. algirus* occupe les régions humides et semi-arides ; ubiquiste, il vit dans une grande variété de biotopes, pourvu qu'il y a suffisamment de lumière. Concernant le Lézard ocellé *T. pater*, il fréquente souvent des matorrals, principalement à *Cistus monspeliensis*, avec une couverture végétale assez dense variant entre 45 % et 80 %, et haute de 0,5 à 1 m, généralement à proximité d'un point d'eau [14].

**Tableau 2 : Amplitude d'habitat des espèces d'Amphibiens et Reptiles recensées**

Espèce	AH
<i>Salamandra algira</i>	4,30
<i>Bufo spinosus</i>	4,88
<i>Discoglossus pictus</i>	2,64
<i>Tarentola mauritanica</i>	2,50
<i>Chalcides ocellatus</i>	2,25
<i>Chalcides mertensi</i>	1
<i>Podarcis vaucheri</i>	6,98
<i>Psammodromus algirus</i>	6,69
<i>Timon pater</i>	5,77
<i>Malpolon monspessulanus</i>	1
<i>Coronella girondica</i>	2,72
<i>Natrix natrix</i>	1
<i>Natrix maura</i>	1
<i>Hemorrhois hippocrepis</i>	1
<i>Vipera latastei</i>	1

Les valeurs moyennes s'écartent légèrement de celle de *T. pater*. Elles sont attribuées à *Bufo spinosus* (AH = 4,88) et *Salamandra algira* (AH = 4,30). *B. spinosus* est considérée comme espèce paléarctique très hygrophiles qui occupe essentiellement les forêts à chêne [26], sa répartition fragmentaire est surtout associée aux milieux montagneux [27]. Concernant *S. algira*, elle habite surtout les milieux fermés des forêts méditerranéennes, thermiques ou mesothermiques (altitudes de 0 à 1400 m), composés de : *Quercus suber*, *Q. faginea*, *Q. canariensis*, *Q. halepensis*, *Pinus phoenicea*, *Juniperus phoenicea* et *Tetraclinis articulata*, ainsi que les forêts méditerranéennes situées en altitude (1400-1800 m), composés de cèdre d'atlas (*Cedrus atlantica*) et de sapin marocain (*Abies maroccana*) [28]. Cependant, les espèces les moins abondantes et les plus exigeantes sur le plan écologique ont des valeurs plus faibles de ce paramètre, c'est le cas du reste des espèces.

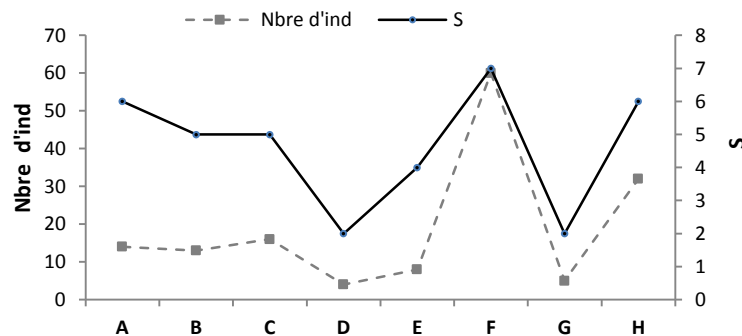
### 3-2-2. Diversité

Quatre indices écologiques sont utilisés pour décrire et comparer la diversité de huit peuplements étudiés dans le secteur de Tala Guilef. Les résultats respectifs sont consignés dans le **Tableau 3**.

**Tableau 3 :** Richesse spécifique totale ( $S$ ), indice de diversité de Shannon ( $H'$ ), diversité max ( $H_{max}$ ) et équirépartition de Piélou ( $J'$ ) des peuplements recensés dans les différents types d'habitats

Milieu Indice	A	B	C	D	E	F	G	H
<b>S</b>	6	5	5	2	4	7	2	6
<b>H'</b>	2,22	2,13	1,85	0,81	1,91	1,97	0,72	1,96
<b>Hmax</b>	2,32	2,58	2,585	1,00	2,00	2,58	1,00	2,81
<b>J'</b>	0,95	0,83	0,71	0,81	0,95	0,76	0,72	0,70

Les 152 individus recensés et les 15 espèces identifiées sont inégalement répartis entre les 8 milieux prospectés dans le secteur de Tala Guilef. En observant la courbe de la **Figure 3**, on remarque que le nombre d'individus suit la même trajectoire que la richesse spécifique. Ceci se confirme grâce à une analyse statistique au moyen du test non-paramétrique de Spearman, qui montre une corrélation positive significative ( $r_s = 0,915$ , P-value = 0,001). Ce qui nous mène à conclure que les milieux les plus riches en espèces sont ceux qui présentent des densités importantes.



**Figure 3 :** Variation de la richesse spécifique totale ( $S$ ) et le nombre total d'individus dans les 8 milieux étudiés

Les milieux F (Pelouse rocailleuse) et H (Ripisylves) sont caractérisés par une richesse spécifique élevée, respectivement de : 7 et 6 espèces. Mais aussi par de grands nombres d'individus : 60 et 32 individus respectivement. Ceci peut s'expliquer par l'augmentation considérable de l'abondance des lézards dans ces deux biotopes. Ainsi, leur observation sur le terrain nous permet de comprendre comment ces ectothermes exploitent les trois composantes essentielles de leur niche écologique, à savoir : trophique, spatiale et thermique. Vu son exposition et sa physionomie, le milieu F est caractérisé par une riche entomofaune et offre une multitude de microhabitats, qui permettent à ces animaux de se cacher contre les prédateurs, se reposer et aussi se réchauffer (comportement de thermorégulation). De plus, il est situé à proximité du cours d'eau (**Figure 1**), ce qui permet aux lézards de se déplacer facilement, pendant les heures et/ou les journées les plus chaudes, vers le milieu H, afin de se rafraîchir et s'approvisionner en eau (obs. pers.). Suivis par les milieux A (Subéraie), B (Maquis à chêne vert) et C (Chênaie) avec des richesses spécifiques



quasi similaires, et des valeurs moyennes en nombre d'individus recensé (13, 13 et 17 individus, respectivement).

Enfin, Les milieux D (Forêt mixte), E (Cédraie) et G (Pelouses sommitales) présentent les valeurs les plus faibles de ces deux paramètres. Les deux premiers milieux (D et E) sont caractérisés par une strate arborée dense, qui limite le passage du rayonnement solaire, indispensable pour la thermorégulation de ces ectothermes, mais aussi empêche le développement des espèces proies, surtout les insectes. Concernant le milieu G situé en altitude, nous avons rencontré un serpent (*Coronella girondica*) qui préfère les zones rocailleuses pour se réfugier dans les failles et quatre individus de *Chalcides mertensi* qui grâce à son comportement fouisseur, peut supporter les températures basses. Mis à part le milieu D ( $H' = 0,81$ ) et G ( $H' = 0,72$ ) où le nombre d'espèces contactées est très réduit (2 espèces dans chaque milieu), ce qui justifie les faibles valeurs de l'indice de Shannon, les peuplements étudiés révèlent une diversité moyenne. Ceci dit, les milieux qui présentent un grand nombre global d'individus ne sont pas forcément les plus diversifiés. Comme c'est le cas des peuplements F et H, où les valeurs de  $H'$  ne dépassent pas 2, car ce sont des habitats fréquentés essentiellement par les Lézards.

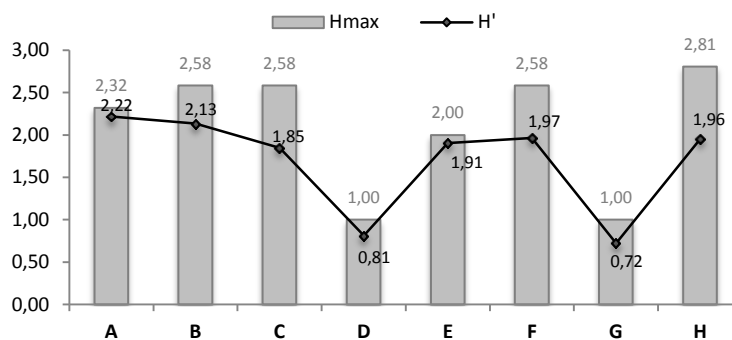


Figure 4 : Variation spatiale de l'indice de diversité de Shannon ( $H'$ ) et de la diversité max ( $H_{max}$ )

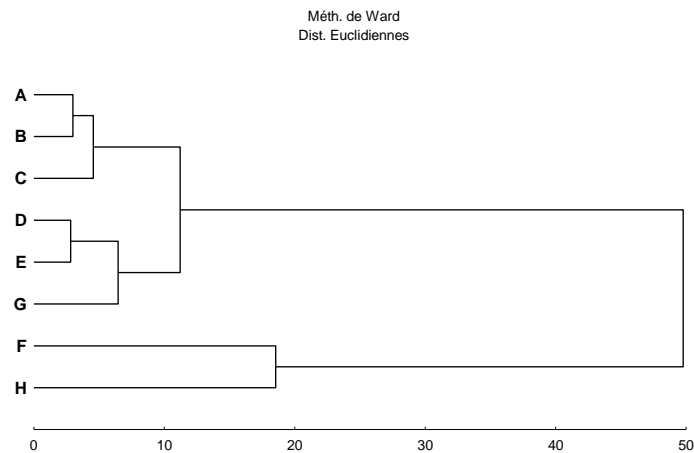
D'après la **Figure 4**,  $H'$  est souvent plus proche de  $H'_{max}$ , dans la majorité des peuplements. De plus, le calcul de l'équitabilité de Pielou ( $J$ ) montre que la répartition des abondances entre espèces est importante dans les huit formations. Les valeurs varient entre 0,70 et 0,95. Le milieu A (Subéraie) et E (cédraie) seraient les plus équitables avec un indice de 0,95. Ainsi, sur les espèces recensées aucune ne domine ces deux peuplements. En revanche, les valeurs les plus faibles sont observées dans les milieux F (0,76), G (0,72), C (0,71) et H (0,70). Les peuplements du F, C et H sont caractérisés par une forte dominance des lézards, surtout *Podarcis vaucheri*. Par contre, dans le milieu G où nous avons inventorié que deux espèces, *Chalcides mertensi* est le plus répandu.

### 3-2-3. Similarité entre les habitats

L'analyse du dendrogramme (**Figure 5**) résultant de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des différents milieux prospectés met en évidence la présence de 3 groupes constitués de deux à 3 milieux, en fonction des espèces rencontrées et de leurs abondances absolues. Ainsi, le premier groupe renferme 3 milieux : A (Subéraie), B (Maquis à chêne vert), C (Chênaie). C'est le groupement de chêne (vert et liège) situé dans la partie inférieure de la zone d'étude. Il est marqué par une richesse spécifique élevée et des effectifs relativement moyens. Ce groupement se distingue surtout grâce à la présence d'espèces inféodées à ses milieux et qui ne sont pas rencontrés autre part, il s'agit de : *Salamandra algira*, *Bufo spinosus*, *Vipera*

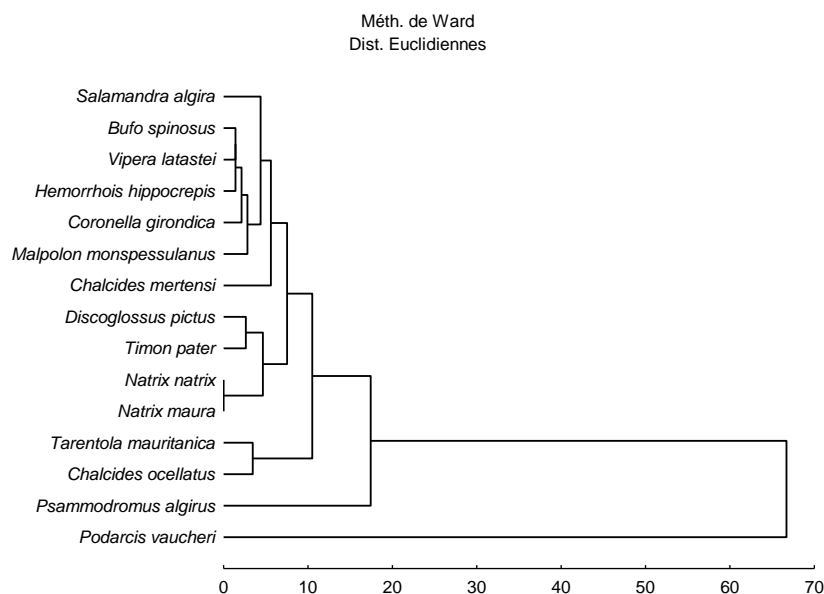
*latastei* et *Hemorrhhois hippocrepis*. Le second groupe comprend deux milieux : F (Pelouse rocailleuse) et H (Ripisylves), proches par leur composition faunistique.

Ce groupement est caractérisé par des effectifs très élevés en Sauriens (*Podarcis vaucheri*, *Psammodromus algirus*, *Timon pater*, *Tarentola mauritanica* et *Chalcides ocellatus*), mais aussi par des espèces rencontrées exclusivement dans ces habitats, humides et rocailloux, ce sont : *Discoglossus pictus*, *Coronelle girondica*, *Natrix natrix* et *Natrix maura*. Les trois derniers milieux : D (Forêt mixte), E (Cédraie) et G (Pelouses sommitales), constituant le dernier groupe, sont pauvres en espèces d'Amphibiens et Reptiles, avec des effectifs très faibles.



**Figure 5 :** Dendrogramme issu de la CAH de Similarité entre les milieux prospectés dans le secteur de Tala Guilef

Le dendrogramme **Figure 6** obtenu en appliquant la classification ascendante hiérarchique (CAH) aux espèces à partir de la même matrice que la précédente montre trois groupes. Les assemblages en groupes semblent être en relation avec l'abondance des espèces, mais aussi en fonction de leurs affinités mésologiques.



**Figure 6 :** Dendrogramme des distances euclidiennes issu de la CAH de la matrice de

*répartition spatiale des abondances des espèces*

La CAH fait apparaître clairement deux espèces isolées : *P. vaucheri* et *Ps. algirus*. Ce sont des espèces abondantes et à larges amplitudes d'habitat. Un premier groupe est constitué de deux espèces : *Ch. Ocellatus* et *T.mauritanica* qui sont abondantes dans le milieu F (Pelouse rocailleuse). Un deuxième groupe formé aussi de deux espèces : *N. natrix* et *N. maura* rencontrées exclusivement dans le cours d'eau du milieu H (Ripisylves), avec de faibles effectifs (2 individus de chaque espèce). Le troisième groupe réunit également deux espèces : *D. pictus* et *T. pater*, ce sont des espèces qu'on retrouve essentiellement dans les milieux F (Pelouse rocailleuse) et H (Ripisylves). Enfin, le dernier groupe est le plus consistant avec sept espèces. Il réunit des espèces à très faible abondances (*Coronella girondica*, *Malpolon monspessulanus* et *Chalcides mertensi*) et les espèces inféodées au groupement de chêne : *Salamandra algira*, *Bufo spinosus*, *Vipera latastei* et *Hemorrhoids hippocrepsis*.

**3-2. Statuts biogéographiques et de protection des espèces rencontrées**

Afin d'établir le statut bioécologique des espèces recensées, nous avons classé ces espèces en différentes catégories : ces catégories biogéographiques sont définies par [15, 29-31] (**Tableau 5**). Nous avons également abordé le statut de conservation de ces espèces selon la liste rouge des Amphibiens et Reptiles du bassin méditerranéen [32].

**Tableau 5 : Affinité biogéographique et statut de conservation des 15 espèces recensées dans le secteur de Tala Guilef**

Espèces	Catégories biogéographiques	UICN Bassin méditerranéen
<i>Salamandra algira</i>	Maghrébine	Vulnérable (VU)
<i>Bufo spinosus</i>	Méditerranéenne	Préoccupation mineure (LC)
<i>Discoglossus pictus</i>	Maghrébine	Préoccupation mineure (LC)
<i>Tarentola mauritanica</i>	Méditerranéenne	Préoccupation mineure (LC)
<i>Chalcides ocellatus</i>	Saharo-sindienne	Préoccupation mineure (LC)
<i>Chalcides mertensi</i>	Nord-africaine	Préoccupation mineure (LC)
<i>Podarcis vaucheri</i>	Ibéro-Maghrébine	Préoccupation mineure (LC)
<i>Psammodromus algirus</i>	Ibéro-Maghrébine	Préoccupation mineure (LC)
<i>Timon pater</i>	Nord-africaine	Préoccupation mineure (LC)
<i>Vipera latastei</i>	Ibéro-Maghrébine	Quasi menacée (NT)
<i>Malpolon monspessulanus</i>	Méditerranéenne	Préoccupation mineure (LC)
<i>Coronella girondica</i>	Méditerranéenne	Préoccupation mineure (LC)
<i>Natrix natrix</i>	Euro-Sibérienne	Préoccupation mineure (LC)
<i>Natrix maura</i>	Ibéro-Maghrébine	Préoccupation mineure (LC)
<i>Hemorrhoids hippocrepsis</i>	Ibéro-Maghrébine	Préoccupation mineure (LC)

Le **Tableau 5**, indique que l'herpétofaune de Tala Guilef appartient à 6 origines biogéographiques. Néanmoins, on note une dominance des éléments Ibéro magrébins et méditerranéens, suivis par les espèces endémiques de l'Afrique du nord et du Maghreb. Deux espèces dont la répartition dépasse le pourtour méditerranéen sont observées : *Natrix natrix* (Euro-sibérienne) et *Chalcides ocellatus* (Saharo-sindienne). Ceci s'expliquerait par les conditions du milieu influencé par le climat méditerranéen, favorable à l'adaptation des deux premières catégories (Méditerranéenne et Ibéro-magrébins). Du point de vue

conservation, aucune espèce ne figure dans le décret N°83 du 20 Août 1983 relatif aux espèces non domestiques protégées en Algérie. Cela peut s'expliquer par l'ancienneté du décret et aussi par le manque de données concernant ces deux taxons.

Par ailleurs, deux espèces présentes dans ce secteur figurent sur la Liste Rouge de la région méditerranéenne : *Vipera latastei* (NT) et *Salamandra algira* (VU). Au cours de nos prospections, un seul individu de *Vipera latastei* et trois *Salamandra algira* ont été contactés. Ce qui nous permet de conclure que leurs populations sont très réduites, et cela est valable pour tous les autres Ophidiens et les Amphibiens rencontrés dans ce secteur.

#### 4. Conclusion

L'étude de l'herpétofaune du secteur de Tala Guilef (Parc national du Djurdjura) a permis de recenser 15 espèces (3 Amphibiens et 12 Reptiles), et cela durant leur période d'activité. D'autres espèces connues en Afrique du nord, sont probablement présentes dans cette région, mais n'ont pas été contactées. Parmi les Amphibiens *Hyla meridionalis* très répandu dans le massif du Djurdjura (Obs. pers.) et *Pelophylax saharicus* qui occupe tous les types de milieux dans le Maghreb [16], n'ont pas été trouvées dans ce secteur. Du côté des Reptiles, *Hemidactylus turcicus* qui est très répandu en Afrique du nord [15-18] n'a pas été rencontré dans cette zone. À l'intérieur du cadre climatique méditerranéen, d'autres exigences telles que la présence de points d'eau, l'humidité, le sol, le taux de recouvrement végétal et l'exposition se sont révélées comme des facteurs abiotiques importants pour expliquer le choix des habitats et la distribution locale de ces espèces. Le calcul de l'indice de Shannon, nous permet de conclure que les peuplements ont une diversité moyenne, excepté le milieu D et G où le nombre d'espèces contactées est très réduit. De plus, l'analyse de l'équitabilité de Piélou ( $J$ ) montre que la répartition des abondances entre espèces est importante dans les huit milieux.

Les affinités biogéographiques de ces 15 espèces montrent une nette dominance des éléments Ibéro-maghrébins (5 espèces) et méditerranéens (4 espèces), résultat de l'influence du climat et de l'histoire paléogéographique du bassin méditerranéen.

Bien que la majorité des espèces soient considérées comme "LC" (= "préoccupation mineure") dans la structure des catégories de la liste rouge de l'UICN [32], il pourrait être intéressant de s'engager dans la mise en place de suivis sur le long terme de ces vertébrés afin de connaître leur statut local. Selon Pauwels [33], connaître les exigences écologiques des espèces est très important pour assurer leur conservation. Il serait donc nécessaire de mettre en place des conventions entre les laboratoires de recherche et le parc national du Djurdjura. Ce qui permettra de développer des mesures de gestion fondées sur des études scientifiques. En plus des composantes du changement global, le parc national du Djurdjura et particulièrement le secteur de Tala Guilef, fait face à des contraintes typiques, liés aux conditions socioéconomiques de la région. Parmi ces facteurs : (1) le surpâturage qui contribue à la dégradation de certains habitats et/ou microhabitats (2) la surfréquentation des visiteurs qui affecte la tranquillité des animaux, mais surtout leurs déchets qu'on retrouve un peu partout, un phénomène très répandu dans la région et enfin (3) les incendies qui détruisent et provoquent le morcellement des habitats. Mis à part les incendies, ces facteurs n'affectent pas directement les populations d'Amphibiens et de Reptiles, mais la dégradation de leurs habitats les expose aux différents dangers et les rend ainsi vulnérables. Dans cette optique, ce travail sera suivi d'autres études complémentaires sur la biologie et l'écologie de quelques espèces de Reptiles dans ce secteur du Parc National du Djurdjura. Elles porteront essentiellement sur : l'écologie trophique, biologie de la reproduction, thermorégulation et parasitologie.

### **Remerciements**

*Je remercie le référé anonyme pour les corrections apporté à ce manuscrit et je tiens aussi à remercier vivement Philippe Geniez pour son aide dans la détermination de certains spécimens. Cette étude a été réalisée avec l'aval de la direction du Parc national du Djurdjura. A cet effet, je tiens à remercier les agents du secteur de Tala Guilef surtout Moussa et Mohand qui m'ont beaucoup assisté sur le terrain et qui m'ont souvent aidé à repérer les animaux.*

### **Références**

- [1] - J. BLONDEL, J. ARONSON, J-Y. BODIOU & G. BŒUF, The Mediterranean Region: Biological Diversity in Space and Time, Oxford University Press, 2d Edition (2010) 392p.
- [2] - J. W. GIBBON, D. E. SCOTT, T. J. RYAN, K. A. BUHLMANN, T. D. TUBERVILLE, B. S. METTS, J. L. GREENE, T. MILLS, Y. LEIDEN, S. POPPY & CH. T. WINNE, The Global Decline of Reptiles, *Déjà Vu Amphibians, BioScience* 50 (8) (2000) 653-666.
- [3] - J. E. HOULAHAN, C. S. FINDLAY, B. R. SCHMIDT, A. H. MEYER & S. L. KUZMIN, Quantitative evidence for global amphibian population declines, *Nature* 404 (2000) 752-755.
- [4] - O. PEYRE, Aperçu sur la diversité herpétologique de la région d'Ain-Ben-Khellil (Naama), Bulletin d'information n°5, Conservation de la biodiversité et gestion des ressources naturelles (2006) 6-9.
- [5] - R. ROUAG & S. BENYACCOUB, Inventaire et écologie des reptiles du Parc National d'El Kala, *Bull. Soc. Herp. De France* n°117 (2006) 25-40.
- [6] - W. HAMDINE, M. THEVENOT, M. SELLAMI AND K. DE SMET, Régime alimentaire de la Genette (*Genetta genetta* Linné, 1758) dans le parc national du Djurdjura, Algérie. *Mammalia* 57 (1993) 9–18.
- [7] - F. KROUCHI, Etude de la diversité de l'organisation reproductive et de la structure génétique du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en peuplement naturel (Tala Guilef, Djurdjura nord-Ouest Algérie), Thèse de doctorat d'état en sciences agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Algérie (2010) 127p.
- [8] - P. ROUX & T. SLIMANI, Nouvelles données sur la répartition et l'écologie de reptiles du Maroc (la région de Marrakech : haouz et Jebilet), *Bull. Inst. Sci. Rabat* no 16 (1992) 122-131.
- [9] - R. MAMOU, A. BOISSINOT, M. BENSIDHOUM, M. AMROUN, and F. MARNICHE, "Inventaire de l'herpétofaune du sud de la Kabylie (Bouira et Bordj Bou Arreridj). Algérie," *Rev Ivoir Sci Technol*, N° 23 (2014) 259 – 273.
- [10] - J. BONS, Les lacertiliens du Sud-Ouest Marocain : Systématique, Répartition géographique, Ethologie et Ecologie, *Fac. Scie, Maroc*, N° 18 (1959) 130p.
- [11] - J. BONS & B. GIROT, Clé illustrée des reptiles du Maroc, *nt. Sci. Cherifien Rabat* N° 26 (1962) 66p.
- [12] - M. LE BERRE, La faune du Sahara I, Poissons, Amphibiens, Reptiles, Edition Raymond chanbaud le chevalier, Paris Coll. (Terre Africaine) (1989) 328p.
- [13] - U. GRUBER, Guide des serpents d'Europe, d'Afrique du nord et du Moyen-Orient, Edition Delachaux et Niestlé, Paris (1992) 248p.
- [14] - S. FAHD, Atlas préliminaire des reptiles du Rif (Nord du Maroc), Thèse troisième cycle, Univ. Abdelmalek Essaâdi, Tétouan (1993) 166p.
- [15] - H. SCHLEICH, W. KÄSTLE & K. KABISCH, Amphibians and reptiles of North Africa, Koletz Scintific Books, Koenigstein (1996) 630p.
- [16] - J. BONS & P. GENIEZ, Amphibiens et reptiles du Maroc (Sahara occidental compris) Atlas biogéographique, Association Herpétologica Espanola. Barcelona (1996) 319p.

- [17] - P. GENIEZ, J. A. MATEO, M. GENIEZ & J. PETHER, The amphibians and reptiles of the Western Sahara, Edition Chimaira (2004) 229p.
- [18] - S. BAH EL DIN, A guide to the reptiles and amphibians of Egypt. The American University in Cairo Press (2006) 359p.
- [19] - L. BARA, Ecologie des araignées calcicoles de la région de Viroinval (Belgique), *Mém. Soc. Belge. Ent.* 33 (1986) 15-24.
- [20] - J. BLONDEL, "L'influence des reboisements sur les communautés d'oiseaux, l'exemple du Mont Ventoux," *Ann. Sci. For.* 33 (1976) 221-245.
- [21] - C. E. SHANNON & W. WEAVER, The mathematical theory of communication, Urbana: University of Illinois Press (1963) 117p.
- [22] - R. D. GRAY & M. KENNEDY, Perceptual constraints on optimal foraging; a reason for departures from the ideal free distribution? *Animal Behaviour* 47 (1994) 469-471.
- [23] - J. BLONDEL, Biogéographie et écologie. Edition Masson, Paris (1979) 173p.
- [24] - S. FRONTIER & D. PICHOD-VIARE, Ecosystème : Structure Fonctionnement Evolution, Édition Masson (1995) 447 p.
- [25] - A. PUERTO & M. RICO, Edaphic variability and floristic structure on mediterranean grassland slopes, *Arid soil Research and rehabilitation* 11 (1997) 9-22.
- [26] - J. BEN HASSINE & S. NOUIRA, The amphibians of Tunisia : Biodiversity, distribution, status and majors threats. *FrogLog* 101 (2012) 32-34.
- [27] - B. SAMRAOUI, F. SAMRAOUI, N. BENSLIMANE, A. ALFARHAN & K.A.S. AL-RASHEID, 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'Ecologie (Terre Vie)* 67(2012) 70-81.
- [28] - J. BEN HASSINE & D. ESCORIZA, New Ecological Data on the Family Salamandridae in the Maghreb. *Herpetological Review* 45(2) (2014) 1-5.
- [29] - S. NOUIRA & CH. P. BLANC, Distribution spatiale des Lacertidés (Sauria, Reptilia) en Tunisie; caractéristiques des biotopes et rôle des facteurs écologiques, *Ecologia mediterranea* 29 (1) (2003) 71-86.
- [30] - N. ARNOLD & D. OVENDEN, Le guide herpéto. Edition Delachaux et Niestlé, Paris (2004) 288p.
- [31] - J. MATEO, PH. GENIEZ & J. PETHER, Diversity and conservation of Algerian amphibian assemblages. *Basic and Applied Herpetology* 27 (2013) 51-83.
- [32] - N. COX, J. CHANSON & S. STUART, The status and distribution of Reptiles and Amphibians of the Mediterranean Basin, IUCN, Gland, Switzerland (2006) 42p.
- [33] - O. S. G. PAUWELS, M. BURGER, W. R. BRANCH, E. TOBI, J-A. YOGA & E-N. MIKOLO, Reptiles du Complexe d'aires protégées de Gamba, sud-ouest du Gabon, *Bulletin of the Biological Society of Washington* 12 (2006) 91-100p.

**- II -**

**ECOLOGIE TROPHIQUE  
ET DISPONIBILITES  
ALIMENTAIRES**

L'écologie trophique est une étape cruciale en biologie de la conservation, car l'alimentation est la première source d'énergie pour un organisme. Cette énergie est destinée à des fonctions comme la croissance et la reproduction et lui permet ainsi d'atteindre de manière ultime sa fitness. Dans cette partie, nous nous sommes intéressés au régime alimentaire du lézard des murailles *Podarcis vaucheri*, en relation avec les variations saisonnières et les disponibilités en proies potentielles durant son cycle d'activité, allant d'Avril à Octobre 2014. Cela nous a permis de mieux comprendre le comportement trophique de ce lézard et les stratégies adoptées pour faire face aux variations saisonnières des températures, disponibilités en eau, en proies disponibles et aux dépenses énergétiques engendrées durant la période de reproduction. Les résultats ainsi obtenus vont faire objet d'un article en préparation (Article 3).

D'après les résultats de notre inventaire réalisé dans le secteur de Tala Guilef et les observations faites dans le Djurdjura, nous avons constaté que *P. vaucheri* vit en étroite sympatrie avec *Psammmodromus algirus*, et comme les deux espèces semblent proches au niveau de leurs tailles, il nous est apparu nécessaire de comprendre comment elles se partagent les ressources alimentaires, en se penchant bien entendu sur la stratégie trophique de chaque espèce.



**II.1. Partage des ressources alimentaire avec une autre espèce de Lacertidae :  
Exemple de *Psammodromus algirus*.**

Article 2

**Trophic ecology of two sympatric lizard species: the Algerian sand lizard and the  
wall lizard in Djurdjura, northern Algeria**

Rabah Mamou<sup>a</sup>, Faïza Marniche<sup>b</sup>, Mansour Amroun<sup>a</sup> and Anthony Herrel<sup>c</sup>

<sup>a</sup> *Laboratoire d'écologie des vertébrés. University of Tizi-Ouzou, Algeria*

<sup>b</sup> *Laboratoire de Zoologie. Veterinary National School, Algiers, Algeria*

<sup>c</sup> *UMR 7179 C.N.R.S/M.N.H.N. Department of Ecology and Biodiversity Management, Bat  
Comparative Anatomy, Paris, France*

**Manuscrit publié dans “*Zoology and Ecology*” journal: Vol. 26, no. 4 (2016) 256–264**

## Trophic ecology of two sympatric lizard species: the Algerian sand lizard and the wall lizard in Djurdjura, northern Algeria

Rabah Mamou<sup>a</sup>, Faïza Marniche<sup>b</sup>, Mansour Amroun<sup>a</sup> and Anthony Herrel<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Laboratoire d'écologie des vertébrés, University of Tizi-Ouzou, Tizi Ouzou, Algeria; <sup>b</sup>Laboratoire de Zoologie, Veterinary National School, Algiers, Algeria; <sup>c</sup>Department of Ecology and Biodiversity Management, UMR 7179 C.N.R.S/M.N.H.N., Paris, France

### ABSTRACT

In this study, we present the first data on the diet of two sympatric lizard species *Psammodromus algirus* and *Podarcis vaucheri* of the Djurdjura Mountains. The analysis of 100 feces (43 *Ps. algirus* and 57 *P. vaucheri*) allowed us to identify 560 prey items (254 for *Ps. algirus* and 312 for *P. vaucheri*) distributed across 17 operational taxonomic units. Insects were most commonly consumed by both species, but spiders were also preferred by *P. vaucheri*. The five most commonly ingested categories of prey among insects were: Coleoptera, Hymenoptera, Homoptera, Heteroptera and Orthoptera. During the study period, the interspecific diet overlap was very high ( $C_H = 0.86$ ). But the diet of *P. vaucheri* ( $B_A = 0.50$ ) was slightly more diversified than that of *Ps. algirus* ( $B_A = 0.41$ ). The diets of both species were, however, not strongly different. A significant influence of seasonal variation on diet was detected.

### ARTICLE HISTORY

Received 27 April 2016  
Accepted 25 August 2016

### KEYWORDS

Diet; *Psammodromus algirus*;  
*Podarcis vaucheri*; Djurdjura;  
Algeria

### Introduction

Understanding the ecology of species is a necessary condition for the proper management and preservation of natural sites. In this context, food resources are a critical parameter to consider in conservation biology (Tatin et al. 2013). Among the three classic dimensions of the niche (diet, space, and time), diet is without a doubt the most studied in lizards (Carretero et al. 2006, 2010; Luiselli 2008). In general, lacertid lizards are generalist opportunist predators (Arnold 1987; Lo Cascio and Capula 2011; Mou 1987; Pérez-Mellado and Corti 1993). Consequently, terrestrial invertebrates, especially insects, occupy a predominant part of their diet (Arnold 1987; Carretero 2004). However, the feeding ecology of the family shows an impressive variability and numerous factors appear to affect prey choice (Carretero 2004).

An animal's niche is often studied in the context of interspecific competition and the patterns of resource use (Pianka 1981). Several studies have examined the diet of sympatric species and have suggested that the partitioning of trophic resources may be important for regulating coexistence in lizard communities (Luiselli 2008). However, differences in resource use by two sympatric species of lizards may not necessarily indicate the existence of competition (Znari et al. 2000). In his review Luiselli (2008) concludes that the trophic niche is not a resource generally partitioned by sympatric lizards.

In the Mediterranean basin lacertids are the dominant group of lizards. Their role in the transfer of matter and energy from arthropods and other small invertebrates to birds and mammals constitutes a major function within Mediterranean ecosystems (Carretero 2004). Among, the phylogenetic and phylogeographic studies conducted on North African and Mediterranean lizards over the last decade, many have been devoted to the systematic of Algerian species (see Carranza et al. 2006; Carretero 2008; Fonseca et al. 2008, 2009; Kaliontzopoulou et al. 2008, 2011; Kaliontzopoulou, Carretero, and Llorente 2012; Larbes, Carretero, and Brito 2007; Lima et al. 2009; Verdú-Ricoy et al. 2010). However, information on the biology and ecology of these lizards in Algeria is scarce (but see Arab and Doumandji 2003; Carretero et al. 2011; Rouag, Berrahma, and Luiselli 2006; Rouag et al. 2007). The aim of the present study is to fill this gap and provide qualitative and quantitative data about the trophic spectrum of two lacertid lizards: the Algerian sand lizard *Psammodromus algirus* (Linnaeus, 1758) and the wall lizard *Podarcis vaucheri* (Boulanger, 1905) living in sympatry in the Djurdjura National Park, Algeria.

### Materials and methods

#### Study site

Tala Guilef is located in the western part of the northern slope of the Djurdjura Mountain (Djurdjura National Park),

Kabylie, Algeria. It is located approximately 140 km south-east of Algiers and 45 km southwest of Tizi Ouzou (36°39' N, 4°01' E). The region is characterized by a mountain climate influenced by the Mediterranean Sea and belongs to the humid climate scene (Hamdine et al. 1993).

The samples were collected in two types of habitats that seem attractive for the two lizard species. The first habitat is characterized by the presence of stones and rocks from the Haizer massif and bushy vegetation including: hawthorn (*Crataegus monogyna* and *Crataegus laciniata*), elmleaf blackberry (*Rubus ulmifolius*), dog rose (*Rosa canina*), Mediterranean rose (*Rosa sicula*), mountain cherry (*Prunus prostrata*) and Spanish barberry (*Berberis hispanica*). In grass stratum, we essentially find: camomile (*Anthemis kabilica*), absinthe (*Artemisia absintium*), astragalus (*Astragalus armatus*), sea holly (*Eryngium tricuspdatum*), spurges (*Euphorbia luteola*) and giant fennel (*Ferula communis*). The second habitat is a river situated between the first rocky habitat and a cedar forest and often frequented by the lizards during warm hours and/or days. It is characterized by very dense vegetation including: Montpellier maple (*Acer monspesulanum*), common alder (*Alnus glutinosa*), elmleaf blackberry (*Rubus ulmifolius*), white willow (*Salix alba*), black poplar (*Populus nigra*), hawthorn (*Crataegus laciniata*), southern polypody (*Polypodium cambricum*), wild mint (*Mentha arvensis*), pennyroyal (*Mentha pulegium*), false yellowhead (*Inula viscosa*) and maidenhair spleenwort (*Asplenium trichomanes*).

## Methods

The study was conducted in spring (May–April) and summer (June–July) of 2013–2014. The lizards were caught by hand or by noose and taken to the laboratory. Feces were obtained by keeping individuals in a terrarium 44 cm × 55 cm × 77 cm, heated with a lamp (160 W) placed above one end. Water was provided *ad libitum*. After a day of observation, lizards were taken back to their site of capture.

The analysis of the feces was done by placing them in an aqueous ethanol solution to dissolve them. Preys were identified using a binocular microscope with 10–40×. Sclerotized parts of invertebrates such as mandibles, heads, thorax, wings and legs were counted. The items were classified in groups called operational taxonomic units (OTUs; Carretero 2004; Sneath and Sokal 1973) and their determination was performed down to the lowest possible taxonomic level. The following abbreviations were used to indicate the OTUs in the text and figures: Aca, Acari; Ara, Aranea; Dict, Dictyoptera; Dip, Diptera; Col, Coleoptera; For, Formicidae; Gas, Gasteropoda; Hem, Hemiptera; Het, Heteroptera; Hym: Hymenoptera (other than Formicidae); Hom, Homoptera; Iso, Isoptera; Lep, Lepidoptera larvae; Odo, Odonatoptera; Opil, Opilionida; Orth, Orthoptera; Vegt, Vegetal matter.

## Data analysis

In order to characterize the diet of the two species, we calculated relative abundance (%N), relative occurrence (%P), and the standardized index of Levin ( $B_A$ ) to estimate the taxonomic diversity as follows:

$%N = (p_i/p) \times 100$ , where ( $p_i$ ) is the number of prey of categories ( $i$ ) and ( $p$ ) is the total number of prey (Zaime and Gautier 1989).

$%P = (n_i/N) \times 100$ , where ( $n_i$ ) is the number of feces containing the prey category ( $i$ ) and ( $N$ ) is the total number of feces. Prey were further grouped according to the classification used by Bigot and Bodot (1973):

- Constant prey of which the occurrence is equal to or higher than 50%;
- Common prey of which the occurrence varies between 25 and 50%;
- Accidental prey of which the occurrence varies between 10 and 25%;
- Very accidental prey of which the occurrence is less than 10%.

$B_A = (B - 1)/(n - 1)$ , where ( $n$ ) is the number of prey categories and ( $B$ ) is the Levin's index of niche breadth:  $B = 1/\sum p_i^2$ , ( $p_i$ ) is the proportion of each category ( $i$ ). This index describes the breadth of the trophic niche where a value of '1' indicates a generalized diet and a value of '0' indicates a specialized tendency (Krebs 1999).

The food niche overlap (or similarity) was evaluated using the Morisita-Horn index (Horn 1966):  $C_H = \frac{2 \sum p_{ij} p_{ik}}{\sum p_{ij}^2 + \sum p_{ik}^2}$ , where ( $p_{ij}$ ) is the proportion of categories ( $i$ ) in the diet ( $j$ ) and ( $p_{ik}$ ) the proportion of categories ( $i$ ) in the diet ( $k$ ). This parameter varies from '0' for no similarity to '1' for a complete similarity (Krebs 1999).

To examine the relation between occurrence of the ingested prey and their abundance, we used a Spearman rank correlation between relative abundance (%N) and relative occurrence (%P) of prey categories. We also used the chi-squared test ( $\chi^2$ ) to study seasonal and interspecific variations in the diet and the Mann–Whitney test for the comparison of the number of items per feces.

## Results

### Diet composition

A total of 566 preys were identified in the overall sample (100 feces). The 43 feces of *Ps. algirus* revealed the presence of 254 items grouped in 15 OTUs. The diet of *P. vaucheri* was composed of 16 OTUs and contained 312 prey from 57 feces. The mean number of prey consumed per feces did not differ between the two species (*Ps. algirus*:  $5.91 \pm 0.66$ ; *P. vaucheri*:  $5.47 \pm 0.51$ ; Mann–Whitney U test:  $Z = -0.278$ ,  $p = 0.781$ ).

Levin's index showed that the food spectrum of *P. vaucheri* ( $B_A = 0.50$ ) was more diversified than that of *Ps. algirus* ( $B_A = 0.41$ ), but the statistical analysis on the

**Table 1.** Descriptive parameters of the diet in the two species.

OTUs	<i>Ps. algirus</i>			<i>P. vaucheri</i>		
	<i>n</i>	% <i>N</i>	% <i>P</i>	<i>n</i>	% <i>N</i>	% <i>P</i>
Opilionida	0	0.00	0.00	1	0.32	1.75
Araneae	16	6.3	37.21	39	12.5	56.14
Acari	1	0.39	2.33	2	0.64	1.75
Dictyoptera	4	1.57	9.30	5	1.6	8.77
Orthoptera	23	9.06	39.53	29	9.29	43.86
Formicidae	16	6.3	25.58	28	8.97	31.58
Hymenoptera	39	15.35	41.86	31	9.94	29.82
Coleoptera	76	29.92	58.14	61	19.55	45.61
Hemiptera	1	0.39	2.33	11	3.53	15.79
Heteroptera	35	13.78	51.14	13	4.17	21.05
Homoptera	23	9.06	18.60	60	19.23	29.82
Isoptera	3	1.18	2.33	0	0.00	0.00
Lepidoptera larvae	7	2.76	16.28	8	2.56	14.04
Diptera	7	2.76	13.95	20	6.41	29.82
Odonatoptera	0	0.00	0.00	1	0.32	1.75
Gasteropoda	2	0.79	4.65	1	0.32	1.75
Vegetal matter	1	0.39	2.33	2	0.64	3.51
Sum	254			312		
$B_A$	0.41			0.50		

Notes: %*P*: occurrence; %*N*: abundance; *n*: number of identified items; and  $B_A$ : standardized index of Levin.

proportion of consumed prey showed that the two diets were not different ( $\chi^2 = 20.763$ ,  $p = 0.188$ ,  $df = 16$ ). The index of Morisita-Horn showed a high similarity in the two trophic spectra ( $C_H = 0.86$ ).

The diets of both species were clearly dominated by insects (Table 1). In contrast, the proportion of spiders in the diet of *P. vaucheri* seemed important (%*N* = 12.3%). Among the insects, five categories (OTUs) were commonly consumed: Col, Hym (other than Formicidae), Hom, Het and Orth. In *Ps. algirus*, Coleoptera were the most commonly consumed prey followed by Hym, Het, Hom and Orth, Ara and For. The proportions of the other categories did not exceed 5%. Among beetles, the family of Scarabaeidae dominated with 55%. The genera we could identify were: *Onthophagus* sp., *Aphodius* sp. and *Rhizotrogus* sp. Two families of Hymenoptera were most commonly consumed: Formicidae 29.09%, in which we determined *Camponotus* sp., *Tapinoma* sp., *Messor* sp., *Crematogaster* sp., *Aphenogaster depilis*, and Ichneumonidae (21.82%). For Heteroptera, the most important family was Pentatomidae with 51.52%: *Sciocoris* sp., *Sehirus* sp. and *Aelia* sp. were identified. For Homoptera, the Cicadellidae (73.91%) family was the most often consumed and the genera identified were: *Eupelix* sp. and *Cicadella* sp. Regarding Orthoptera, Acrididae were highly consumed (86.96%), and the genera and species identified were: *Calliptamus* sp., *Omocestus* sp., *Pezottetix giornae*, *Dociostaurus jagoi jagoi* and *Thysiocetrus littoralis*.

In *P. vaucheri* the two most abundant categories (OTUs) had similar proportions: Col and Hom, and were followed by Ara, Hym, Orth, For and Dip. The proportions of the other categories did not exceed 5%. For Coleoptera, most prey belonged to two families: Staphylinidae (32.79%) with two identified genera: *Quedius* sp. and *Philonthus* sp., and Scarabaeidae (19.67%) with only one determined genus: *Aphodius* sp. Among Homoptera, Cicadellidae (98.33%) were most commonly consumed

(only one prey belonged to Aphidiidae family), and recognized genera and species were: *Agallia* sp., *Eupelix* sp. and *Macrosteles septemnotatus*. The dominant families of Hymenoptera were: Formicidae (47.45%) with several genera and species that could be identified (*Pheidole pallidula*, *Tapinoma* sp., *Messor* sp., *Messor barbarus*, *Monomorium* sp. and *Camponotus* sp.) and Ichneumonidae (35.59%). Concerning Orthoptera, two families were ingested: Acrididae (58.62%) with several genera identified (*Calliptamus* sp., *Omocestus* sp., *Pezottetix giornae*, *Dociostaurus jagoi jagoi*, *Oedipoda* sp. and *Acrotylus* sp.) and Gryllidae (48.28%) for which we could identify two genera: *Gryllus* sp. and *Gryllulus* sp.

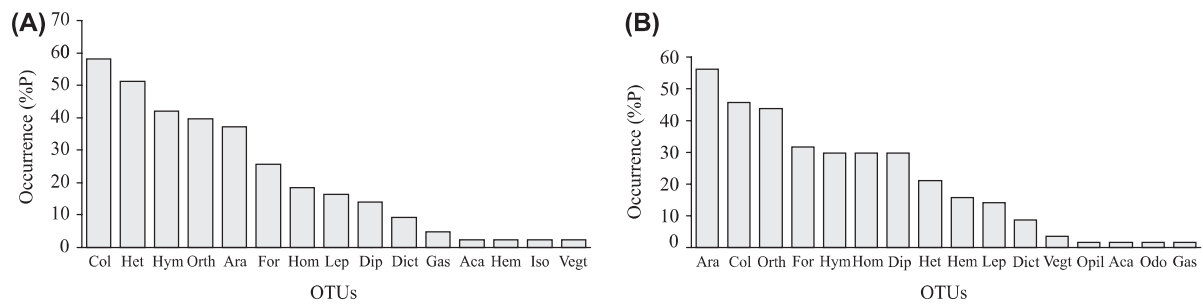
The occurrence of the different prey categories in both lizard species were in accordance with their relative abundance (Figure 1). However, Araneae formed an exception in their occurrence in both species (*P. vaucheri*: %*P* = 56.14%; *Ps. algirus*: %*P* = 37.21%) despite their low values of relative abundance.

Using the classification of Bigot and Bodot (1973) we see that Col and Het were constant preys in the diet of *Ps. algirus*. The common preys were Hym, Orth, Ara and For. Three categories were accidental, Hom, Lep and Dip. The other categories can be considered very accidental prey.

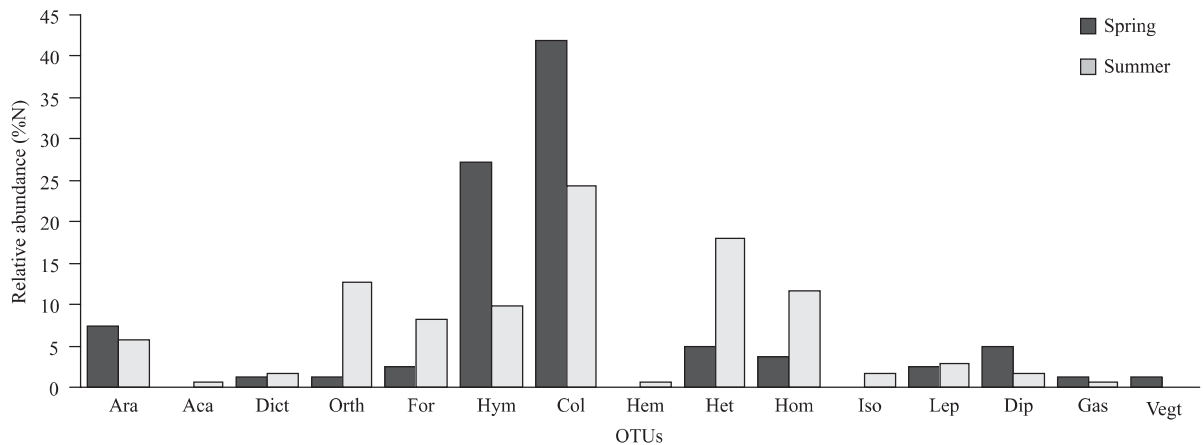
In the diet of *P. vaucheri*, only Aranea were constant. Six categories of prey were common: Col, Orth, For, Hym, Hom and Dip. Three categories were accidental: Het, Hem and Lep. The others can be considered very accidental. A significant positive correlation between relative abundance (%*N*) and the occurrence (%*P*) of prey groups was observed in both species (*Ps. algirus*:  $r_s = 0.965$ ,  $p < 0.0001$ ; *P. vaucheri*:  $r_s = 0.942$ ,  $p < 0.0001$ ).

### Seasonal variation

No significant difference in the mean number of items per feces was observed between the two seasons (*Ps. algirus*: in spring:  $5.40 \pm 1.10$ , in summer:  $6.18 \pm 0.84$ ;



**Figure 1.** Occurrence of the different prey categories in the diet of the two species: (A) *Ps. algirus*, (B) *P. vaucheri*.



**Figure 2.** Seasonal variation among the different food categories in the diet of *Ps. algirus*.

Mann–Whitney  $U$  test:  $Z = -1.04$ ,  $p = 0.30$ ; *P. vaucheri*: in spring:  $6.00 \pm 0.72$ , in summer:  $5.12 \pm 0.71$ ; Mann–Whitney  $U$  test:  $Z = 1.34$ ,  $p = 0.18$ ). Within the categories of prey (OTUs), we observed a significant influence of seasonal variation on diet in both species in the Tala Guilef sector (*Ps. algirus*  $\chi^2 = 42.94$ ,  $p < 0.0001$ ,  $df = 14$  and *P. vaucheri*  $\chi^2 = 60.68$ ,  $p < 0.0001$ ,  $df = 15$ ).

Figure 2 illustrates the seasonal variation for *Ps. algirus*. In spring, this species showed a specialized diet ( $B_A = 0.25$ ), and among the 12 OTUs ingested, two categories were strongly consumed: Col and Hym. However, in summer this species became an opportunist and the consumed prey among the 14 OTUs listed were: Col, Het, Orth, Hom, Hym, For. The other proportions were lower than 5%.

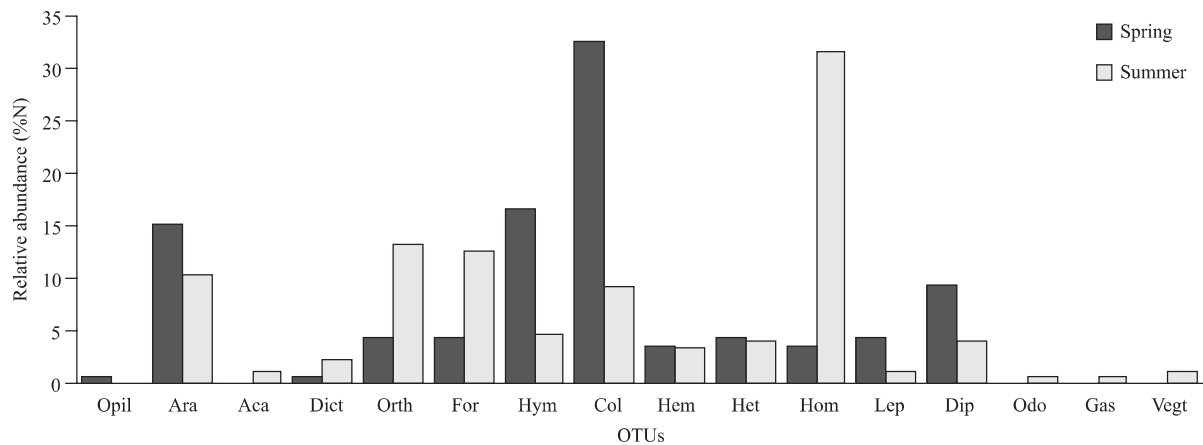
For *P. vaucheri*, the seasonal variation in different prey categories is illustrated in Figure 3. In spring,  $B_A = 0.42$  and 12 OTUs were identified. The most consumed were: Col, Hym, Ara and Dip. In summer, we observed an important difference in the diet and a light reduction in trophic niche breadth ( $B_A = 0.37$ ). Among the 15 OTUs consumed, the most common were: Hom, Orth, For, Ara and Col.

## Discussion

Our results indicate that (1) the diet of both species is composed of arthropods and principally of insects and (2) both species express an opportunistic feeding behavior which is translated by a great number of prey

categories ingested and an important seasonal variation. Several authors have reported a dominance of arthropods in other populations of *Ps. algirus* (Arab and Doumandji 2003; Carretero and Llorente 1993; Castilla, Bauwens, and Llorente 1991; Diaz and Carrascal 1990; Mellado et al. 1975; Ortega-Rubio 1991; Pérez-Mellado 1982; Pérez-Quintero and Rubio-García 1997; Pollo and Perez-Mellado 1988; Rouag et al. 2007; Seva 1984; Valverde 1967) and in other species of the genus *Podarcis* (Adamopoulou, Valakos, and Pafilis 1998; Capula and Luiselli 1994; Capula, Luiselli, and Rugiero 1993; Carretero et al. 2006, 2010; Lo Cascio and Capula 2011; Maragou et al. 1996; Mou 1987; Rugiero 1994; Vincente, Araujo, and Barbault 1995). The only previous study on *P. vaucheri* (Carretero et al. 2006) revealed that the population of the Oukaïmeden Plateau in Morocco has a similar diet compared to what we describe here for Djurdjura, with a slight difference manifested by a high consumption of Diptera in the Moroccan population.

However, particular adaptations to periods of food scarcity can be observed in some populations, mainly in insular ecosystems. For example, Di Palma (1984) reported that vegetal matter and ants are the most commonly consumed prey by *Ps. algirus* on an island in the Sicily Channel. The same holds for lacertids of the genus *Podarcis* for which several populations in the Mediterranean region were studied and where herbivory and myrmecophagy are commonly observed on islands (Adamopoulou and Legakis 2002; Bombi



**Figure 3.** Seasonal variation among the different food categories in the diet of *P. vaucheri*.

et al. 2005; Carretero 2004; Carretero et al. 2010; Herrel et al. 2008; Ouboter 1981; Pérez-Mellado and Corti 1993; Van Damme 1999). Extreme diets, including cannibalism (Adamopoulou and Legakis 2002; Bombi et al. 2005; Burke and Mercurio 2002; Capula and Aloise 2011; Carretero et al. 2010; Pérez-Mellado and Corti 1993; Simović and Marković 2013; Žagar and Carretero 2012), oophagy (Brock, Donihue, and Pafilis 2014; Dappen 2011), and the consumption of marine prey (Castilla, Herrel, and Gosa 2009; Castilla, Vanhooydonck, and Catenazzi 2008; Lo Cascio and Pasta 2006), as well as small mammals and reptiles (Capula and Aloise 2011) are sometimes observed.

Many lacertids prefer Coleoptera (Adamopoulou, Valakos, and Pafilis 1998; Amat et al. 2008; Angelici, Luiselli, and Rugiero 1997; Carretero and Llorente 1993; Carretero et al. 2006; Castilla, Bauwens, and Llorente 1991; Hódar, Campos, and Rosales 1996; Lo Cascio and Capula 2011; Maragou et al. 1996; Perera et al. 2006; Pollo and Perez-Mellado 1988; Rouag, Berrahma, and Luiselli 2006; Rouag et al. 2007; Sagonas et al. 2015; Tatin et al. 2013; Thirion, Grillet, and Cheylan 2009; Vincente, Araujo, and Barbault 1995). This dominance is also seen in the species included in our study. It is, however, important to note that we included only adults in this study, which may explain the dominance of Coleoptera. According to Carretero et al. (2006), hard preys are more common in adults than in immature animals. Indeed, experimental studies have highlighted ontogenetic and sexual differences in bite force linked to jaw muscles mass (Herrel et al. 1999, 2001). This may provide a proximate explanation for the dominance of hard prey in adults.

Despite their difference in size, the comparison of consumed prey types revealed a high dietary overlap between the two species. However, this does not mean necessarily strong competition for dietary resources (Barbault 1981; Luiselli 2008; Znari et al. 2000), and this is for three reasons. First, we lack quantitative data on food availability. If food abundance is high, then animals may not compete for food resources despite strong similarities in diet. Second, we lack data on the use of the

other ecological niche dimensions (time and space). Shifts in daily activity cycles and difference in the use of microhabitats can allow coexistence even if dietary overlap is high. Finally, the difficulty to identify the ingested preys (especially insects and other arthropods) at the specific level. If the lizards consume different species (e.g. Coleoptera) and the identification is done only at the level of order, then the two species may show high dietary similarity at the level of Coleoptera (Luiselli 2008; Ortega-Rubio, González-Romero, and Barbault 1995) despite eating different species of Coleoptera.

Food opportunism constitutes an adaptation to the variation in environmental conditions. Seasonal variations in the prey consumed by the two lizards were prominent during the period of study. This is probably a response to seasonal changes in prey availability. Alternatively, this may reflect a reduction in activity during the hot months. The seasonal variation is driven by the strong consumption of Homoptera, Heteroptera and Orthoptera in summer when they are most common. Homoptera and Heteroptera are likely the easiest prey to catch, relatively soft, and become really abundant in summer (Mou 1987). Therefore, temperature can be considered an important abiotic factor that may impact diet in lizards (Tracy and Christian 1986).

The analysis of seasonal variation also shows an important difference in the feeding strategies of the two lizards. *Podarcis vaucheri* presents an eclectic diet, variable over time and consuming principally the available prey. This may allow this species to reduce the energy used in its search for food. This is reminiscent of an 'optimal foraging' approach, defined as the difference between energetic contribution of prey and expended energy by predator to catch and ingest it, relative to the time needed to capture a prey (Schoener 1971). This strategy was also met in the ocellated lizard *Timon pater* in Oléron Island (France) (Thirion, Grillet, and Cheylan 2009). But Lo Cascio and Capula (2011) describe a selective predation in *Podarcis raffonei*, endemic to the Aeolian island (Aeolian Archipelago, Sicily).

In contrast, *Ps. algirus* presents a more specialist diet in spring, concentrated essentially on Coleoptera and Hymenoptera, despite the abundance of prey typical of Mediterranean ecosystems during this period (Perera et al. 2006). This corresponds to a model in which certain predators tend to specialize when trophic resources become abundant in environment by searching profitable and common prey (Amat et al. 2008; Mou 1987). In summer, this species maintains Coleoptera as the most consumed prey, but responds to changes in invertebrate populations and secondarily consumes Heteroptera, Orthoptera and Homoptera. In several species of Lacertidae, Coleoptera are selected in spite of the seasonal variations in food availabilities (Maragou et al. 1996; Mou 1987; Vincente, Araujo, and Barbault 1995). But other food strategies were observed in other populations of *Ps. algirus*. It is the case in Huelva (Spain), where this species shows an eclectic mode which coincides with the changes of the trophic availabilities (Pérez-Quintero and Rubio-García 1997). Also, to compensate the lack of water in summer, this species consumed great amounts of Homoptera and Heteroptera in the province of Salamanca in Spain (Pollo and Perez-Mellado 1988) and insect's larvae in Madrid (Ortega-Rubio 1991).

In spite of a clear difference in their diet, the comparison of the mean number of items by feces indicates that the difference between the two seasons in the number of prey eaten is not significant. This suggests that despite the seasonal change in the prey availability, this site does not present food restrictions. The greater consumption of terrestrial prey like Coleoptera, spiders, Hymenoptera, Homoptera, Heteroptera, ants, and Orthoptera by these two lizards suggests an active hunting strategy typical of most Mediterranean lacertids.

Our results also indicate a low consumption of ants, and their role is only secondary. It seems that myrmecophagy is associated to poor environments with few trophic resources (Carretero 2004; Maragou et al. 1996), as in arid and desert areas (Znari and El Mouden 1997; Znari et al. 2000), or in insular populations where this was interpreted as the result of a long-term evolution (Carretero 2004; Pérez-Mellado and Corti 1993). This strategy can reduce the foraging cost thanks to the gregarious behavior of ants, and thus may compensate for their weak profitability and noxiousness (Carretero 2004; Mella et al. 2010; Pérez-Mellado and Corti 1993; Pollo and Perez-Mellado 1988, 1991).

The consumption of the plants is also negligible at our study site. This may be explained by an important availability of invertebrate prey in this area. Vegetable matter typically provides less energy compared to animal prey and is difficult to assimilate (Bombi et al. 2005; Cooper and Vitt 2002). Herbivory is most commonly observed in insular Mediterranean lacertids or in species in isolated areas characterized by low food availability at least during some seasons (Ouboter

1981; Pérez-Mellado and Corti 1993; Van Damme 1999).

This study enabled us to elucidate a part of the ecology of two lacertid lizards living in sympatry. However, our results do not allow us test the hypothesis of a trophic competition between these species due to a lack of data on prey availability. Nevertheless, our data do suggest that the feeding strategy and trophic niche of these two lizards are determined by the environmental conditions and ecological needs rather than by interactions of competition as is suggested by the seasonal changes in diet. Future studies examining food availability and temporal and spatial aspects of the niche are needed to better understand how these species are able to coexist despite their close phylogenetic and morphological proximity.

### Acknowledgements

We thank Linas Balčiauskas and an anonymous reviewer for their comments and corrections to the first draft of this manuscript. This study was carried out with the permission of the direction of the Djurdjura National Park. We thank all the staff of Tala Guilef sector for their assistance with the field work, especially Moussa and Mohand. We are also sincerely grateful to Pr. Doumandji Salah-Eddine for his help with the identification of the Orthoptera in our samples.

### References

- Adamopoulou, C., and A. Legakis. 2002. "Diet of a Lacertid Lizard (*Podarcis milensis*) in an Insular Dune Ecosystem." *Israel Journal of Zoology* 48: 207–219.
- Adamopoulou, C., E. D. Valakos, and P. Pafilis. 1998. "Summer Diet of *Podarcis milensis*, *P. gaigeae* and *P. erhardii* (Sauria: Lacertidae)." *Bonner Zoologische Beiträge* 48: 275–282.
- Amat, F., V. Pérez-Mellado, J. Á. Hernández-Estévez, and T. G. Díez. 2008. "Dietary Strategy of a Pyrenean Lizard, *Iberolacerta aurelioi*, Living in a Poor Resources Alpine Environment." *Amphibia-Reptilia* 29: 329–336.
- Angelici, F. M., L. Luiselli, and L. Rugiero. 1997. "Food Habits of the Green Lizard, *Lacerta bilineata*, in Central Italy and a Reliability Test of Faecal Pellet Analysis." *Italian Journal of Zoology* 64: 267–272.
- Arab, K., and S. E. Doumandji. 2003. "Etude du regime alimentaire de la Tarente de Mauritanie *Tarentola mauritanica* (Linné. 1758) (Gekkonidae) et le psammodrome algire *Psammodromus algirus* (Linné. 1758) (Lacertidae) dans un milieu sub-urbain pres d'Alger [Diet of the Common Wall Gecko *Tarentola mauritanica* (Linné, 1758) (Gekkonidae) and the Algerian sand lizard *Psammodromus algirus* (Linné, 1758) (Lacertidae) in a Suburban Area Near Algiers]." *Bulletin de la Société Herpétologique de France* 106: 10–16.
- Arnold, E. N. 1987. "Resource Partition among Lacertid Lizards in Southern Europe." *Journal of Zoology* 1: 739–782.
- Barbault, R. 1981. *Ecologie des populations et des peuplements: des théories aux faits* [Ecology of Populations and Communities: Theories to the Facts]. Paris: Masson.
- Bigot, L., and P. Bodot. 1973. "Contribution à l'étude biocénétique de la garrigue à *Quercus coccifera* – Composition biotique du peuplement des invertébrés [Contribution to the Biocenotic Study of *Quercus Coccifera* Garrigue – biotic Composition of Invertebrate Community]." *Vie et Milieu* 23: 229–249.

- Bombi, P., L. Vignoli, R. Scalera, and M. A. Bologna. 2005. "Food Habits of *Podarcis filfolensis* (Reptilia, Lacertidae) on a Small Mediterranean Island during the Dry Season." *Amphibia-Reptilia* 26: 412–417.
- Brock, M. K., M. C. Donihue, and P. Pafilis. 2014. "New Records of Frugivory and Ovophagy in *Podarcis* (Lacertidae) Lizards from East Mediterranean Islands." *Northwestern Journal of Zoology* 10: 223–225.
- Burke, R. L., and R. J. Mercurio. 2002. "Food Habits of a New York Population of Italian Wall Lizards, *Podarcis sicula* (Reptilia, Lacertidae)." *The American Midland Naturalist* 147: 368–375.
- Capula, M., and G. Aloise. 2011. "Extreme Feeding Behaviours in the Italian Wall Lizard, *Podarcis siculus*." *Acta Herpetologica* 6: 11–14.
- Capula, M., and L. Luiselli. 1994. "Resource Partitioning in a Mediterranean Lizard Community." *Bolletino di Zoologia* 61: 173–177.
- Capula, M., L. Luiselli, and L. Rugiero. 1993. "Comparative Ecology in Sympatric *Podarcis muralis* and *P. sicula* (Reptilia: Lacertidae) from the Historical Centre of Rome: What about Competition and Niche Segregation in an Urban Habitat?" *Bolletino di Zoologia* 60: 287–291.
- Carranza, S., D. J. Harris, E. N. Arnold, V. Batista, and J. P. Gonzalez de la Vega. 2006. "Phylogeography of the Lacertid Lizard, *Psammodromus algirus*, in Iberia and across the Strait of Gibraltar." *Journal of Biogeography* 33: 1279–1288.
- Carretero, M. A. 2004. "From set menu to a la carte. Linking Issues in Trophic Ecology of Mediterranean Lacertids." *Italian Journal of Zoology* 71: 121–133.
- Carretero, M. A. 2008. "An Integrated Assessment of a Group with Complex Systematics: The Iberomaghrebian Lizard Genus *Podarcis* (Squamata, Lacertidae)." *Integrative Zoology* 3: 247–266.
- Carretero, M. A., and G. A. Llorente. 1993. "Feeding of Two Sympatric Lacertids in a Sandy Coastal Area (Ebro Delta, Spain)." In *Lacertids of the Mediterranean Region. A Biological Approach*, edited by W. Böhme, V. Pérez-Mellado, E. Valakos, and P. Maragou, 155–172. Athens: Hellenic Zoological Society.
- Carretero, M. A., P. Lo Cascio, C. Corti, and S. Pasta. 2010. "Sharing Resources in a Tiny Mediterranean Island? Comparative Diets of *Chalcides ocellatus* and *Podarcis filfolensis* in Lampione." *Bonn Zoological Bulletin* 57: 111–118.
- Carretero, M. A., A. Perera, D. J. Harris, V. Batista, and C. Pinho. 2006. "Spring Diet and Trophic Partitioning in an Alpine Lizard Community from Morocco." *African Zoology* 41: 113–122.
- Carretero, M. A., V. Roca, S. Larbes, A. Ferrero, and F. Jorge. 2011. "Intestinal Helminth Parasites of Wall Lizards, *Podarcis vaucheri* Complex (Sauria: Lacertidae) from Algeria." *Journal of Herpetology* 45: 385–388.
- Castilla, A. M., D. Bauwens, and G. A. Llorente. 1991. "Diet Composition of the Lizard *Lacerta lepida* in Central Spain." *Journal of Herpetology* 25: 30–36.
- Castilla, A. M., A. Herrel, and A. Gosa. 2009. "Marine Prey in the Diet of *Podarcis atrata* from the Columbretes Islands." *Munibe* 57: 187–190.
- Castilla, A. M., B. Vanhooydonck, and A. Catenazzi. 2008. "Feeding Behaviour of the Columbretes Lizard *Podarcis atrata*, in Relation to Isopoda (Crustaceae) Species: *Ligia italica* and *Armadillo officinalis*." *Belgian Journal of Zoology* 138: 146–148.
- Cooper Jr., W. E., and L. J. Vitt. 2002. "Distribution, Extent, and Evolution of Plant Consumption by Lizards." *Journal of Zoology* 257: 487–517.
- Dappen, N. 2011. "Cold-blooded Cannibals. Observations on Cannibalistic Egg Eating and Predation on Juveniles within *Podarcis pityusensis*." [www.lacerta.de](http://www.lacerta.de) art. 113.
- Di Palma, M. G. D. 1984. "Régime alimentaire de *Psammodromus algirus* (Reptilia, Lacertidae) dans une population insulaire du canal de Sicile [The Diet of *Psammodromus Algirus* (Reptilia, Lacertidae) in an Insular Population of the Sicily Channel]." *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 39: 225–230.
- Diaz, J. A., and L. M. Carrascal. 1990. "Prey Size and Food Selection of *Psammodromus algirus* (Lacertidae) in Central Spain." *Journal of Herpetology* 24: 342–347.
- Fonseca, M. M., J. C. Brito, O. S. Paulo, M. A. Carretero, and D. J. Harris. 2009. "Systematic and Phylogeographical Assessment of the *Acanthodactylus erythrurus* Group (Reptilia: Lacertidae) Based on Phylogenetic Analyses of Mitochondrial and Nuclear DNA." *Molecular Phylogenetics and Evolution* 51: 131–142.
- Fonseca, M. M., J. C. Brito, H. Rebelo, M. Kalboussi, S. Larbes, M. A. Carretero, and D. J. Harris. 2008. "Genetic Variation among Spiny-Footed Lizards in the *Acanthodactylus pardalis* Group from North Africa." *African Zoology* 43: 8–15.
- Hamdine, W. H., M. Thévenot, M. Sellami, and K. De Smet. 1993. "Régime alimentaire de la Genette (*Genetta genetta* Linné, 1758) dans le Parc national du Djurdjura, Algérie [Feeding Ecology of the Genet (*Genetta genetta* Linné, 1758) in Djurdjura National Park, Algeria]." *Mammalia* 57: 9–18.
- Herrel, A., K. Huyghe, B. Vanhooydonck, T. Backeljau, K. Breugelmans, I. Grbac, R. Van Damme, and D. J. Irschick. 2008. "Rapid Large-scale Evolutionary Divergence in Morphology and Performance Associated with Exploitation of a Different Dietary Resource." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 4792–4795.
- Herrel, A., L. Spithoven, R. Van Damme, and F. De Vree. 1999. "Sexual Dimorphism of Head Size in *Gallotia galloti*: Testing the Niche Divergence Hypothesis by Functional Analyses." *Functional Ecology* 13: 289–297.
- Herrel, A., R. Van Damme, B. Vanhooydonck, and F. D. Vree. 2001. "The Implications of Bite Performance for Diet in Two Species of Lacertid Lizards." *Canadian Journal of Zoology* 79: 662–670.
- Hódar, J. A., F. Campos, and B. A. Rosales. 1996. "Trophic Ecology of the Ocellated Lizard *Lacerta lepida* in an Arid Zone of Southern Spain: Relationships with Availability and Daily Activity of Prey." *Journal of Arid Environments* 33: 95–107.
- Horn, H. S. 1966. "Measurement of "Overlap" in Comparative Ecological Studies." *The American Naturalist* 100: 419–424.
- Kalioztopoulou, A., J. C. Brito, M. A. Carretero, S. Larbes, and D. J. Harris. 2008. "Modelling the Partially Unknown Distribution of Wall Lizards *Podarcis* in North Africa: Ecological Affinities, Potential Areas of Occurrence and Methodological Constraints." *Canadian Journal of Zoology* 86: 992–1001.
- Kalioztopoulou, A., M. A. Carretero, and G. A. Llorente. 2012. "Morphology of the *Podarcis* Wall Lizards (Squamata: Lacertidae) from the Iberian Peninsula and North Africa: Patterns of Variation in a Putative Cryptic Species Complex: Morphology of Iberian *Podarcis*." *Zoological Journal of the Linnean Society* 164: 173–193.
- Kalioztopoulou, A., C. Pinho, D. J. Harris, and M. A. Carretero. 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: 779–800.
- Krebs, C. 1999. *Ecological Methodology*. New York: Addison Wesley Longman.
- Larbes, S., M. A. Carretero, and J. C. Brito. 2007. "Contribution à l'étude de la variabilité phénotypique du lézard des murailles *Podarcis* Sp. dans deux régions d'Algérie du nord (Kabylie et Belezma) [Contribution to the Study of the Phenotypic Variability of the Wall Lizard *Podarcis* Sp. in two Regions of Northern Algeria (Kabylie and Belezma)]." In *Abstract Book 'First Mediterranean Herpetological Congress' 16–20 Avril 2007*, edited by T. Slimani, 91. Marrakech.



- Lima, A., C. Pinho, S. Larbes, M. A. Carretero, J. C. Brito, and D. J. Harris. 2009. "Relationships of *Podarcis* Wall Lizards from Algeria Based on MtDNA Data." *Amphibia-Reptilia* 30: 483–492.
- Lo Cascio, P., and M. Capula. 2011. "Does Diet in Lacertid Lizards Reflect Prey Availability? Evidence for Selective Predation in the Aeolian Wall Lizard, *Podarcis raffonei* (Mertens, 1952) (Reptilia, Lacertidae)." *Biodiversity Journal* 2: 89–96.
- Lo Cascio, P., and S. Pasta. 2006. "Preliminary Data on the Biometry and the Diet of a Microinsular Population of *Podarcis wagneriana* (Reptilia: Lacertidae)." *Acta Herpetologica* 1: 147–152.
- Luiselli, L. 2008. "Do Lizard Communities Partition the Trophic Niche? A Worldwide Meta-analysis Using Null Models." *Oikos* 117: 321–330.
- Maragou, P., E. D. Valakos, Z. Giannopoulos, A. Stauropoulou, and B. P. Chondropoulos. 1996. "Feeding Ecology of *Podarcis peloponnesiaca* (Sauria: Lacertidae) in Spring." *Herpetozoa* 9: 105–110.
- Mella, J., C. Tirado, A. Cortés, and M. A. Carretero. 2010. "Seasonal Variation of Prey Consumption by *Liolaemus barbarae*, a Highland Lizard Endemic to Northern Chile." *Animal Biology* 60: 413–421.
- Mellado, J., F. Amores, F. Parreño, and F. Hiraldo. 1975. "The Structure of a Mediterranean Lizard Community." *Doñana, Acta Vertebrata* 2: 145–160.
- Mou, Y. 1987. "Ecologie trophique d'une population de lézards des murailles *Podarcis muralis* dans l'ouest de la France [Trophic Ecology of Population of Wall Lizards *Podarcis muralis* in the West of France]." *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 42: 81–100.
- Ortega-Rubio, A. 1991. "Trophic Partitioning and Community Organization in a Guild of Lizards in La Sierra De Guadarrama, Spain." *Ekologia* 10: 19–29.
- Ortega-Rubio, A., A. González-Romero, and R. Barbault. 1995. "Food Analysis and Resource Partitioning in a Lizard Guild of the Sonoran Desert, Mexico." *Journal of Arid Environments* 29: 367–382.
- Ouboter, P. E. 1981. "The Ecology of the Island-Lizard *Podarcis siculasalfii*." *Amphibia-Reptilia* 2: 243–257.
- Perera, A., V. Pérez-Mellado, M. A. Carretero, and D. J. Harris. 2006. "Variation between Populations in the Diet of the Mediterranean Lizard *Lacerta perspicillata*." *Herpetological Journal* 16: 107–113.
- Pérez-Mellado, V. 1982. "Estructura en una taxocenosis de Lacertidae (Sauria, Reptilia) del Sistema Central [Structure of a Lacertidae Taxocenosis (Sauria, Reptilia) of the Sistema Central]." *Mediterránea. Serie De Estudios Biológicos* 6: 39–64.
- Pérez-Mellado, V., and C. Corti. 1993. "Dietary Adaptations and Herbivory in Lacertid Lizards of the Genus *Podarcis* from Western Mediterranean Islands (Reptilia: Sauria)." *Bonner Zoologische Beiträge* 44: 193–220.
- Pérez-Quintero, J. C., and J. C. Rubio-García. 1997. "Feeding of *Psammotromus algirus* (L.) (Sauria, Lacertidae) in Coastal Areas of Huelva (SW Spain)." *Doñana, Acta Vertebrata* 24: 3–26.
- Pianka, E. R. 1981. "Competition and Niche Theory." In *Theoretical Ecology: Principles and Applications*, edited by R. M. May, 167–196. London: Blackwell.
- Pollo, C. J., and V. Perez-Mellado. 1988. "Trophic Ecology of a Taxocenosis of Mediterranean Lacertidae." *Ecologia Mediterranea* 14: 131–147.
- Pollo, C. M., and V. Pérez-Mellado. 1991. "An Analysis of a Mediterranean Assemblage of Three Small Lacertid Lizards in Central Spain." *Acta Oecologica* 12: 655–671.
- Rouag, R., I. Berrahma, and L. Luiselli. 2006. "Food Habits and Daily Activity Patterns of the North African Ocellated Lizard *Timon pater* from Northeastern Algeria." *Journal of Natural History* 40: 1369–1379.
- Rouag, R., H. Djilali, H. Gueraiche, and L. Luiselli. 2007. "Resource Partitioning Patterns between Two Sympatric Lizard Species from Algeria." *Journal of Arid Environments* 69: 158–168.
- Rugiero, L. 1994. "Food Habits of the Ruin Lizard, *Podarcis sicula* (Rafinesque-Schmaltz, 1810), from a Coastal Dune in Central Italy." *Herpetozoa* 7: 71–73.
- Sagonas, K., P. Pafilis, P. Lymberakis, and E. D. Valakos. 2015. "Trends and Patterns in the Feeding Ecology of the Widespread Balkan Green Lizard *Lacerta trilineata* (Squamata: Lacertidae) in Insular and Continental Greece." *North-Western Journal of Zoology* 11: 117–126.
- Schoener, T. W. 1971. "Theory of Feeding Strategies." *Annual Review of Ecology and Systematics* 2: 369–404.
- Seva, E. 1984. "Reperto de recursos en dos especies psammofílas de saurios: *Acanthodactylus erythrurus* y *Psammotromus algirus*. Arenal costero de Alicante [Resource Sharing Between Two Psammophile Species of Lizards: *Acanthodactylus erythrurus* and *Psammotromus algirus*. Arenal Coast of Alicante]." *Mediterránea. Serie De Estudios Biológicos* 7: 5–25.
- Simović, A., and A. Marković. 2013. "A Case of Cannibalism in the Common Wall Lizard, *Podarcis muralis*, in Serbia." *Hyla* 2013: 40–41.
- Sneath, P. H. A., and R. R. Sokal. 1973. *Numerical Taxonomy*. San Francisco, CA: Freeman.
- Tatin, L., J.-D. Chapelin-Viscardi, J. Renet, E. Becker, and P. Ponel. 2013. "Patron et variations du régime alimentaire du lézard ocelle *Timon lepidus* en milieu steppique méditerranéen semi-aride (plaine de Crau, France) [Diet Pattern and Variations of Ocellated Lizard *Timon lepidus* in a Mediterranean Steppe Area (Crau Plain, France)]." *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 68: 47–58.
- Thirion, J.-M., P. Grillet, and M. Cheylan. 2009. "Composition et variation saisonnière du régime alimentaire du lézard ocelle *Timon lepidus* sur l'île d'Oléron (France) à partir des feces [Composition and Seasonal Variation of the Diet of the Ocellated Lizard *Timon lepidus* on Oleron Island (France) Through Scat Analysis]." *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 64: 239–250.
- Tracy, C. R., and K. A. Christian. 1986. "Ecological Relations among Space, Time, and Thermal Niche Axes." *Ecology* 67: 609–615.
- Valverde, J. A. 1967. *Estructura de una comunidad mediterránea de vertebrados terrestres* [Structure of a Mediterranean Community of Terrestrial Vertebrates]. Monografías de Ciencias Moderna, 76. Madrid: CSIC. Estación Biológica de Doñana, 1.
- Van Damme, R. 1999. "Evolution of Herbivory in Lacertid Lizards: Effects of Insularity and Body Size." *Journal of Herpetology* 33: 663–674.
- Verdú-Ricoy, J., S. Carranza, A. Salvador, S. D. Busack, and J. A. Díaz. 2010. "Phylogeography of *Psammotromus algirus* (Lacertidae) Revisited: Systematic Implications." *Amphibia-Reptilia* 31: 576–582.
- Vincente, L. A., P. R. Araujo, and R. Barbault. 1995. "Écologie trophique de *Podarcis bocagei berlengensis* et de *Lacerta lepida* (Sauria, Lacertidae) sur l'île de Berlenga (Portugal) [Trophic Ecology of *Podarcis bocagei berlengensis* and *Lacerta lepida* (Sauria, Lacertidae) on the Island of Berlenga (Portugal)]." *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 50: 317–351.

- Žagar, A., and M. A. Carretero. 2012. "A Record of Cannibalism in *Podarcis muralis* (Laurenti, 1768) (Reptilia, Lacertidae) from Slovenia." *Herpetology Notes* 5: 211–213.
- Zaime, A., and J.-Y. Gautier. 1989. "Comparaison des regimes alimentaires de trois especes sympatriques de Gerbillidae en milieu saharien, au Maroc [The Diet of Three Sympatric Gerbillid Species in a Saharan Environment, Morocco]." *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 44: 153–163.
- Znari, M., and E. El Mouden. 1997. "Seasonal Changes in the Diet of Adult and Juvenile *Agama impalearis* (Lacertilia: Agamidae) in the Central Jbilet Mountains, Morocco." *Journal of Arid Environments* 37: 403–412.
- Znari, M., E. H. El Mouden, H. Benfaida, and A. Boumezzough. 2000. "Partage des ressources spatiales et trophiques au sein d'un peuplement de lézards insectivores des Jbilet centrales (Maroc occidental) [Sharing Space and Food Resources in an Insectivorous Lizards Community of Central Jbilet (Western Morocco)]." *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 55: 141–160.

## II. 2. Ecologie trophique du lézard des murailles *P. vaucheri*

### Article 3

#### **Seasonal variation in the diet and prey availability in the wall lizard *Podarcis vaucheri* (Boulenger, 1905) in the Djurdjura Mountains, northern Algeria**

Rabah Mamou<sup>a</sup>, Faïza Marniche<sup>b</sup>, Anthony Herrel<sup>c</sup> and Mansour Amroun<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Laboratoire d'écologie des vertébrés. University of Tizi-Ouzou, Algeria*

<sup>b</sup>*Laboratoire de Zoologie. Veterinary National School, Algiers, Algeria*

<sup>c</sup>*UMR 7179 C.N.R.S/M.N.H.N. Department of Ecology and Biodiversity Management, Bat Comparative Anatomy, Paris, France*

**Manuscrit soumis dans “*African Journal of Herpetology*”**

**ABSTRACT:** We studied the composition and seasonal changes in diet and prey selection in the wall lizard *Podarcis vaucheri* of the Djurdjura Mountains throughout its activity period, from April to October 2014. The analysis of 238 fecal pellets revealed 1206 prey items distributed in 19 OTUs. The most important prey categories were: Formicidae, Coleoptera, Aranea, Homoptera, Orthoptera. Significant seasonal variation in the taxonomic composition of the diet and prey availability was found. A significant difference in diet composition was observed between males and females in spring. The lizard displayed a more diverse dietary spectrum during this period, followed by a slight decrease in summer. However, a severe decrease in the food niche breadth was observed in autumn, resulting in a high consumption of ants. Comparison of diet composition and prey availability showed that lizards exhibited a clear selection of specific prey types, in contrast to what is often suggested for lacertid lizards.

**Key words:** diet, *Podarcis vaucheri*, electivity, Djurdjura, Algeria

## Introduction

Dietary studies are central for understanding the evolutionary biology, ecology, and life-history traits of organisms (Pianka and Vitt 2003; Perez-Mellado et al. 2011; Luiselli and Amori 2016). According to Nagy (2005), the most important form of energy to animals is probably that contained in the ingested prey. Moreover, the research and acquisition of adequate nutrition is one of the most fundamental challenges that affects fitness (Cooper and Vitt 2002).

In the majority of lacertid lizards, terrestrial invertebrates, and particularly insects, occupy a predominant part of the diet (Vitt and Pianka 2007, Arnold 1987, Carretero 2004). In general, lacertid lizards are considered dietary generalists (Arnold, 1987) that appear to be opportunistic predators with no apparent prey selection (Arnold, 1987; Lo Cascio and Capula, 2011; Mou, 1987; Pérez-Mellado and Corti, 1993). However, the diet of this family is characterized by a great plasticity (Carretero 2004), and prey choice can be related to several possible sources of variation such as competition and predation pressure, morphological and physiological constraints, food availability, foraging mode, time of activity, thermoregulatory tactics and phylogeny (Carretero, 2004; Vitt and Pianka, 2007).

*Podarcis vaucheri* (Boulenger, 1905) is a lacertid lizard from the southern Iberian Peninsula and North Africa. This excellent climber mostly prefers bedrock but also some moisture. It also frequents urbanized areas where it likes good sunny walls (Fahd 1993). This generalist can be found in rocky, bushy or even forest areas from the sea level to 3100 m (Schleich et al. 1996). In the mountains, this lizard lives between plant debris and rocks where soil is accumulated (Schleich et al. 1996). Although formerly considered a subspecies of *Podarcis hispanica*, it has been elevated to species level (Oliverio et al. 2000; Busack et al. 2005). However, it seems likely that, as in the Iberian Peninsula, various incipient species exist within the complex *P.*

*vaucheri* in North Africa (Lima et al. 2009). In the same study Lima et al. 2009 identified four different lineages in Algeria (Moroccan, Tunisian, Aurés and Azazga) and two are exclusively Algerian. This increases the number of "forms" in North Africa to five (Kaliontzopoulou et al. 2011). Djurdjuran populations belong to the Moroccan line which more closely related to that of the Iberian Peninsula.

Data on the biology and ecology of *P. vaucheri* are scarce, contrary to European *Podarcis* species that are rather well studied. Yet, previous studies have provided data on the trophic ecology (Carretero et al., 2006; Mamou et al., 2016), thermal biology (Veríssimo and Carretero 2009), as well as parasitological studies (Carretero et al., 2011, Damas-Moreira et al., 2014) of this species allowing us to better understand its biology.

In this paper we present and discuss the first data on the temporal variation in trophic ecology of this species in the Djurdjura mountains of Algeria. In addition to providing basic knowledge on the diet of this lizard, our results also contribute to a better understanding of the insect fauna of this region which remains poorly known. Finally, data on prey availability in addition to data on the diet of *P. vaucheri* will allow us to better understand diet selection in lacertid lizards in general.

## MATERIALS ET METHODS

### Study area

The Djurdjura national park is located in the north east of Algeria in a very rugged mountainous region between Bouira and Tizi-Ouzou. Extending over an area of 18 500 ha. The Djurdjura is the highest of the coastal massifs of Algeria (Lespès 1909). It is characterized by a Mediterranean climate and belongs to the humid bioclimatic stage (Amroun et al 2014, Carretero 2011, Hamdin 1993). Abundant rainfall is observed during the cold season (from October to May) and a short dry period exists (June to September). Vegetation is dominated by forests (*Quercus canariensis*, *Quercus suber*, *Quercus ilex*, *Pinus halepensis* et *Cedrus atlantica*) (Carretero et al. 2011). We conducted our study in the Tala Guilef sector, which is located in the western part of the northern slope of the Djurdjura Mountain, It is located approximately 140 km southeast of Algiers and 45 km southwest of Tizi Ouzou (36°39' N, 4°01' E).

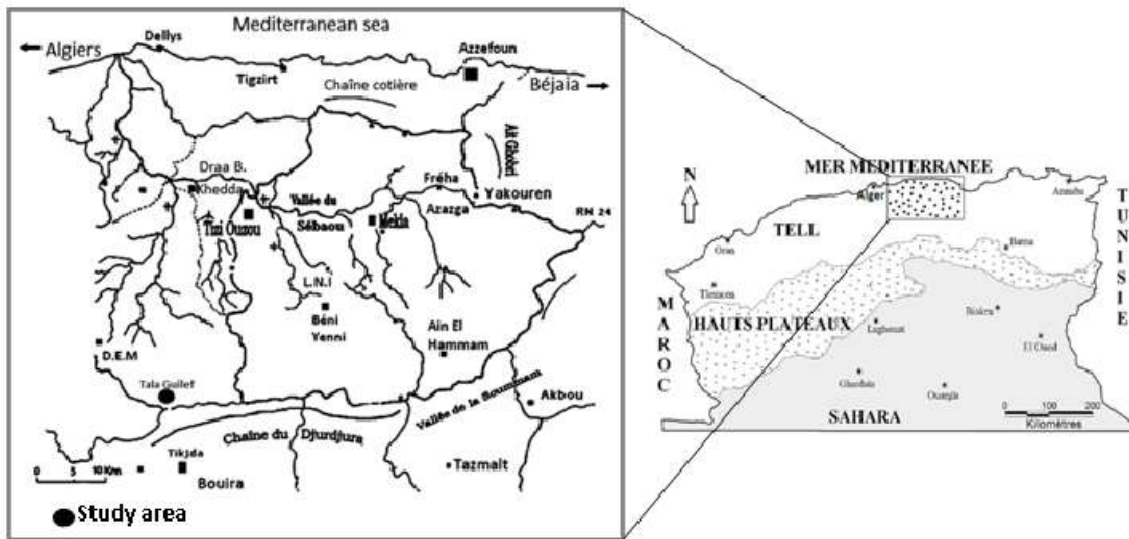


Figure 1: Location of the study site (Tala Guilef Sector) in the Djurdjura massif, northern Algeria.

The samples were collected in two types of habitats that seem attractive for the wall lizard *Podarcis vaucheri*: rock formations with various stones and rocks from the Haizer massif, and a river situated between the first rocky habitat and a cedar forest which is commonly frequented by the lizards during warm hours and/or days (see also Mamou et al., 2016).

### Sampling protocol and diet identification

We captured lizards from April to October 2014 by hand or by noose and took them to the laboratory. Fecal pellets were collected by keeping animals in a terrarium (44 cm × 55 cm × 77 cm) heated with a lamp (160 W) placed above one end. Water was provided *ad libitum*. After a day of observation, lizards were released to their site of capture. A total of 238 fecal pellets were obtained (64 in spring, 110 in summer and 64 in autumn), dried and then stored in separate Eppendorf tubes (2 ml) with 70% ethanol and labeled.

Prey items were subsequently identified under a binocular microscope with 10–40× magnification, and their determination was performed down to the lowest possible taxon. However, for a proper analysis of data, they are separated into Operational Taxonomy Units (OTUs; Carretero 2004; Sneath and Sokal 1973).

To estimate invertebrates potentially available to *P. vaucheri*, 10 pitfall traps per month were set for 48 hours in the study area. The collected material from all traps was preserved in 70% ethanol and was identified to the lowest possible taxonomic level and then classified using the same OTUs as those used for the consumed prey.

## Data analysis

Diet composition was expressed by: (1) relative occurrence (%P), which is the percentage of pellets containing a prey category (OTU), and (2) relative abundance (%N), which is the percentage of the total number of each (OTUs) in the pellets, (3) trophic niche diversity using the standardized Levins index ( $B_A$ ), which ranges from 0 to 1, where '1' indicates a generalized diet and a value of '0' indicates a specialized tendency (Krebs, 1999). In addition, we used the Morisita-Horn index ( $C_H$ ) to estimate similarity between seasonal diets (Horn 1966). This parameter varies between 0 (no similarity) and 1 (total similarity) (Krebs 1999). Prey selection was calculated with Vanderploeg and Scavia (1979) relativized electivity index ( $E^*$ ). The values of  $E^*$  ranges between '-1' (negative preference) and '1' (positive preference). Only OTUs present in both the feces and traps were considered in our electivity indices (Carne & Measey 2013).

In relation to season and sex, we used the Kruskal-Wallis H test and Mann-Whitney U tests to compare the number of items per feces and the chi-squared test ( $\chi^2$ ) to compare the relative frequencies of the OTUs. We also used a Spearman rank correlation ( $r_s$ ) to examine the relation between relative abundance (%N) and relative occurrence (%P) of prey categories and to estimate correlations between electivity values and prey availability.

## RESULTS

### Taxonomic composition of the diet

The food spectrum of *P. vaucheri* was composed mainly by arthropods (Table 1). The analysis of 238 fecal pellets revealed 1206 items grouped in 19 OTUs, representing 5.07 items/feces. With respect to relative abundance, insects were the most represented with 87.29% of ingested prey followed by spiders (10.84%). Opiliones, Arachnida, Acari, Gasteropoda and plants did not exceed 1%.

According to the relative abundance and occurrence values, we found that among insects, four categories (OTUs) were highly consumed: The Formicidae, Coleoptera, Hemiptera and finally Orthoptera. There was a significant positive rank correlation between relative abundance (%N) and relative occurrence (%P) of prey OTUs ( $r_s = 0.97$ ;  $P < 0.0001$ ). Indicating that frequently eaten preys were also consumed in large quantities.

Several genera and species of Formicidae were identified: *Camponotus* sp., *Cataglyphis* sp., *Messor* sp., *Pheidole pallidula*, *Crematogaster scutellaris*, *Solenopsis* sp., *Aphaenogaster* sp., *Tetramorium* sp., *Monomorium* sp., *Tapinoma* sp., *Tapinoma simroti* and *Plagiolepis* sp. Two families of beetles were most commonly consumed: Staphylinidae (27.74%)

and Scarabaeidae (24.52%), followed by Curculionidae (12.26%). We identified *Quedius* sp. and *Philonthus* sp. in Staphylinidae; *Aphodius* sp. and *Onthophagus* sp. for Scarabaeidae, and *Sitona* sp. in Curculionidae. Regarding the Homoptera, the family of Cicadellidae dominated with 82.09%. The genera we could identify were: *Agallia*, *Eupelix*, *Cicadela* and *Macrosteles*. For Orthoptera, Acrididae were highly consumed (83.19%), and the genera and species identified were: *Calliptamus* sp., *Omocestus* sp., *Oedipoda* sp., *Thysiocetrus* sp., *Pezotettix giornae* and *Dociostaurus jagoi jagoi*.

**Table 1:** Taxonomical composition of the diet in *P. vaucheri*. %P: occurrence; %N: relative abundance; n: number of identified items; and BA: standardized index of Levin.

	Spring				Summer				Fall				Total	
	Males		Females		Males		Females		Males		Females			
OTUs	%N	%P	%N	%P	%N	%P	%N	%P	%N	%P	%N	%P	%N	%P
Opiliones	0.56	2.5	1.18	4.17	0.30	1.47	0	0	0.67	4.76	0	0	0.86	2.94
Araneae	13.56	45	22.35	70.83	13.29	32.35	8.11	33.33	5.33	33.33	4.65	33.33	10.84	37.82
Arachnida	0	0	0	0	0	0	0.54	2.38	0	0	0	0	0.06	0.42
Acari	0	0	0	0	0	0	1.08	2.38	0.67	4.76	0	0	0.21	0.84
Dictyoptera	2.26	10	0	0	1.81	7.35	6.49	19.05	1.33	9.52	0	0	2.22	9.66
Orthoptera	5.65	22.5	9.41	25	18.43	67.65	13.51	45.24	4	28.57	0	0	9.01	39.92
Formicidae	5.08	17.5	5.88	20.83	16.92	27.94	16.22	40.48	78.67	61.9	84.88	91.67	29.84	36.97
Hymenoptera	6.78	20	16.47	29.17	3.02	10.29	8.11	21.43	2.67	19.05	0	0	6.40	19.33
Coleoptera	38.42	67.5	18.82	41.67	6.65	25	4.32	14.29	2.67	14.29	3.49	25	15.82	35.71
Hemiptera	3.39	12.5	7.06	20.83	0.6	1.47	1.08	4.76	0.67	4.76	3.49	25	2.25	7.98
Heteroptera	3.95	10	5.88	16.67	0.91	4.41	4.86	16.67	0	0	0	0	2.61	8.82
Homoptera	2.82	7.5	0	0	23.87	45.59	23.24	42.86	0.67	4.76	2.33	16.67	9.06	24.79
Isoptera	0	0	0	0	0.3	1.47	0.54	2.38	0	0	0	0	0.13	0.84
Lepidoptera larvae	4.52	17.5	7.06	25	0	0	0.54	2.38	0.67	4.76	0	0	2.08	7.14
Diptera	12.43	40	5.88	16.67	6.04	19.12	5.41	23.81	1.33	9.52	1.16	8.33	5.84	20.59
Dermaptera	0.56	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.21	0.84
Nevroptera	0	0	0	0	6.65	8.82	3.24	7.14	0	0	0	0	1.81	3.78
Gasteropoda	0	0	0	0	0.91	2.94	1.62	7.14	0	0	0	0	0.39	2.10
Vegetal matter	0	0	0	0	0.3	0	1.08	2.38	0.67	4.76	0	0	0.35	1.26
items/pellet	4.42 ± 0.40		3.54 ± 0.54		4.87 ± 0.57		4.40 ± 0.42		7.14 ± 2.01		7.78 ± 1.76		5.07 ± 0.36	
Number of items	262				516				428				1206	
BA	0.42				0.36				0.08					

No significant difference in the mean number of items per feces was observed between the two sexes (Mann-Whitney U test:  $Z = 0.29$ ,  $P = 0.77$ ). Also, throughout the period of activity of *P. vaucheri*, males and females showed a similar diet composition ( $\chi^2 = 8.45$ ; d.f. = 18;  $P < 0.97$ ). However, a significant difference was observed in spring ( $\chi^2 = 24.33$ ; d.f. = 12;  $P = 0.018$ ) with males consuming mainly



Coleoptera, Araneae and Diptera and females preferring Araneae, Coleoptera and Hymenoptera.

### Dietary variation

The mean number of items per feces varied from  $4.1 \pm 0.32$  in spring to  $4.7 \pm 0.37$  in summer, and  $6.7 \pm 1.11$  in autumn. However, there was a significant difference between the three seasons (Kruskal-Wallis test:  $H = 1.54$ ,  $P = 0.46$ ). The highest value was attributed to a feces sampled in September, composed of 57 items with 55 belong to a single ant species *Solenopsis* sp.

Statistical analysis showed a significant influence of seasonal variation on the diet of *P. vaucheri* in Djurdjura ( $\chi^2 = 74.12$ ;  $P < 0.0001$ ; d.f. = 17). Figure three shows a detailed overview of this variation. In spring, the diet is more diversified ( $B_A = 0.45$ ) and 13 OTUs are identified. The most consumed are: Coleoptera, Araneae and Diptera. In summer, we observed a change in the diet composition and a light reduction in food niche diversity ( $B_A = 0.36$ ). Among the 18 OTUs consumed, the most represented are: Homoptera, Formicidae, Orthoptera and Araneae. During autumn, there was a dramatic reduction in the trophic niche breadth ( $B_A = 0.08$ ) characterized by a high consumption of Formicidae.

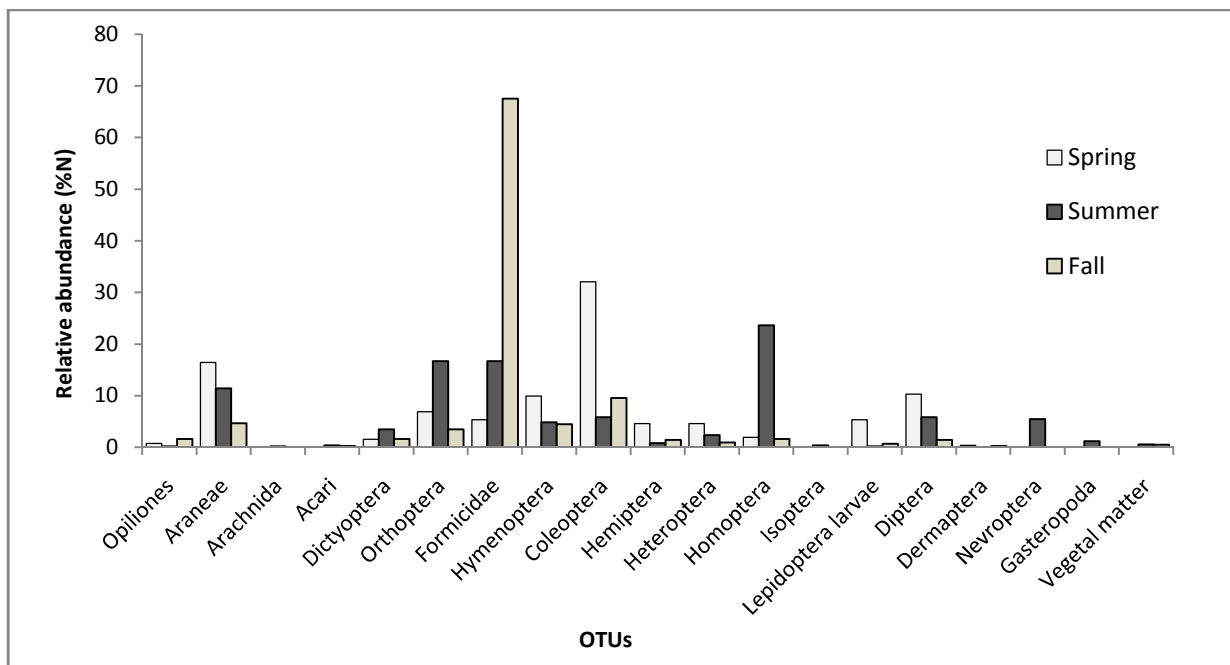
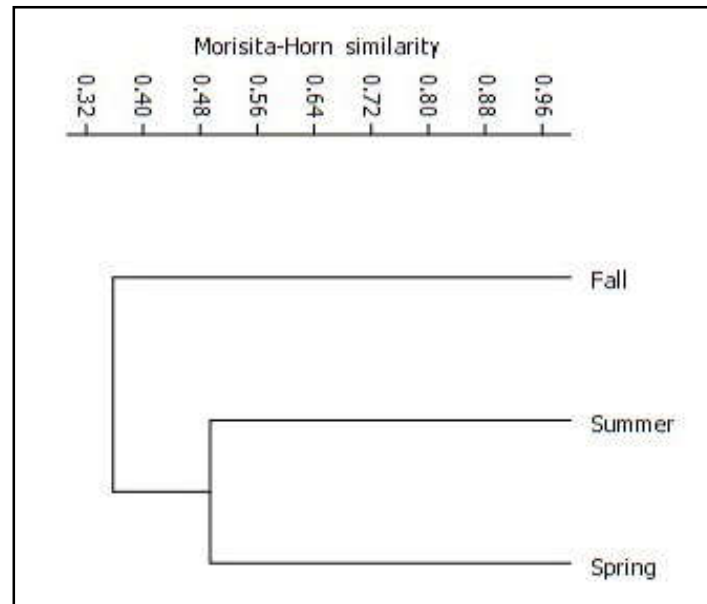


Figure 2: Seasonal variation among the different OTUs in the diet of *P. vaucheri*.

Figure 3, indicated the niche overlap between seasons. The largest similarity was noted between two successive seasons, and the highest value of Morisita-Horn index

(C<sub>A</sub>) assigned to spring-summer (0.49), followed by summer-fall (0.45) and finally by spring-fall (0.27).



**Figure 3:** Dendrogram of Hierarchical Cluster Analysis on diet of *P. vaucheri* for the three study seasons.

### Prey availability and electivity

Statistical analysis revealed significant seasonal variation in the invertebrate community ( $\chi^2 = 29.757$ ;  $P = 0.040$ ; d.f. = 18). In spring, invertebrates community seems more diversified ( $B_A = 0.63$ ), the most dominated preys are: Collembola (23.31%), Coleoptera (17.91%), Formicidae (17.23%) and Homoptera (12.84%). In summer, we noticed a hard reduction of prey availabilities ( $B_A = 0.08$ ), and only Formicidae dominated (65.48%). However, in autumn, we observed an increase ( $B_A = 0.23$ ), but ants remained the most abundant: Formicidae (45.6%), Coleoptera (15.75%) and Collembola (14.29%).

**Tableau 2:** Relative abundance of prey categories (OTUs) in field.

OTUs	Spring	Summer	Fall
<b>Collembola</b>	23.31	4.65	14.29
<b>Opiliones</b>	2.36	1.59	5.31
<b>Araneae</b>	5.07	3.43	1.83
<b>Arachnida</b>	6.42	1.47	8.79
<b>Chilopoda</b>	0.68	0	0.18
<b>Diplopoda</b>	0	0	0.37
<b>Archeognatha</b>	0	0.49	0
<b>Dictyoptera</b>	0.34	3.79	0.55
<b>Orthoptera</b>	0.68	0.49	0
<b>Formicidae</b>	17.23	65.48	45.6
<b>Hymenoptera</b>	3.04	1.59	1.28
<b>Coleoptera</b>	17.91	6.24	15.75
<b>Heteroptera</b>	3.04	0.24	0
<b>Homoptera</b>	12.84	2.2	0.18
<b>Isoptera</b>	0.34	1.96	0
<b>Lepidoptera</b>	0.68	0.37	0.73
<b>Diptera</b>	4.73	3.43	4.95
<b>Thysanoptera</b>	0.34	0.12	0.18
<b>Psocoptera</b>	1.01	0	0
<b>B<sub>A</sub></b>	<b>0.63</b>	<b>0.08</b>	<b>0.23</b>

During the three study seasons there was no correlation between prey consumed and availability (spring:  $r_s = 0.493$ ,  $P = 0.123$  ; summer:  $r_s = 0.496$ ,  $P = 0.085$  ; autumn:  $r_s = 0.419$ ,  $P = 0.228$ ). However, the Vanderploeg and Scavia electivity indices ( $E^*$ ),  $E^*$  value ranged from -0.953 to 0.741 (Table 4).

**Table 4:** Potential available prey and prey consumed by *P. vaucheri*. A: available OTUs, E: eaten OTUs,  $E^*$ = Electivity index.

OTUs	Spring			Summer			Fall		
	A	E	$E^*$	A	E	$E^*$	A	E	$E^*$
<b>Opilionides</b>	7	2	-0.817	13	1	-0.953	29	7	-0.772
<b>Araneae</b>	15	43	0.004	28	59	-0.205	10	20	0.032
<b>Arachnida</b>	19	0		12	1	-0.855	48	0	
<b>Dictyoptera</b>	1	4	0.169	31	18	-0.692	3	7	0.108
<b>Orthoptera</b>	2	18	0.520	4	86	0.741	0	15	
<b>Formicidae</b>	51	14	-0.824	535	86	-0.904	249	289	-0.236
<b>Hymenoptera</b>	9	26	0.008	13	25	-0.248	7	19	0.182
<b>Coleoptera</b>	53	84	-0.285	51	30	-0.689	86	41	-0.595
<b>Heteroptera</b>	9	12	-0.362	2	12	0.305	0	4	
<b>Homoptera</b>	38	5	-0.912	18	122	0.360	1	7	0.577
<b>Isoptera</b>	1	0		16	2	-0.925	0	0	
<b>Lepidoptera</b>	2	14	0.422	3	1	-0.811	4	3	-0.429
<b>Diptera</b>	14	27	-0.192	28	30	-0.497	27	6	-0.788

Our results showed a marked change in the selection of prey during the three seasons considered. However, we have limited our analysis to the 5 most consumed OTUs: Formicidae, Coleoptera, Homoptera, Araneae and Diptera. Also two categories have been eliminated: Orthoptera, because our sampling method reflects essentially terrestrial prey and flying prey are poorly represented in our samples, and Collembola which were never eaten by lizards because of their small size, despite their availability.

Beetles showed a selectivity value not far from zero in spring, but were severely avoided in summer and autumn. Concerning ants, they were rejected in the spring and summer, but a selection close to zero was noted in autumn. The Homoptera category appeared to be rejected in spring, and then was selected in summer and autumn. However, the selectivity of spiders seemed to vary little and close to zero, throughout the lizards' activity cycle. Diptera, were preferred in spring then were gradually rejected until autumn.

## DISCUSSION

Our results indicate that *P. vaucheri* has a primarily arthropod diet, composed principally of insects, as reported in other *Podarcis* species (Mou 1987; Capula et al. 1993; Pérez-Mellado and Corti 1993; Richard and Lapini 1993; Rugiero 1994; Capula and Luiselli 1994; Vincente et al. 1995; Maragou et al. 1996; Adamopoulou et al. 1999; Adamopoulou and Legakis 2002; Burke and Mercurio, 2002; Bombi et al. 2005;

Carretero et al. 2006, 2010; Lo Cascio and Pasta 2006; Lo Cascio and Capula 2011; Kaliontzopoulou et al. 2012; Zuffi and Giannelli 2013; Mamou et al. 2016; Pérez-Cembranos et al. 2016).

The series of studies conducted on the diet of *Podarcis* species revealed particular adaptations to trophic resources scarcity. It's the case of herbivory and myrmecophagy, commonly observed in several populations from the Mediterranean islands (Ouboter 1981; Pérez-Mellado and Corti 1993; Adamopoulou et al. 1999; Van Damme 1999; Adamopoulou and Legakis 2002; Carretero 2004; Bombi et al. 2005; Herrel et al. 2008; Carretero et al. 2010; Brock et al. 2014; Pérez-Cembranos et al. 2016). However, extreme trends in the feeding ecology in this genus are recorded, as the consumption of marine prey (Castilla et al. 2008, 2009; Lo Cascio and Pasta 2006), oophagy (Brock et al. 2014; Dappen 2011; Žagar et al. 2016), consumption of conspecifics (Pérez-Mellado and Corti 1993; Rugiero 1994; Castilla and van Damme 1996; Adamopoulou and Legakis 2002; Burke and Mercurio 2002; Bombi et al. 2005; Pafilis et al. 2009; Carretero et al. 2010; Capula and Aloise 2011; Grano et al. 2011; Žagar and Carretero 2012; Simović and Marković 2013; Dias et al. 2016; Pérez-Cembranos et al. 2016) other lizard species or small mammals (Capula and Aloise 2011), as well as the meat remaining in the carcasses (Pérez-Cembranos et al. 2016). These adaptations to island conditions, mainly herbivory, can generate microevolution, as reported by Herrel et al. 2008 and Vervust et al. 2010, who showed how *Podarcis sicula* lizard have rapidly evolved differences in morphology, bite strength, and digestive performance after 36-year experimental introduction into a novel environment.

The majority of studies conducted on the feeding ecology of the *Podarcis* genus is limited to a short period and used small samples and thus reflect part of the trophic strategy of the species studied. As in the previous ecological study carried out on *P. vaucheri*, limited to spring in Oukaïmeden Plateau of Morocco (Carretero et al. 2006), or spring and summer in the same population of this study (Mamou et al. 2016). However, the advantage of this present study provides a complete overview of the feeding behavior of *P. vaucheri* during its activity cycle.

Our results showed an opportunistic diet of *P. vaucheri*, with a great number of (OTUs) ingested and a clear seasonality in its food spectrum and feeding strategy. Furthermore, the comparison of the diet composition revealed an absence of correlation with prey availability. In addition, the selectivity index calculated for each period showed that lizards seemed to avoid some preys and selected others, depending on the environmental conditions and needs and/or

requirements of the lizards. Moreover, this selective predation was already reported in other species of Lacertidae (Adamopoulou and Legakis 2002; Hóðar et al. 1996; Lo Cascio and Capula 2011; Maragou et al. 1996; Pérez-Cembranos et al. 2016; Pérez-Mellado et al. 1991).

The analysis of trophic diversity indicates that *P. vaucheri* has a more diversified diet in spring. Limited to this period, our results are in agreement with those reported by Carretero et al. 2006 and Mamou et al. 2016, and revealed a similar diet to that known in the *Podarcis* genus, with a preference for beetles, as reported in many studies (Maragou et al. 1996; Adamopoulou et al. 1999; Carretero et al. 2006; Lo Cascio and Capula 2011; Mamou et al. 2016; Maragou et al. 1996; Vincente et al. 1995; Zuffi and Giannelli 2013). But also a negative selection of certain prey categories, such as Ants and Homoptera.

During summer, there is a decrease in diet diversity, due to the reduction in prey availability, but mainly to the reduction of the time available for activity, assigned to the high temperatures. This is shown by our availability results, where summer showed the lowest diversity in invertebrates' availability. Despite high availability of Ants in the environment during this period, they are not selected by lizards, who preferred Homoptera, as reported in *P. muralis* (Mou 1987 ; Richar and Lappini 1993), followed by the Orthoptera, Ants and Spiders. However, the high consumption of these prey, particularly Homoptera, Orthoptera, Araneae, is linked to their high water richness, and are used by lizards to compensate the lack of water in summer, as reported in other Lacertidae (Pollo and Perez-Mellado 1988; Adamopoulou and Legakis 2002; Mamou et al. 2016).

An interesting finding was the high consumption of Ants in autumn, followed by a strong reduction of the food niche breadth, and lizards become less selective despite an increase in available prey diversity. Feeding on Ants is already known in both mainland and insular species of *Podarcis* (Pérez-Mellado and Corti 1993; Capula and Luiselli 1994; Carretero 2004; Bombi et al. 2005). This can be explained by the gregarious nature of ants; this strategy may allow this species to reduce the energy used in its search for food, and thus may compensate for their weak profitability and noxiousness (Carretero, 2004; Mella et al., 2010; Pérez-Mellado and Corti, 1993; Pollo and Perez-Mellado, 1988; Pollo and Pérez-Mellado, 1991). This is reminiscent of an 'optimal foraging' approach, defined as the difference between energetic contribution of prey and expended energy by predator to catch and ingest it, relative to the time needed to capture a prey (Schoener 1971; Stamps et al. 1981). In addition, there is an increase in the average number of items per feces during this period. This strategy

was used by lizards to rebuild the reserves and compensate the energetic resources expended during breeding period, before approach of the winter and the entry in hibernation (Carretero 2004; Vincente 1995).

Observing the data obtained along the activity cycle of *P. vaucheri*, males and females shared a common pattern in their feeding ecology. Their diets were very similar, except in spring, where everyone expressed these dietary preferences. However, in summer and autumn, both sexes are obliged to converge in their trophic preferences. Concerning the type of prey in diet, *P. vaucheri* consumed mainly terrestrial preys like Coleoptera, Spiders, Hymenoptera, Homoptera, Heteroptera and Orthoptera. With a foraging strategy, it could be classified in actively foraging type, as reported by Mamou et al. 2016 and Carretero et al. 2006, typical of most Mediterranean lacertids. However, in autumn the lizards adopt a passive tactic, consuming a large quantity of Ants.

In conclusion, the diet of *P. vaucheri* is characterized by strong seasonal variations, attributed to variation in insects' availability, change in activity due to temperature differences between seasons, difference in trophic requirements related to reproductive status and approach of the cold season and hibernation. However, it's interesting to test the influence of the morphology, mainly the head size, on the choice of prey as showed by several studies (for example: Herrel 1996; Verwajen et al. 2002; Huyghe et al. 2007; Kaliontzopoulou et al. 2012; Sagonas et al. 2014).

### ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Youcef Meribai, National Park director, for permission to carry out work in the Tala Guilef sector. We thank all the staff of this sector, especially Moussa and Mohand for their assistance with the field work.

### Bibliography

- Adamopoulou C, Legakis A. 2002. Diet of a Lacertid lizard (*Podarcis milensis*) in an insular dune ecosystem. *Israel journal of zoology* 48: 207–219.
- Adamopoulou C, Valakos ED, Pafilis P. 1999. Summer diet of *Podarcis milensis*, *P. gageae* and *P. erhardii* (Sauria: Lacertidae). *Bonner Zoologische Beiträge* 48: 275–282.
- Arnold EN. 1987. Resource partition among lacertid lizards in southern Europe. *Journal of Zoology* 1: 739–782.
- Bombi P, Vignoli L, Scalera R, Bologna MA. 2005. Food habits of *Podarcis filfolensis* (Reptilia, Lacertidae) on a small Mediterranean island during the dry season. *Amphibia-Reptilia* 26: 412.

- Brock MK, Donihue MC, Pafilis P. 2014. New records of frugivory and ovophagy in *Podarcis* (Lacertidae) lizards from East Mediterranean Islands. *Northwestern Journal of Zoology* 10: 223–225.
- Burke RL, Mercurio RJ. 2002. Food habits of a New York population of Italian wall lizards, *Podarcis sicula* (Reptilia, Lacertidae). *The American midland naturalist* 147: 368–375.
- Busack SD, Lawson R, Arjo WM. 2005. Mitochondrial DNA, allozymes, morphology and historical biogeography in the *Podarcis vaucheri* (Lacertidae) species complex. *Amphibia-Reptilia* 26: 239–256.
- Capula M, Aloise G. 2011. Extreme feeding behaviours in the Italian wall lizard, *Podarcis siculus*. *Acta Herpetologica* 6: 11–14.
- Capula M, Luiselli L. 1994. Resource partitioning in a Mediterranean lizard community. *Bolletino di zoologia* 61: 173–177.
- Carretero MA. 2004. From set menu to a la carte. Linking issues in trophic ecology of Mediterranean lacertids. *Italian Journal of Zoology* 71: 121–133.
- Carretero MA, Cascio PL, Corti C, Pasta S. 2010. Sharing resources in a tiny Mediterranean island? Comparative diets of *Chalcides ocellatus* and *Podarcis filfolensis* in Lampione. *Bonn Zoological Bulletin* 57: 111–118.
- Carretero MA, Llorente GA. 1993. Feeding of two sympatric lacertids in a sandy coastal area (Ebro Delta, Spain). In: *Lacertids of the Mediterranean Region. A Biological approach*. Athens, Greece: Hellenic Zoological Society. pp. 155–172.
- Carretero MA, Perera A, Harris DJ, Batista V, Pinho C. 2006. Spring diet and trophic partitioning in an alpine lizard community from Morocco. *African Zoology* 41: 113–122.
- Carretero MA, Roca V, Larbes S, Ferrero A, Jorge F. 2011. Intestinal helminth parasites of Wall lizards, *Podarcis vaucheri* Complex (Sauria: Lacertidae) from Algeria. *Journal of Herpetology* 45: 385–388.
- Castilla AM, Herrel A, Gosa A. 2009. Marine prey in the diet of *Podarcis atrata* from the Columbretes Islands. *Munibe* 57: 187–190.
- Castilla AM, Vanhooydonck B, Catenazzi A. 2008. Feeding behaviour of the Columbretes lizard *Podarcis atrata*, in relation to Isopoda (Crustaceae) species: *Ligia italica* and *Armadillo officinalis*. *Belg. J. Zool.* 138: 146–148.
- César Pollo Mateos VP-M. 1991. An analysis of a Mediterranean assemblage of three small lacertid lizards in Central Spain. *Acta Oecologica* 12: 655–671.
- Cooper WE, Vitt LJ. 2002. Distribution, extent, and evolution of plant consumption by lizards. *Journal of Zoology* 257: 487–517.
- Damas-Moreira I, Harris DJ, Rosado D, Tavares I, Maia JP, Salvi D, Perera A. 2014. Consequences of haemogregarine infection on the escape distance in the lacertid lizard, *Podarcis vaucheri*. *Acta Herpetologica* 9: 119–123.
- Dappen N. 2011. Cold-blooded Cannibals. Observations on cannibalistic egg eating and predation on juveniles within *Podarcis pityusensis*. *www.lacerta.de* art.113.



- Fahd S. 1993. Atlas préliminaire des reptiles du Rif (Nord du Maroc). Thèse troisième cycle. Tétouan: Abdelmalek Essaâdi.
- Herrel. 1996. Sexual dimorphism of head size in *Podarcis hispanica atrata*: Testing the dietary divergence hypothesis by bite force analysis. *Netherlands Journal of Zoology* 46: 253–262.
- Herrel A, Huyghe K, Vanhooydonck B, Backeljau T, Breugelmans K, Grbac I, Van Damme R, Irschick DJ. 2008. Rapid large-scale evolutionary divergence in morphology and performance associated with exploitation of a different dietary resource. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 4792–4795.
- Hódar JA, Campos F, Rosales BA. 1996. Trophic ecology of the Ocellated Lizard *Lacerta lepida* in an arid zone of southern Spain: relationships with availability and daily activity of prey. *Journal of Arid Environments* 33: 95–107.
- Huyghe K, Vanhooydonck B, Herrel A, Tadic Z, Van Damme R. 2007. Morphology, performance, behavior and ecology of three color morphs in males of the lizard *Podarcis melisellensis*. *Integrative and Comparative Biology* 47: 211–220.
- Kaliontzopoulou A, Adams DC, van der Meijden A, Perera A, Carretero MA. 2012. Relationships between head morphology, bite performance and ecology in two species of *Podarcis* wall lizards. *Evolutionary Ecology* 26: 825–845.
- Kaliontzopoulou A, Pinho C, Harris DJ, Carretero MA. 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: 779–800.
- Lima A, Pinho C, Larbes S, Carretero MA, Brito JC, Harris DJ. 2009. Relationships of *Podarcis* wall lizards from Algeria based on mtDNA data. *Amphibia-Reptilia* 30: 483–492.
- Lo Cascio P, Capula M. 2011. Does diet in lacertid lizards reflect prey availability? Evidence for selective predation in the Aeolian wall lizard, *Podarcis raffonei* (Mertens, 1952) (Reptilia, Lacertidae). *Biodiversity Journal* 2: 89–96.
- Lo Cascio P, Pasta S. 2006. Preliminary data on the biometry and the diet of a microinsular population of *Podarcis wagleriana* (Reptilia: Lacertidae). *Acta Herpetologica* 1: 147–152.
- Luiselli L, Amori G. 2016. Diet. In: *Reptile Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques*. p. 97\_109.
- Mamou R, Marniche F, Amroun M, Herrel A. 2016. Trophic ecology of two sympatric lizard species: the Algerian sand lizard and the wall lizard in Djurdjura, northern Algeria. *Zoology and Ecology* 26: 256–264.
- Maragou P, Valakos ED, Giannopoulos Z, Stauropoulou A, Chondropoulos BP. 1996. Feeding ecology of *Podarcis peloponnesiaca* (Sauria: Lacertidae) in spring. *Herpetozoa* 9: 105–110.
- Mella J, Tirado C, Cortés A, Carretero MA. 2010. Seasonal variation of prey consumption by *Liolaemus barbarae*, a highland lizard endemic to Northern Chile. *Animal Biology* 60: 413–421.

- Mou Y. 1987. Ecologie trophique d'une population de lézards des murailles *Podarcis muralis* dans l'ouest de la France. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 42: 81–100.
- Oliverio M, Bologna MA, Mariottini P. 2000. Molecular biogeography of the Mediterranean lizards *Podarcis* Wagler, 1830 and *Teira* Gray, 1838 (Reptilia, Lacertidae). *Journal of Biogeography* 27: 1403–1420.
- Ouboter PE. 1981. The ecology of the island-lizard *Podarcis sicula salffi*. *Amphibia-Reptilia* 2: 243–257.
- Pafilis P, Meiri S, Foufopoulos J, Valakos E. 2009. Intraspecific competition and high food availability are associated with insular gigantism in a lizard. *Die Naturwissenschaften* 96: 1107–1113.
- Pérez-Cembranos A, León A, Pérez-Mellado V. 2016. Omnivory of an insular lizard: Sources of variation in the diet of *Podarcis lilfordi* (Squamata, Lacertidae). *PLoS ONE* 11: 1–32.
- Pérez-Mellado V, Bauwens D, Gil M, Guerrero F, Lizana M, Ciudad M-J. 1991. Diet composition and prey selection in the lizard *Lacerta monticola*. *Canadian journal of zoology* 69: 1728–1735.
- Pérez-Mellado V, Corti C. 1993. Dietary adaptations and herbivory in lacertid lizards of the genus *Podarcis* from western Mediterranean islands (Reptilia: Sauria). *Bonner Zoologische Beiträge* 44: 193–220.
- Pérez-Mellado V, Pérez-Cembranos A, Garrido M, Luiselli L, Corti C. 2011. Using faecal samples in lizard dietary studies. *Amphibia-Reptilia* 32: 1–7.
- Pianka ER, Vitt LJ. 2003. *Lizards : Windows to the Evolution* (University of California Press).
- Pollo CJ, Pérez-Mellado V. 1988. Trophic ecology of a taxocenosis of mediterranean Lacertidae. *Ecologia mediterranea* 14: 131–147.
- Pollo CM, Pérez-Mellado V. 1991. An analysis of a Mediterranean assemblage of three small lacertid lizards in Central Spain. *Acta Oecologica* 12: 655–671.
- Richard J, Lapini L. 1993. Trophic niche overlap in syntopic populations of *Lacerta horvathi* and *Podarcis muralis* (Reptilia, Lacertidae). *Atti Mus. civ. St. nat.* 45: 151–157.
- Rugiero L. 1994. Food habits of the Ruin Lizard, *Podarcis sicula* (Rafinesque-Schmaltz, 1810), from a coastal dune in Central Italy. *Herpetozoa* 7: 71–73.
- Sagonas K, Pafilis P, Lymberakis P, Donihue CM, Herrel A, Valakos ED. 2014. Insularity affects head morphology, bite force and diet in a Mediterranean lizard. *Biological journal of the Linnean Society* 112: 469–484.
- Schleich HH, Kästle W, Kabisch K. 1996. *Amphibians and Reptiles of North Africa : Biology, Systematics, Field Guide*. Koeltz Scientific Books.
- Schoener TW. 1971. Theory of feeding strategies. *Ann. Rev. Ecol. Syst* 2: 369–404.
- Simović A, Marković A. 2013. A case of cannibalism in the common wall lizard, *Podarcis muralis*, in Serbia. *Hyla* Vol.2013: 40–41.
- Stamps J, Tanaka S, Krishnan VV. 1981. The relationship between selectivity and food abundance in a juvenile lizard. *Ecology* 62: 1079–1092.

- Van Damme R. 1999. Evolution of Herbivory in Lacertid Lizards: Effects of Insularity and Body Size. *Journal of Herpetology* 33: 663.
- Vanderploeg HA, Scavia D. 1979. Calculation and use of selectivity coefficients of feeding: Zooplankton grazing. *Ecological Modelling*, 7: 135–149.
- Veríssimo CV, Carretero MA. 2009. Preferred temperatures of *Podarcis vaucheri* from Morocco: intraspecific variation and interspecific comparisons. *Amphibia-Reptilia* 30: 17–23.
- Vervust B, Pafilis P, Valakos ED, Van Damme R. 2010. Anatomical and physiological changes associated with a recent dietary shift in the lizard *Podarcis sicula*. *Physiological and Biochemical Zoology* 83: 632–642.
- Verwajen D, Van Damme R, Herrel A. 2002. Relationships between head size, bite force, prey handling efficiency and diet in two sympatric lacertid lizards. *Functional Ecology* 16: 842–850.
- Vincente LA, Araujo PR, Barbault R. 1995. Écologie trophique de *Podarcis bocagei berlengensis* et de *Lacerta lepida* (Sauria, Lacertidae) sur l'île de Berlenga (Portugal). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 50: 317–351.
- Vitt LJ, Pianka ER. 2007. Feeding ecology in the natural world. In: *Lizard Ecology*. Cambridge University Press. pp. 141–172.
- Žagar A, Carretero MA. 2012. A record of cannibalism in *Podarcis muralis* (Laurenti, 1768) (Reptilia, Lacertidae) from Slovenia. *Herpetology Notes* 5: 211–213.
- Zuffi MA, Giannelli C. 2013. Trophic niche and feeding biology of the Italian wall lizard, *Podarcis siculus campestris* (De Betta, 1857) along western Mediterranean coast. *Acta Herpetologica* 8: 35–39.

**- III -**

**ECOLOGIE ET BIOLOGIE  
DE LA REPRODUCTION**

Parmi les trois composantes de la fitness, à savoir : Survie, croissance et reproduction, cette dernière s'avère plus coûteuse énergétiquement. Les résultats obtenus dans la partie précédente montrent des variations saisonnières dans la composition du spectre alimentaire de *P. vaucheri* et dans sa stratégie de chasse. Ces changements peuvent s'expliquer par les variations saisonnières des conditions du milieu comme la température, les disponibilités alimentaires et les besoins en eau, mais aussi par les besoins énergétique imposés par la reproduction. D'où l'intérêt de cette présente partie, qui consiste à étudier le cycle de reproduction de cette espèce et de montrer ainsi l'influence du statut reproducteur sur sa stratégie trophique.

### III.1. Etude de la spermatogenèse

#### Article 4

### **Reproductive cycle of male wall lizard, *Podarcis vaucheri* (Reptilia: Sauria: Lacertidae), in Djurdjura, Northern Algeria**

Rabah MAMOU<sup>a</sup>, Elara MOUDILOU<sup>b</sup>, Jean-Marie EXBRAYAT<sup>b</sup> & Mansour AMROUN<sup>a</sup>

<sup>(a)</sup>Laboratoire d'écologie des vertébrés. University Mouloud MAMMERY of TiziOuzou.

<sup>(b)</sup> University of Lyon, UMRS 449, General biology – Reproduction and comparative development, Lyon Catholic University, EPHE/PSL, 10 place des Archives, 69288 Lyon Cedex 02, France.

**Manuscrit soumis à “Basic and Applied Herpetology” journal.**

**Abstract**

The reproductive cycle of male wall lizard *Podarcis vaucheri* (Boulenger, 1905) living in Djurdjura mountain, was analyzed from April till October 2014. Its seasonal mixed-type cycle was characterized by three phases: sexual activity, quiescence and recrudescence. After the emergence of lizard from hibernation an intense sexual activity was observed in spring (April, May, and June) at which the testicular weight and seminiferous tubules diameter reached their maximal values. At this period, spermiogenesis was also maximal and the spermiation allowed the release of a large quantity of spermatozoa in both the seminiferous tubules and epididymis lumen. In July, a short sexual resting period followed, during which the testes mass and seminiferous tubules diameter decreased. Spermatogonia and some primary spermatocytes were observed against the wall of seminiferous tubules. The recrudescence period (August, September and October) was characterized by a progressive increase of the testis weight and seminiferous tubules diameter. Spermatocytogenesis began in August, and spermiogenesis occurred in September and October, before the diapause period. But the presence of spermatozooids was not signaled in the epididymis lumen. Field observations and microscopic evidence of testis showed that both sexes reproduced synchronously during spring and early summer.

**Key-words:** Lizard, *Podarcis vaucheri*, spermatogenesis, reproductive cycle, Djurdjura, Algeria.

**Introduction**

The reproduction imposes high energy requirements that was illustrated by a large diversity in resource acquisition and allocation strategies (Jönsson, 1997). Seasonal breeding represents a valuable strategy in order to use this energy economically, but the reproductive timing becomes one of the most critical issues in the lizard's biology (James & Shine, 1985). For that, the reproduction occurs when the environment is the most favorable to offspring survival and when parents can physiologically answer to the reproduction with the lowest cost.

Timing of reproductive activity is widely variable in lizards (Manríquez-Morán *et al.*, 2005; Carretero, 2006; Villagrán-Santa Cruz *et al.*, 2009; Gribbins, 2011). Several studies showed reproductive cycles were controlled by the interaction of both the endogenous and environmental factors (Licht *et al.*, 1969; Licht, 1972; Angelini *et al.*, 1976; Lofts, 1978; Marion, 1982; Jenssen & Nunez, 1994; Carretero, 2006). Reproductive cycles are based on gonadal activity, and more specifically, on the secretion of sexual steroid hormones (Díaz *et al.*, 1994; Ikeuchi, 2004), which is genetically predetermined (Angelini *et al.*, 1976). The phylogenetic constraints may also play a major role in shaping the reproductive characteristics (Dunham & Miles, 1985; Carretero, 2006). The relationships between reproductive cycles and

environmental variables suggest that the reproduction in lizards is affected mainly by the climatic components such as temperature (Licht, 1971, 1973; Aldridge, 1975; Angelini *et al.*, 1976; Marion, 1982; Flemming, 1993; Carretero, 2006; Abu-Zinadah, 2008), precipitation (Jenssen & Nunez, 1994), photoperiod (Licht, 1971, 1973; Dunham & Miles, 1985; Flemming, 1993; Carretero, 2006) and food availability (Marion, 1982; Colli *et al.*, 2003; Domínguez *et al.*, 2010).

Seasonal reproduction has been studied in numerous lizards living in temperate areas (Galan, 1996). This discontinuity of the reproductive cycles was characterized by the alternation of reproductive activity and quiescence (Marion, 1982; Castilla & Bauwens, 1990; Mouton & Herselman, 1994; Ochotorena *et al.*, 2005; Al-Amri *et al.*, 2013). Nevertheless, cold tends to constrain the reproduction in spring and summer (Pianka & Vitt, 2003; Carretero, 2006; Villagrán-Santa Cruz *et al.*, 2009).

The seasonal testicular cycle in lizards was described in several species (Al-Amri *et al.*, 2013). Moreover, three spermatogenic cycles were described in temperate regions (Licht *et al.*, 1969; Saint-Girons, 1982; Carretero, 2006). The mixed type is characterized by a spermatogenesis interrupted in winter, and the spermiogenesis extending until the following season. Within the vernal or prenuptial type, the essential of spermatogenesis can be concentrated at spring, immediately before or even during breeding. Finally, in the postnuptial type, the complete spermatogenesis is held during the summer of the previous year (Saint-Girons, 1982; Carretero, 2006; Hraoui-Bloquet *et al.*, 2007). Indeed, the spermatogenic activities of most temperate zone lizards are synchronized with vitellogenesis and ovulation in females (Pianka & Vitt, 2003; Carretero, 2006).

The systematic of *Podarcis vaucheri* has changed a lot. Morphological and phylogenetic studies of Iberian and North African populations (Oliverio *et al.*, 2000; Busack *et al.*, 2005; Pinho *et al.*, 2006, 2007; Larbes *et al.*, 2007; Lima *et al.*, 2009; Renoult *et al.*, 2010; Kaliontzopoulou *et al.*, 2011, 2012) have shown the existence of several evolutionary lineages and suggested that is a species complex. However, very few information is available, especially on the ecology and physiology of this species.

So, comparative studies appear to be urgent because literature is strongly directed towards the European *Podarcis* (Veríssimo & Carretero, 2009). The only research conducted to understand adaptive strategies in *P. vaucheri* of North-Africa were published by Carretero *et al.* (2006a) in which they studied the diet of *Podarcis vaucheri* and three other lizards living in Oukaïmeden in Morocco. Other works concerned the thermal biology (Veríssimo & Carretero, 2009), as well as parasitological studies (Carretero *et al.*, 2011 and Damas-Moreira *et al.*, 2014) and trophic ecology in the same population of *P. vaucheri* (Mamou *et al.*, 2016).



The purpose of this present work was to describe the spermatogenic cycle of male wall lizards *Podarcis vaucheri* based on the histological analysis of testis in order to provide some first data about its reproductive strategy related to the seasonal variations in Djurdjura massif, Algeria.

## MATERIALS AND METHODS

### *Site of study*

Tala Guilef is located in the western part of the northern slope of the Djurdjura Mountain (Djurdjura National Park), Kabylie, Algeria. It is located approximately 140 km southeast of Algiers and 45 km south west of Tizi Ouzou (36°39' N, 4°01' E). The region is characterized by a mountain climate influenced by the Mediterranean Sea and belongs to the humid climate scene (Hamdine *et al.*, 1993).

The samples were collected in a rocky environment particularly attractive for this species, characterized by the presence of stones and rocks from the Haïzer massif and bushy vegetation including: *Crataegus monogyna*, *Crataegus laciniata*, *Rubus ulmifolius*, *Rosa canina*, *Rosa sicula*, *Prunus prostrata* and *Berberis hispanica*. In grass stratum, we essentially found: *Anthemis kabilica*, *Artemisia absintium*, *Astragalus armatus*, *Eryngium tricuspdatum*, *Euphorbia luteola* and *Ferula communis*.

### *Methods*

Twenty one adult males were collected monthly (three individuals for each month), from April till October 2014. After dissection, the left testes were removed, weighted and fixed with buffered formalin for 24 hours, and then preserved in ethanol 70°. The tissues were dehydrated in a graded series of ethanol, cleared in butanol prior to be infiltrated and embedded in paraffin. 5 µm sections were stained with hematoxylin-eosin, following standard histological protocols.

Spermatogenic activity was assessed qualitatively by determining the various stages of germ cells. The presence of spermatozoa and secretions in the epididymis lumen was also noted. The quantitative study was related to the analysis of the variations of seminiferous tubes number and diameter, and epididymis epithelium thickness variations. For that, two individuals were considered each month. Three sections of testis were randomly selected for each individual, and for each selected section, the diameter of seminiferous tubes was measured (Table 1).

Sections of each testis were examined and photographed using a Nikon Eclipse E400 light microscope, equipped with a Nikon digital DXM1200 camera coupled with a picture analyzer Nis-Element BR 3.1 (Lucia software).

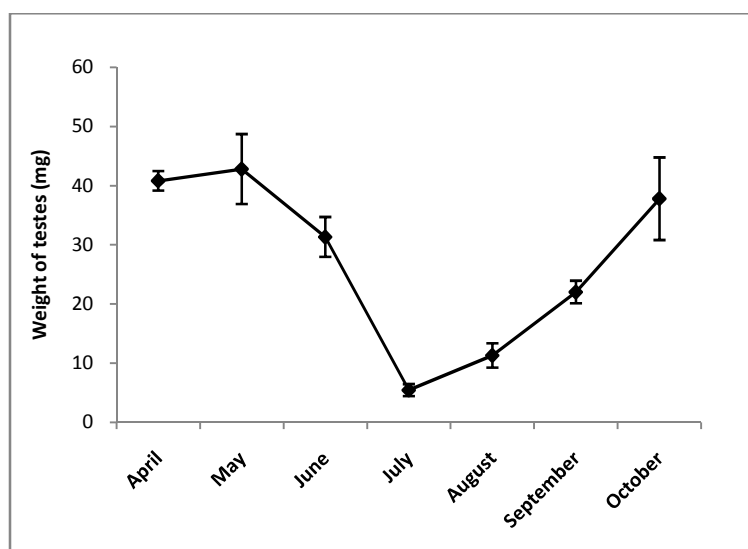
Comparisons between the different measurements were performed with the nonparametric Kruskal-Wallis test.

**Table 1:** Number of measurements performed per month for the histological parameters in *P. vaucheri*. **Ts:** Number of seminiferous tubules, **TSm:** Number of seminiferous tubes measured, **EPm:** Number of measurements of epididymis epithelium height.

Lizard	Section	April			May			June			July			August			September			October		
		TS	TSm	EPm	TS	TSm	EPm	TS	TSm	EPm	TS	TSm	EPm	TS	TSm	EPm	TS	TSm	EPm	TS	TSm	EPm
First	1	41	6	10	69	11	7	71	10	10	65	9	9	57	10	8	44	6	10	48	7	10
	2	36	8	7	62	9	7	72	10	9	52	11	10	53	10	9	43	9	10	50	7	10
	3	47	7	8	61	9	7	69	10	8	51	9	10	49	10	9	42	7	10	48	7	10
Second	1	44	9	9	41	9	5	48	8	7	45	7	9	40	9	9	59	7	9	55	7	10
	2	74	10	4	40	8	5	41	9	6	45	8	10	46	8	10	51	6	10	51	7	10
	3	30	5	7	45	8	6	31	8	8	36	9	10	48	10	7	52	8	10	55	6	10

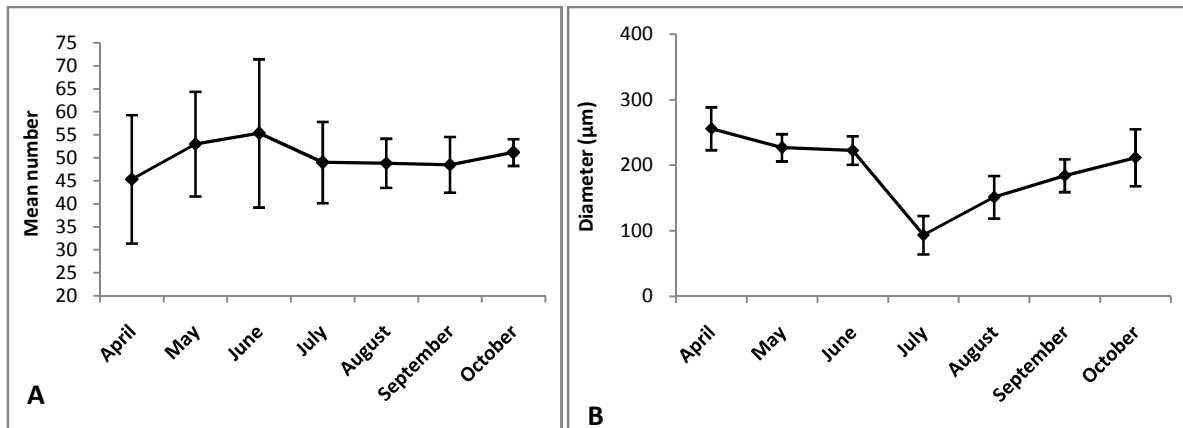
## RESULTS

The weight of testis varied significantly throughout the months (Kruskal-Wallis test,  $H = 17.56$ ,  $P = 0.007$ ), thus the spermatogenesis cycle of *P. vaucheri* might be divided into three main phases (Figure 1). The phase of sexual activity (April, May, June), was characterized by the highest weight. It was followed by a short period of regression and a sexual quiescence (July) during which the testis weight decreased. Lastly, at the period of recrudescence (August, September, October), the testicular weight started to increase in August, reaching its maximum in October, before the period of hibernation extending from November to March.



**Figure 1:** Monthly variation of mean weight testes in *P. vaucheri*.

The average number of seminiferous tubules by section oscillated between 45 and 55 (Figure 2A), and Kruskal-Wallis test  $H = 3.5$ ,  $P = 0.75$  indicated that this parameter was constant and comparable in all the studied animals.

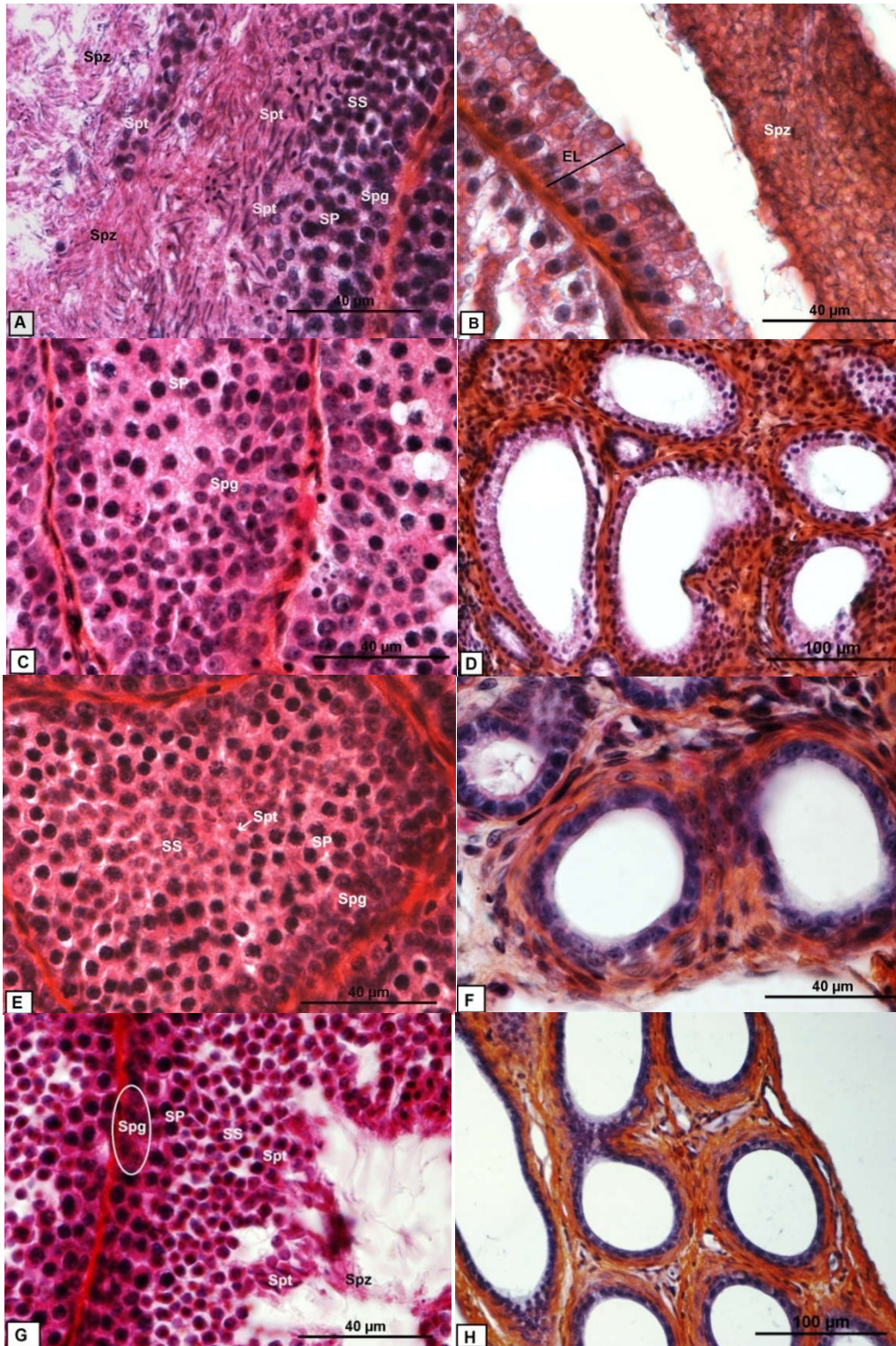


**Figure 2:** Monthly variation of the (A) mean number and (B) the diameter of the seminiferous in *P. vaucheri*.

In addition, the evolution of the mean diameter of the seminiferous tubules showed a clear monthly variation (Kruskal-Wallis test,  $H = 249.35$ ,  $P < 0.0001$ ), looking like the variations of gonads weight (Figure 2B). The maximum values were reached at sexual activity, with a peak in April. The sexual resting period was characterized by a maximal regression of the seminiferous tubules diameter with an absence of lumen. During the period of recrudescence; this parameter increased progressively again but the lumen remained absent in August. The evolution of the diameter of seminiferous tubules corresponded to the resumption of testicular activity interrupted in November by the temperature decrease, and followed by the beginning of hibernation.

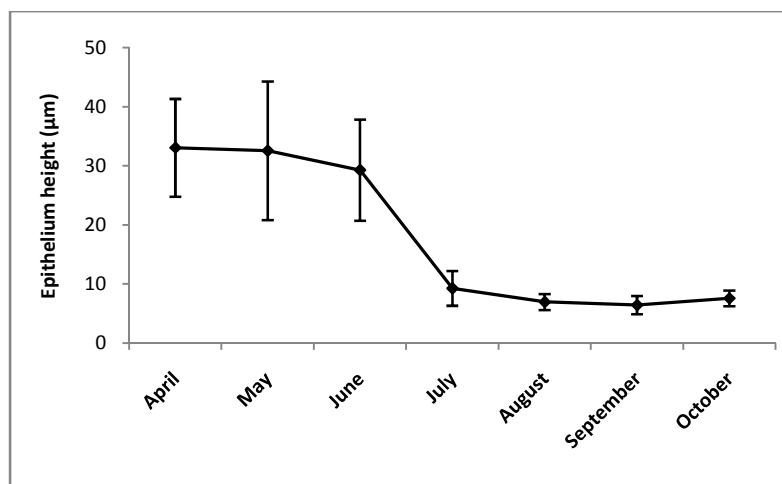
The examination of histological sections revealed some variations of the different categories of germinal cells during the reproductive cycle. After the emergence of lizards in spring (sexual activity), the spermiogenesis was maximal and persisted until June, so, all sperm cells categories were observed (Figure 3A), with a decrease of spermatocytes number. The spermiation allowed the release of a large quantity of spermatozoa in the lumen of the seminiferous tubules.

In July, at sexual rest, the seminiferous tubules contained spermatogonia and some primary spermatocytes (Figure 3C). In August, at the beginning of the recrudescence period, the seminiferous tubules showed a lot of primary and secondary spermatocytes, and some young spermatids (Figure 3E). In September and October spermiogenesis occurred, and a large number of spermatid and spermatozoa were found in the seminiferous tubules lumen (Figure 3G).



**Figure 3:** Testis and epididymis histological sections during the reproductive cycle of *P. vaucheri*. **A and B:** Sexualactivity phase (April, May, June). **A:** Seminiferous tubules contained all cell categories. Spermatozoa (Spz), Spermatid (Spt), secondary spermatocyte (SS), primary spermatocyte (SP) and spermatogonia (Spg). **B:** Observation of spermatozoa in the epididymis lumen. Epithelium layer (EL). **C and D:** Sexual rest phase (July). **C:** Seminiferous tubules with only spermatozoa (Spz) and some primary spermatocytes (SP). **D:** Empty epididymis lumen. **E and F:** Early recrudescence phase (August). **E:** Seminiferous tubules at the beginning of spermatocytogenesis. **F:** Empty epididymis lumen. **G and H:** Autumnal spermiogenesis (September and October). **G:** All cell categories were observed in the seminiferous tubules. **H:** Epididymis lumen remains empty.

The analysis of epididymis sections provided additional data in order to understand the reproductive cycle of *P. vaucheri* of Djurdjura. In the epididymis, the statistical analysis showed a significant monthly variations of the epithelium height (Kruskal-Wallis test,  $H = 267.46$ ,  $P < 0.0001$ ). During the phase of sexual activity this parameter was maximal; the epithelial cells became secreting and take a prismatic shape (Figure 3B). A sudden reduction of the height was observed in July (Figure 3D), persisting until October. A recrudescence of epididymis occurred from April of the following year.



**Figure 4:** Monthly variation of the epididymis epithelium height in *P. vaucheri*.

In spite of an active spermiogenesis in autumn accompanied with the presence of mature spermatozoids in the lumen of the seminiferous tubules, the epididymis lumen remained empty (Figure 3H). Thus the males can be regarded as unfertile during this period. On the other hand, after the emergence from hibernation, the spermiogenesis was maximal, and a great quantity of sperm and secretions granules were observed in the epididymis lumen.

Both the histological analysis of testes and field observations showed the reproduction period lasting three months, from April to June. During this period, the males showed well developed gonads with a maximal spermatogenesis. Several male-female pairs were seen in copulation positions. Females with recent copulation scars were found, and those captured in June were pregnant. These let to think the mating led really to fertilizations. The cycle of reproduction of this species belongs to the associated type, this means that the spermatogenesis and the ovogenesis happens at the same time.

## DISCUSSION

The spermatogenic cycle of *Podarcis vaucheri* is of the "mixed-type", and testicular activity is similar to the spring/summer activity, according to the dominant pattern in temperate lizards (Licht *et al.*, 1969; Saint-Girons, 1982; Carretero, 2006), more particularly in the genera *Lacerta* and *Podarcis* (Amat *et al.*, 2000; Angelini *et al.*, 1979; Braña *et al.*, 1990; Carretero *et al.*, 2006b; Castilla & Bauwens, 1990; Galan, 1996; Hraoui-Bloquet, 1985; Hraoui-Bloquet & Bloquet, 1988; Roig *et al.*, 2000; Saint-Girons & Duguy, 1970). Testicular recrudescence started in late summer and continued until the onset of hibernation. Testes weight increased progressively; with a development of the seminiferous tubules corresponding to the spermatogenic activity. The multiplication of spermatogonia and the presence of a large number of primary and secondary spermatocytes were observed in August. An active spermiogenesis was found in September and October. Similar results were observed in several Mediterranean lacertids such as *Lacerta (Podarcis) muralis* (Saint-Girons & Duguy, 1970), *Podarcis sicula campestris* (Angelini *et al.*, 1979), *Lacerta vivipara* (Roig *et al.*, 2000), *Podarcis bocagei* (Carretero *et al.*, 2006), *Lacerta monticola cantabrica* (Braña *et al.*, 1990), *Phoenicolacerta kulzeri* (Rizk & Nassar, 2015) and *Lacerta laevis* (Hraoui-Bloquet, 1985; Hraoui-Bloquet & Bloquet, 1988). Autumnal spermiogenesis was interpreted such as an abortive spermatogenesis (Angelini *et al.*, 1979) or such as a potential second reproductive season (Carretero, 2006). Nevertheless, the spermatogenesis occurred early in *P. vaucheri* for some young spermatids were already observed in August. Such features were also pointed out in a population of *Lacertalaevis* of Mahrouka-Sannine Mount in Lebanon (Hraoui-Bloquet, 1985; Hraoui-Bloquet & Bloquet, 1988), a population of *Lacerta muralis* in Orédon Biologic Station of High Pyrenees in France (Saint-Girons & Duguy, 1970) and in *Lacerta monticola cantabrica* populations from high and low altitudes in Asturias in northern Spain (Braña *et al.*, 1990).

The highest phase of spermatogenesis and the testis weight occurred in April after the hibernation phase, followed with an interruption of the spermatogenesis in June. This sexual activity offered a traditional image of an active and continuous spermatogenesis. All the stages of spermatids were observed with a large quantity of spermatozoa in the lumen of seminiferous tubules. This phase was followed by the reduction in number of both spermatogonia and spermatocytes. A short sexual resting phase was observed during the hot period of the year, in July and probably at the beginning of August. This period was characterized by the maximal decrease of the morphological parameters (weight and seminiferous tubules diameter), with a disappearance of the lumen in seminiferous tubes, and the presence of spermatogonia only. These observations are also in agreement with those of

mountains populations (Saint-Girons & Duguy, 1970; Hraoui-Bloquet, 1985; Hraoui-Bloquet & Bloquet, 1988; Braña *et al.*, 1990), but a very early stop of the spermatogenesis was announced at the end of May in *L. laevis* (Hraoui-Bloquet, 1985; Hraoui-Bloquet & Bloquet, 1988).

In addition, no follow-up was possible during the winter because of the local climate characterizing the Tala Guilef sector. The snowing time remained from November till March in this sector (Hamdine *et al.*, 1993), reducing the period of lizards' activity to seven months and thus influencing the reproductive cycle. The reproductive strategy of *P. vaucheri* males corresponded to that described in mountain lizards (Saint-Girons & Duguy, 1970; Hraoui-Bloquet, 1985; Hraoui-Bloquet & Bloquet, 1988; Braña *et al.*, 1990; Olsson & Shine, 1999; Arribas & Galán, 2005). An early interruption of the spermatogenic activity, a short sexual rest and an early resumption of spermatogenic activity represent several adaptations permitting to this lizard to compensate both the long hibernation period and the late emergence in spring (Saint-Girons & Duguy, 1970).

Wall lizards did not exhibit any sperm storage in epididymis during hibernation. As reported previously, spermatozoa were already present in autumn but remained in testes; males *P. vaucheri* remained infertile during this period (Angelini *et al.*, 1979; Roig *et al.*, 2000; Carretero *et al.*, 2006; Rizk & Nassar, 2015). They became fertile in spring only when spermatozoa migrated to the epididymis. Moreover, during the phase of sexual activity, a hypertrophy of the epididymis resulted of an increase of epithelium height and accumulation of secretory granules in its lumen. These various substances secreted by the epithelial cells seemed to perform a significant role in the spermatozoa maturation (Ferreira *et al.*, 2009; Al-Amri *et al.*, 2013). However, the epididymis cycle of *P. vaucheri* was similar to that of *Podarcis bocagei* (Galan, 1996), *Lacerta muralis* (Saint-Girons & Duguy, 1970), *Lacerta monticola cantabrica* (Braña *et al.*, 1990), *Acanthodactylus erythrurus* (Carretero & Lorente, 1995), *Psammodromus algirus* (Carretero & Lorente, 1997) and seemed different from that of *Lacerta lepida* (Castilla & Bauwens, 1990) and *P. laevis* (Hraoui-Bloquet, 1985; Hraoui-Bloquet & Bloquet, 1988) in which the secondary sexual characters were well developed in both autumn and spring. Rizk & Nassar (2015) reported also this post-hibernation activity in *Phoenicolacerta kulzeri* with the presence of spermatozoa and secretory granules in the epididymis only in spring. However, the presence of spermatozoa in the testes and epididymis in spring and autumn was reported in *Liolaemus* species from Patagonian, Argentina (Medina & Ibarra, 2010).

Because the maximal testicular activity and spermiation process coincided with the copulation period, the male reproductive cycle of *P. vaucheri* was classified as an

associated cycle, which is common in temperate climate (Hraoui-Bloquet, 1985; Hraoui-Bloquet & Bloquet, 1988; Amat *et al.*, 2000; Roig *et al.*, 2000; Carretero *et al.*, 2006). According to the definition of Whittier & Crews (1987), in the associated reproductive pattern, male mating behavior coincided with the time of the year at which gonads are enlarged and actively produced gametes, while in the dissociated reproductive pattern, spermatogenesis occurred before mating and consequently the gametes were stored until the mating period (e.g. in epididymis or spermatophores). In addition to the study on diet (Mamou *et al.*, 2016), the data presented here, allow us to shed light on some of the adaptative strategies adopted by the wall lizard *Podarcis vaucheri* in Djurdjura mountain. However, comparative studies between the different evolutionary lineages will be necessary to assess the geographical variations in their reproductive characteristics.

**Acknowledgements:** We sincerely thank Mr Meribai Y. director of the Djurdjura national park for permission. We are especially grateful to Moussa and Mohand for their unfailing support during our fieldwork. Animal handling followed humane treatment, and was in agreement with current laws of Algeria. We are also sincerely grateful to Dr. Merzouk Mamou for his help and to enable us to carry out the first steps of this work in Laboratory of analytical chemistry, Tizi Ouzou University.

## REFERENCES

- Abu-Zinadah, O.A. (2008). Variation in testicular histology of the spiny tailed lizard *Uromastix aegyptius microlepis* during hibernation and active periods. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 11: 1615–1619.
- Al-Amri, I.S.; Mahmoud, I.Y.; Waring, C.P.; Alkindi, A.Y.; Khan, T.; Bakheit, C. & Al-Mawali, K.M. (2013). The reproductive cycle of the male house gecko, *Hemidactylus flaviviridis*, in relation to plasma steroid concentrations, progesterone receptors, and steroidogenic ultrastructural features, in Oman. *General and Comparative Endocrinology* 187: 23–31.
- Aldridge, R.D. (1975). Environmental control of spermatogenesis in the rattlesnake *Crotalus viridis*. *Copeia* 1975: 493-496.
- Amat, F.; Llorente, G.A. & Carretero, M.A. (2000). Reproductive cycle of the sand lizard (*Lacerta agilis*) in its southwestern range. *Amphibia-reptilia* 21: 463–476.
- Angelini, F.; Picariello, O. & Botte, V. (1976). Influence of photoperiod and temperature on the testicular activity of the lizard, *Lacerta s. sicula* Raf. *Bolletino di zoologia* 43: 111–123.
- Angelini, F.; Brizzi, R. & Barone, C. (1979). The annual spermatogenetic cycle of *Podarcis sicula* Campestre De Betta (Reptilia Lacertidae). *Monitore Zoologico Italiano - Italian Journal of Zoology* 13: 279–301.



- Arribas, O.J. & Galán, P. (2005). Reproductive characteristics of the Pyrenean high-mountain lizards: *Iberolacerta aranica* (Arribas, 1993), *I. aurelioi* (Arribas, 1994) and *I. bonnali* (Lantz, 1927). *Animal Biology* 55: 163–190.
- Braña, F.; Arrayago, M.J.; Bea, A. & Barahona, A. (1990). Ciclo reproductor y de cuerpos grasos en los machos de *Lacerta monticola cantabrica*. Comparación entre dos poblaciones situadas a diferente altitud. *Amphibia-Reptilia* 11: 41–52.
- Busack, S.D.; Lawson, R. & Arjo, W.M. (2005). Mitochondrial DNA, allozymes, morphology and historical biogeography in the *Podarcis vaucheri* (Lacertidae) species complex. *Amphibia-Reptilia* 26: 239–256.
- Carretero, M.A. (2006). Reproductive cycles in Mediterranean lacertids: plasticity and constraints, In C. Corti, P. Lo Cascio & M. Biaggini (eds) *Mainland and Insular Lacertid Lizards: A Mediterranean Perspective*. Firenze University Press, Firenze, Italy, pp. 33–54.
- Carretero, M.A. & Llorente, G.A. (1997). Reproduction of *Psammodromus algirus* in coastal sandy areas of NE Spain. *Amphibia-Reptilia* 18: 369–382.
- Carretero, M.A. & Llorente, G.A. (1995). Reproduction of *Acanthodactylus erythrurus* in Its Northern Boundary. *Russian Journal of Herpetology* 2: 10–17.
- Carretero, M.A.; Ribeiro, R.; Barbosa, D.; Sá-Sousa, P. & Harris, D.J. (2006). Spermatogenesis in two Iberian *Podarcis* lizards: relationships with male traits. *Animal Biology* 56: 1–12.
- Castilla, A.M. & Bauwens, D. (1990). Reproductive and fat body cycles of the Lizard, *Lacerta lepida*, in central Spain. *Journal of Herpetology* 24: 261–266.
- Colli, G.R.; Mesquita, D.O.; Rodrigues, P.V.V. & Kitayama, K. (2003). Ecology of the gecko *Gymnodactylus geckoides amarali* in a Neotropical Savanna. *Journal of Herpetology* 37: 694–706.
- Díaz, J.A.; Alonso-Gómez, A.L. & Delgado, M.J. (1994). Seasonal variation of gonadal development, sexual steroids, and lipid reserves in a population of the lizard *Psammodromus algirus*. *Journal of herpetology* 28: 199–205.
- Domínguez, M.; Sanz, A.; Chávez, J. & Almaguer, N. (2010). Cyclical reproduction in females of the Cuban lizard *Anolis lucius* (Polychrotidae). *Herpetologica* 66: 443–450.
- Dunham, A.E. & Miles, D.B. (1985). Patterns of covariation in life history traits of Squamate Reptiles: The effects of size and phylogeny reconsidered. *The American Naturalist* 126: 231–257.
- Ferreira, A.; Silva, D.N.; Van Sluys, M. & Dolder, H. (2009). Seasonal changes in testicular and epididymal histology of the tropical lizard, *Tropidurus itambere*

- (Rodrigues, 1987), during its reproductive cycle. *Brazilian Journal of Biology* 69: 429–435.
- Flemming, A.F. (1993). The male reproductive cycle of the lizard *Pseudocordylus m. melanotus* (Sauria: Cordylidae). *Journal of Herpetology* 27: 473.
- Galan, P. (1996). Reproductive and fat body cycles of the lacertid lizard *Podarcis bocagei*. *Herpetological journal* 6: 20–25.
- Gribbins, K. (2011). Reptilian spermatogenesis: A histological and ultrastructural perspective. *Spermatogenesis* 1: 250–269.
- Hamdine, W.H.; Thévenot, M.; Sellami, M. & De Smet, K. (1993). Régime alimentaire de la Genette (*Genetta genetta* Linné, 1758) dans le Parc national du Djurdjura, Algérie. *Mammalia* 57: 9–18.
- Hraoui-Bloquet, S. (1985). Le cycle sexuel des mâles chez *Lacerta laevis* (Reptilia, Lacertidae) dans les montagnes du Liban. *Amphibia-Reptilia* 6: 217–227.
- Hraoui-Bloquet, S. & Bloquet, G. (1988). Le cycle sexuel des mâles chez *Lacerta laevis* sur la côte du Liban et comparaison avec les lézards de montagne. *Amphibia-Reptilia* 9: 189–195.
- Hraoui-Bloquet, S.; Sadek, R.; Lahoud-Hokayem, M. & Hakim-Saade, J. (2007). Cycle de reproduction chez les mâles d'*Acanthodactylus schreiberi syriacus* Böttger, 1879 (Reptilia, Lacertidae) du Liban. *Bulletin de la Société herpétologique de France* 122: 5–18.
- Ikeuchi, I. (2004). Male and female reproductive cycles of the Japanese Gecko, *Gekko japonicus*, in Kyoto, Japan. *Journal of herpetology* 38: 269–274.
- James, C. & Shine, R. (1985). The seasonal timing of reproduction: A tropical-temperate comparison in Australian lizards. *Oecologia* 67: 464–474.
- Jensen, T.A. & Nunez, S.C. (1994). Male and female reproductive cycles of the Jamaican lizard, *Anolis opalinus*. *Copeia* 1994: 767–780.
- Jönsson, K.I. (1997). Capital and income breeding as alternative tactics of resource use in reproduction. *Oikos* 78: 57–66.
- Kaliontzopoulou, A.; Pinho, C.; Harris, D.J. & Carretero, M.A. (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: 779–800.
- Kaliontzopoulou, A.; Carretero, M.A. & Llorente, G.A. (2012). Morphology of the *Podarcis* wall lizards (Squamata: Lacertidae) from the Iberian Peninsula and North Africa: patterns of variation in a putative cryptic species complex: Morphology of Iberian *Podarcis*. *Zoological Journal of the Linnean Society* 164: 173–193.

- Larbes, S.; Carretero, M.A. & Brito, J.C. (2007). Contribution à l'étude de la variabilité phénotypique du lézard des murailles *Podarcis* sp. dans deux régions d'Algérie du nord (Kabylie et Belezma), In T. Slimani (eds) (*Abstract book First Mediterranean Herpetological Congress, Marrakech, Morocco, 16–20 April 2007*), pp. 91.
- Licht, P. (1971). Regulation of the annual testis cycle by photoperiod and temperature in the lizard *Anolis carolinensis*. *Ecology* 52: 240–252.
- Licht, P. (1972). Environmental physiology of reptilian breeding cycles: Role of temperature. *General and Comparative Endocrinology* Supplement 3: 477–488.
- Licht, P. (1973). Influence of temperature and photoperiod on the annual ovarian cycle in the lizard *Anolis carolinensis*. *Copeia* 1973: 465–472.
- Licht, P.; Hoyer, H.E. & van Oordt P.G.W.J. (1969). Influence of photoperiod and temperature on testicular recrudescence and body growth in the lizards, *Lacerta sicula* and *Lacerta muralis*. *Journal of Zoology* 157: 469–501.
- Lima, A.; Pinho, C.; Larbes, S.; Carretero, M.A.; Brito, J.C. & Harris, D.J. (2009). Relationships of *Podarcis* wall lizards from Algeria based on mtDNA data. *Amphibia-Reptilia* 30: 483–492.
- Lofts, B. (1978). Reptilian reproductive cycles and environmental regulators, In I. Assenmacher & S. F. Donald (eds) *Environmental Endocrinology (Proceedings of an International Symposium, Held in Montpellier (France), 11-15 July 1977)*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, USA, pp. 37–43.
- Mamou, R.; Marniche, F.; Amroun, M. & Herrel, A. (2016). Trophic ecology of two sympatric lizard species: the Algerian sand lizard and the wall lizard in Djurdjura, northern Algeria. *Zoology and Ecology* 26: 256–264.
- Manríquez-Morán, N.L.; Cruz, M.V.-S. & Méndez-de la Cruz, F.R. (2005). Reproductive biology of the parthenogenetic lizard, *Aspidoscelis cozumela*. *Herpetologica* 61: 435–439.
- Marion, K.R. (1982). Reproductive cues for gonadal development in temperate Reptiles: Temperature and photoperiod effects on the testicular cycle of the lizard *Sceloporus undulatus*. *Herpetologica* 38: 26–39.
- Medina, M. & Ibargüengoytía, N.R. (2010). How do viviparous and oviparous lizards reproduce in Patagonia? A comparative study of three species of *Liolaemus*. *Journal of Arid Environments* 74: 1024–1032.
- Mouton, P. le F.N. & Herselman, Y.M. (1994). Paradoxical reproduction and body size in the rock lizard, *Agama atra atra*, in Namaqualand, South Africa. *African zoology* 29:199–203.

- Ochotorena, A.S.; Aranzábal, M.C.U. & Guillette, L.J. (2005). Seasonal gametogenic cycles in a Cuban tropical lizard, *Anolis porcatius*. *Journal of Herpetology* 39: 443–454.
- Oliverio, M.; Bologna, M.A. & Mariottini, P. (2000). Molecular biogeography of the Mediterranean lizards *Podarcis* Wagler, 1830 and *Teira* Gray, 1838 (Reptilia, Lacertidae). *Journal of Biogeography* 27: 1403–1420.
- Olsson, M. & Shine, R. (1999). Plasticity in frequency of reproduction in an Alpine lizard, *Niveoscincus microlepidotus*. *Copeia* 1999: 794.
- Pianka, E.R. & Vitt, L.J. (2003). *Lizards: Windows to the Evolution*. University of California Press, USA.
- 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: 266–273.
- Pinho, C.; Harris, D.J. & Ferrand, N. (2007). Comparing patterns of nuclear and mitochondrial divergence in a cryptic species complex: the case of Iberian and North African wall lizards (*Podarcis*, Lacertidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 91: 121–133.
- Renoult, J.P.; Geniez, P.; Beddek, M. & Crochet, P.-A. (2010). An isolated population of *Podarcis vaucheri* (Sauria: Lacertidae) in south-eastern Spain: genetic data suggest human-mediated range expansion. *Amphibia-Reptilia* 31: 287–293.
- Rizk, K. & Nassar, F. (2015). Male reproduction cycle of Kulzer's rock lizard, *Phoenicolacerta kulzeri* (Müller & Wettstein, 1932), in Lebanon (Reptilia: Lacertidae). *Zoology in the Middle East* 61: 318–323.
- Roig, J.M.; Carretero, M.A. & Llorente, G.A. (2000). Reproductive cycle in a Pyrenean oviparous population of the common lizard (*Zootoca vivipara*). *Netherlands Journal of Zoology* 50: 15–27.
- Saint-Girons, H. (1982). Reproductive cycles of male snakes and their relationships with climate and female reproductive cycle. *Herpetologica* 38: 5–16.
- Saint-Girons, H. & Duguy. (1970). Le cycle sexuel de *Lacerta muralis* en plaine et en montagn. *Bulletin du Museum national d'histoire naturelle* 42: 609–625.
- Villagrán-Santa Cruz, M.; Hernández-Gallegos, O. & Méndez-de la Cruz, F.R. (2009). Reproductive cycle of the lizard *Sceloporus mucronatus* with comments on intraspecific geographic variation. *Western North American Naturalist* 69: 437–446.

Whittier, J.M. & Crews, D. (1987). Seasonal reproduction: patterns and control, *In* D. O. Norris & R. E. Jones (eds) *Hormones and Reproduction in Fishes, Amphibians, and Reptiles*. Plenum Press, New York, USA, pp. 385–409.

## III. 2. Histologie des ovaires et ovogenèse

### 2. 1. Variation mensuelle du poids des ovaires

Le poids des ovaires présente une variation significative durant le cycle d'activité de *P. vaucheri* (Kruskal-Wallis test,  $H = 15,91$  ;  $P = 0,014$  ; Figure 25). Les valeurs maximales sont enregistrées au mois d'avril, mai et juin, ce qui correspond à la période d'activité sexuelle, c-à-d la vitellogenèse. Après l'accouplement, on assiste à une sévère réduction de ce paramètre en Juin, qui se traduit par une libération des œufs dans l'oviducte. Cette période de régression ovarienne persiste jusqu'à l'entrer en hibernation (en Novembre).

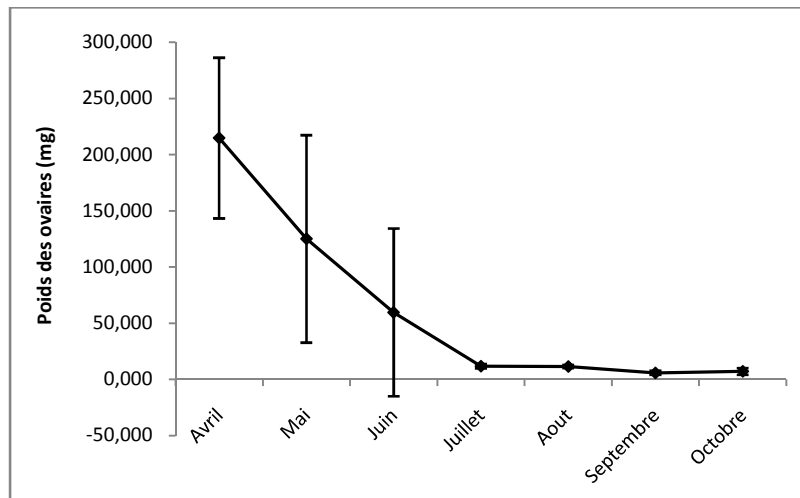
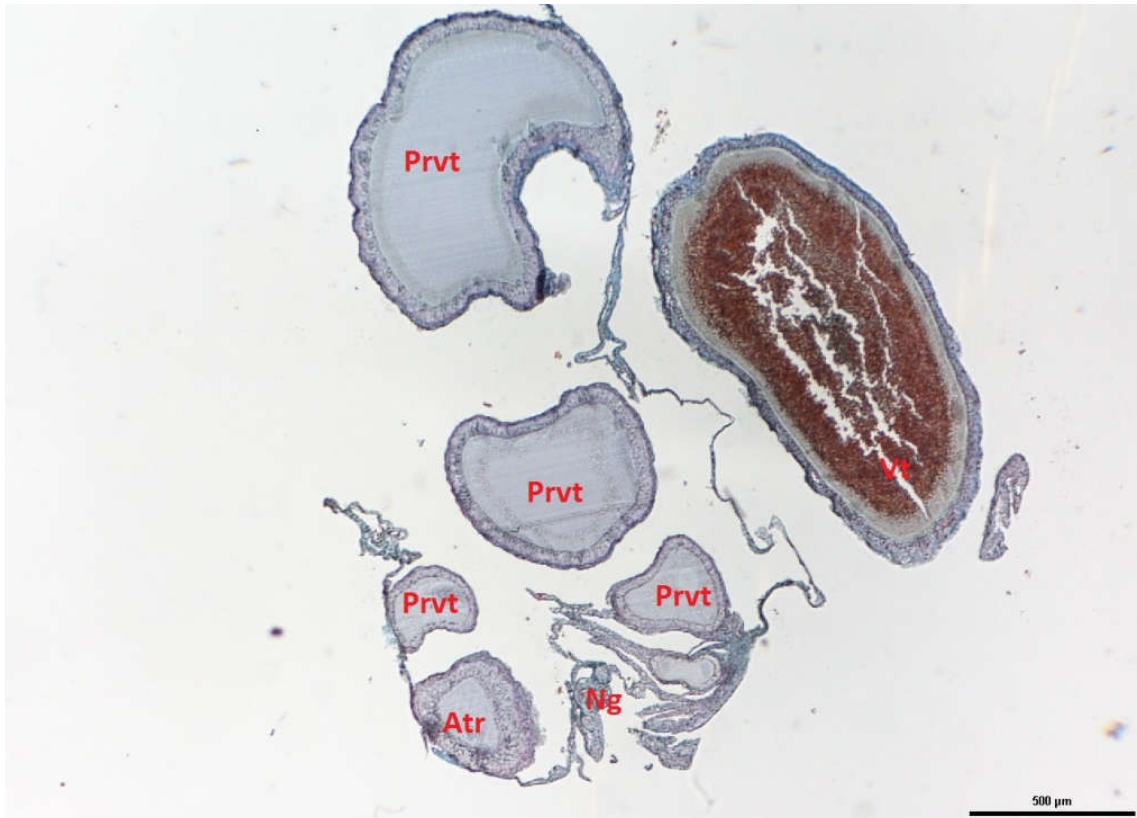


Figure 25 : Variation mensuelle du poids des ovaires de *P. vaucheri*.

### 2.2. Structure de l'ovaire et dynamique du cycle ovogénétique

La morphologie de l'ovaire est hautement conservée malgré la grande diversité des lézards (Ramírez-Pinilla et al. 2014; Siegel et al. 2014). L'ovaire de *P. vaucheri* est composé de plusieurs follicules en développement, de follicules atrésiques, corps jaunes et d'un nid (ou lit) germinatif (Figure 26).

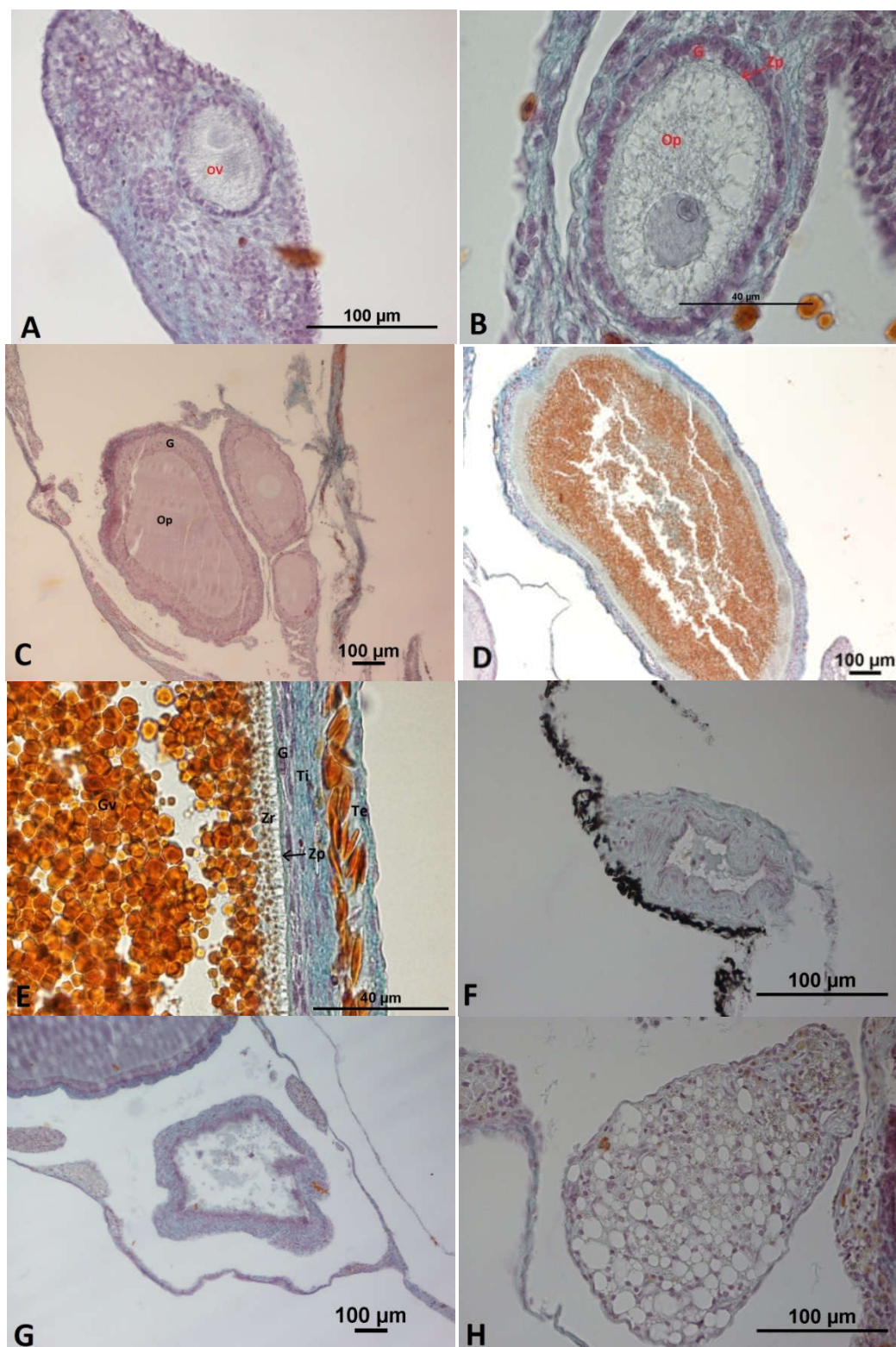
Le nid germinatif constitue le site de multiplication et de formation des ovocytes primordiaux (Guraya and Varma 1978). Les ovogonies évoluent dans l'épithélium germinatif (El Mouden 2001), et donnent naissance à des ovocytes primaires qui seront projetés vers la partie centrale du nid germinatif. L'enveloppe folliculaire est constituée à ce stade d'une seule rangée de cellules disposées de manière irrégulière (Figure 27B).



**Figure 26 :** Aspect général d'une coupe d'ovaire de *P. vaucheri* (Femelle gravide capturée en Mai 2014).

L'analyse des coupes histologiques réalisées sur les ovaires de *P. vaucheri* au cours de son cycle d'activité, a révélé la coexistence de nombreux stade de développement ovocytaire au niveau d'un même ovaire, depuis l'ovogonie jusqu'au stade avancé. Mais leur fréquence fait objet d'une variation, au cours du cycle d'activité de ce lézard, qui dépend de l'activité reproductrice. L'ovogenèse est le processus par lequel les cellules germinatives de l'ovaire deviennent matures, et donnent ainsi des œufs qui seront à leur tour fécondés (Ramírez-Pinilla et al. 2014). On note l'existence d'une seule génération de follicules vitellogéniques chez *P. vaucheri*, donnant vraisemblablement lieu à une ponte durant la saison de reproduction. Le nombre de follicules vitellogéniques est de deux par ovaire et peut atteindre 3 chez certaines femelles.

Dans cette présente étude nous avons défini 5 stades folliculaires: (i) Stade non vitellogénique qui correspond aux ovocytes primordiaux et primaires, (ii) stade prévitellogénique dont on peut distinguer plusieurs tailles, caractérisé par une apparition de l'ooplasme et une augmentation de l'épaisseur de l'enveloppe folliculaire, (iii) stade vitellogénique avec une apparition du vitellus, (iv) Stade mature dont les follicules atteignent leur taille maximale et enfin (v) stade post-ovulatoire où des œufs sont observés au niveau de l'oviducte.



**Figure 27 :** Eléments constitutifs de l’ovaire et les différents stades folliculaires.

**A :** Nid germinatif ; **B :** Ovocyte primaire ; **C :** Ovaire constituer que d’ovocytes prévitellogéniques (Juillet 2014) ;  
**D :** Follicule vitellogénique ; **E :** Follicule mature ; **F :** Corps jaune (Aout 2014) ; **G :** Follicule atrétique ; **H :**  
 Follicule atrétique bien avancé.

Chez *P. vaucheri* la vitellogenèse commence déjà en Avril, comme le rapportent plusieurs auteurs (Bauwens and Verheyen 1985; Castilla and Bauwens 1990; Díaz et al. 1994; Torki 2007; Mojibi and Hojati 2014; Malekmohammadi Kalahroudi and



Hojati 2015). Mais des différences sont constatées chez d'autres espèces: un peu plus tôt où les follicules sont en pleine vitellogénèse en Mars. C'est le cas par exemple du lézard des murailles *Podarcis muralis* de la Rochelle (France) (Saint-Girons and Duguy 1970), *Podarcis bocagei* au nord-ouest de l'Espagne (Galan 1996) et de l'agame nord-africain *Agama impalearis* (El Mouden et al. 2001), ou encore un peu plus tard en Mai, comme chez *Lacerta agilis* du sud-ouest des Pyrénées (Amat et al. 2000), et chez *Acanthodactylus schreiberi syriacus* de la région littorale de Tyre au Liban (Akiki et al. 2015). Au stade post-ovulatoire en juin, les ovaires sont composés chacun d'un ovocyte mature (ou de deux si l'ovaire a développé 3 ovocytes vitellogéniques), et d'ovocytes prévitellogéniques. En juillet, les ovocytes matures et vitellogéniques se désintègrent, et seuls les stades prévitellogéniques sont présents, et cela jusqu'au mois d'octobre.

L'atrésie folliculaire s'avère rare chez les Lacertidae (Carretero 2006). Cela a été montré dans cette présente étude et chez *Agama impalearis* (El Mouden et al. 2001).

### 2.3. Variations morphologiques et fonctionnelles de l'épithélium folliculaire

La structure, le développement et la différenciation de l'épithélium folliculaire varient considérablement selon les groupes de reptiles. Il montre un développement et une complexité accrue chez les sauriens et les ophidiens que chez les chéloniens (Guraya 1989).

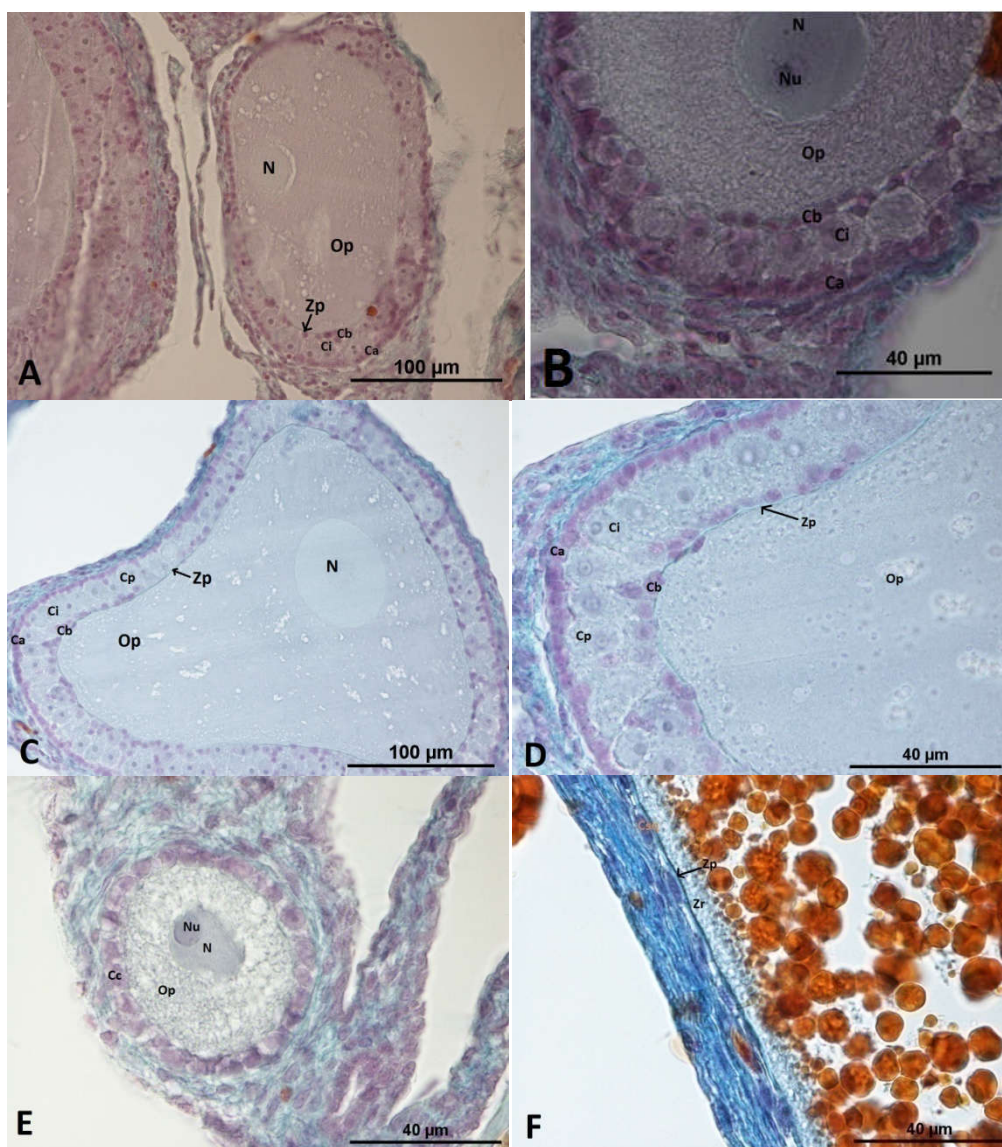
Chez *P. vaucheri* du Djurdjura, l'épithélium folliculaire est une structure dynamique qui change de morphologie et de fonction avec la croissance et la maturation du follicule. La différenciation de la granulosa est caractérisée par la formation de trois catégories cellulaires (grandes cellules piriformes, cellules intermédiaires et petites cellules) (Motta et al. 1996; Hammouche and Gernigon-Spychalowicz 1996; El Mouden et al. 2001; Ramírez-Pinilla et al. 2014). Durant les premiers stades de prévitellogénèse, l'épithélium folliculaire est cubique simple (unistratifié) et la thèque est une mince couche formée de fibroblastes entourés de faisceaux de fibres de collagène, et la zone pellucide (Zp) commence légèrement à se distinguer. Durant le processus de maturation des follicules prévitellogéniques, le nombre de cellules folliculaires augmente et de grandes cellules vésiculaires rondes apparaissent; par conséquent, l'épithélium acquiert une organisation stratifiée et polymorphe. Ceci dit, l'augmentation de l'épaisseur de l'épithélium folliculaire au cours de cette phase est liée au nombre accru de petites cellules (basales et apicales) et à l'élargissement supplémentaire des cellules différenciées (cellules intermédiaires et pyriformes) (Filosa et al. 1979). Selon Van Wyk (1984), les cellules piriformes dériveraient des cellules intermédiaires qui dériveraient à leur tour des petites cellules. La formation

de ces différents types de cellules est le résultat d'une différenciation plutôt qu'une activité mitotique.

Les cellules intermédiaires et piriformes jouent un rôle fondamental dans l'ovogenèse en synthétisant l'ARN et différents matériaux, qui sont ensuite transférés à l'ovocyte via des ponts intercellulaires (Motta et al. 1995, 1996). Selon Hammouche et al. 2007, les follicules prévitellogéniques représentent une source importante d'œstradiol et leurs cellules piriformes sont l'emplacement de sa synthèse.

A la fin du stade prévitellogénique, lors de la transition vers des follicules vitellogéniques, on assiste à une réduction considérable de la couche de granulosa. Si l'épaississement de la granulosa durant la phase prévitellogénique est en relation avec l'augmentation du nombre des cellules piriformes, l'amincissement paraît être le résultat de la dégénérescence de ces cellules au début de la vitellogenèse (El Mouden et al. 2001). Dans les follicules vitellogéniques. Les cellules piriformes sont plus petites et l'épithélium folliculaire devient simple et monomorphe, composé de cellules squamosales (Van Wyk 1984).

Motta et al. 1996 ont bien déterminé le mécanisme de régression des cellules intermédiaires et piriformes et le devenir de leurs différents constituants cellulaires. Il a donc été conclu que le remodelage de l'épithélium folliculaire est associé à la mort cellulaire programmée (apoptose). Ils ont également obtenu la preuve qu'au cours de la régression, les constituants cytoplasmiques des cellules intermédiaires et piriformes sont transférés dans l'ovocyte tandis que les restes des noyaux sont recyclés par les petites cellules.

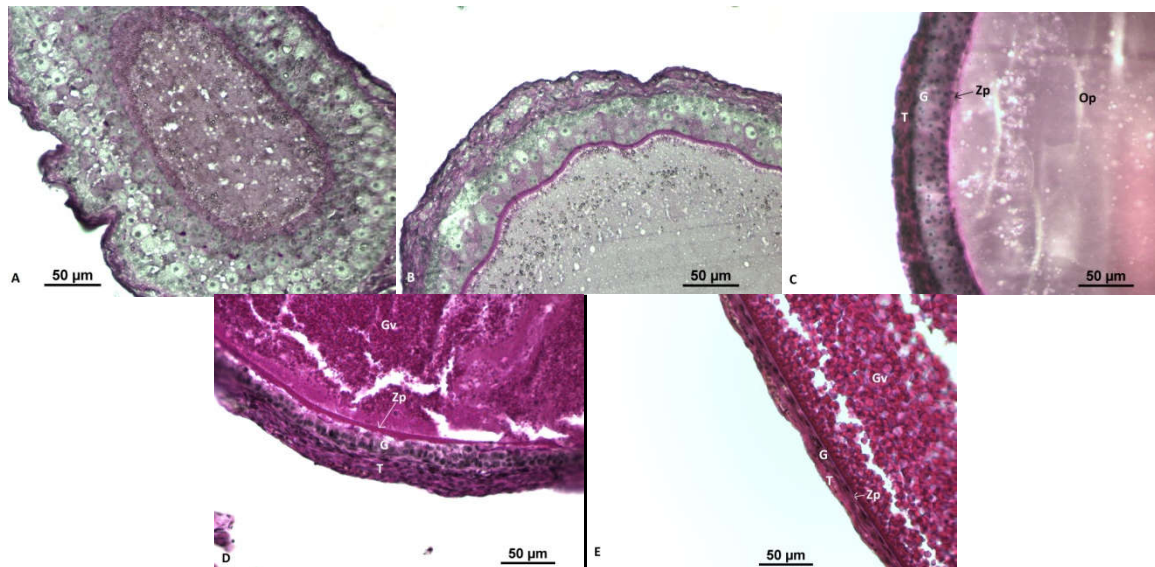


**Figure 28** : Organisation de l'épithélium folliculaire au cours du développement ovocytaire chez *P. vaucheri*.  
**A et B** : Etape transitoire entre le follicule primaire et prévitellogénique ; **C et D** : Follicule prévitellogénique, début d'apparition des cellules piriformes ; **E** : Follicule primaire ; **F** : Follicule vitellogénique.

#### 2.4. Détection des glucides dans les ovaires

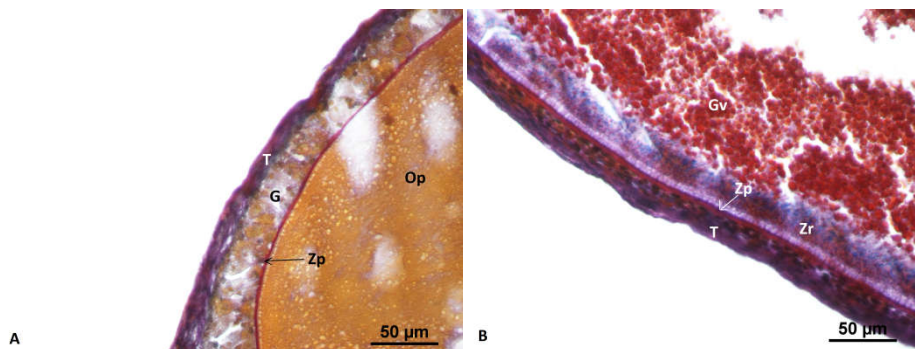
Les premiers stades de développement folliculaire ne révèlent aucune réaction à l'APS. Ceci dit, les stades les plus avancés de prévitellogénèse montrent une APS positive au niveau de la thèque et de la zone pellucide. Contrairement aux résultats obtenus par Raquet et al. 2006 sur un amphibien gymnophione *Boulengerula taitanus* et Serclerat et al. 2013 sur *Boulengerula boulengeri*, où les follicules prévitellogéniques ne sont pas encore colorable par la réaction à l'APS. Par ailleurs, dans les follicules en vitellogénèse et mûres, le cytoplasme est envahi de plaquettes vitellines riches en glycogène. Elles montrent ainsi une réaction positive à la coloration APS, mais malgré la combinaison de l'APS avec le Bleu alcian, elles restent rouges. Ce qui

montre qu'elles sont composées de glucides neutres et de protéines (Serclerat et al. 2013).



**Figure 29:** Observations histochimiques des différents stades folliculaires de l'ovaire de *P. vaucheri*. Détection des polysaccharides simples par l'APS. **A** : APS négative sur follicule primaire ; **B** : APS négative sur follicule au début de prévitellogenèse ; **C** : Zp APS positive dans un follicule en prévitellogenèse ; **D** : T, Gv et Zp APS positives dans un follicule en vitellogenèse ; **E** : T, Gv et Zp APS positives dans un follicule mature.

La nature mucopolysaccharidique de la zone pellucide est également mise en évidence par la réaction au Bleu alcian-APS, et cela depuis les premiers stades de prévitellogenèse (Figure 31). Cela correspond aux résultats obtenus chez *Boulengerula taitanus* (Raquet et al. 2006) et *Amietophrynus (Bufo) mauritanicus* de la zone humide de Béni-Belaïd à Jijel (Kisserli O. et al. 2011; Kisserli and Exbrayat 2013). Il est aussi à noter que la thèque conjonctive riche en collagène est ainsi colorée en violet.



**Figure 30:** Mise en évidence des mucopolysaccharides par la coloration Bleu alcian-APS dans les ovaires de *P. vaucheri*. **A** : Follicule prévitellogénique ; **B** : Follicule vitellogénique.

## 2.5. Détection des hormones dans les ovaires

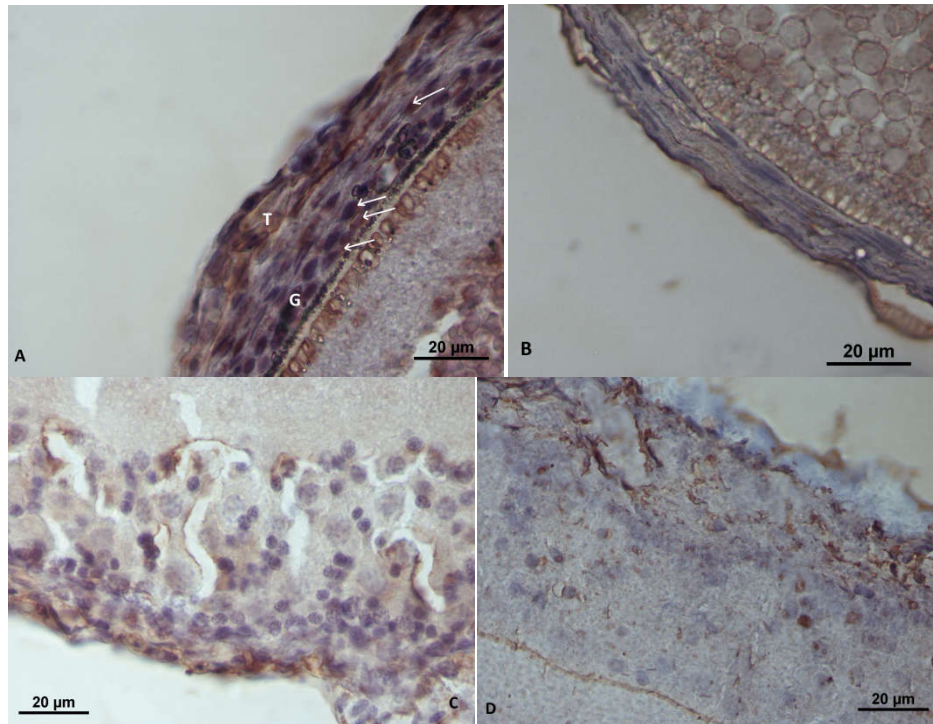
Les œstrogènes, les androgènes et la progestérone sont synthétisés et sécrétés par l'ovaire et transportés dans la circulation sanguine vers leurs tissus cibles, où ils

exercent leurs effets biologiques par l'intermédiaire de récepteurs spécifiques (Jones 2011). Les deux classes de stéroïdes les plus étroitement associées à la reproduction des femelles, sont les œstrogènes et la progestérone.  $17\beta$ -œstradiol est généralement considéré comme étant l'œstrogène gonadique primaire chez les reptiles, comme c'est le cas chez de nombreux autres vertébrés (Norris 2007).

La recherche des hormones stéroïdes au niveau des ovaires de *P. vaucheri* du Djurdjura, montre une variation saisonnière de celles-ci. La présence de  $17\beta$ -œstradiol a été détectée dans les cellules folliculaires et les cellules de la thèque conjonctive des follicules prévitellogéniques et vitellogéniques de la période de reproduction, allant de Avril à Mai. Par contre, le marquage disparaît dans les follicules mûres et aussi dans les follicules prévitellogéniques observés durant la période ovulatoire et post-reproduction, qui s'étale de juin jusqu'à la fin du cycle d'activité de l'espèce. Cependant, Hammouche et al. 2007b rapportent que la granulosa, en particulier les cellules piriformes, est le siège de la biosynthèse de l'œstradiol.

Durant la période post-reproduction, seuls les follicules prévitellogéniques persistent, en plus des jeunes follicules (primordiaux et primaires), et assurent la production de progestérone, qui est localisée seulement au niveau de la thèque. Le maintien de sa production même après reproduction semble jouer un rôle dans l'inhibition de la production de l'œstradiol et la vitellogenèse (Yaron and Widzer 1978; Ho et al. 1982; Callard et al. 1992; Díaz et al. 1994).

Par ailleurs, plusieurs études portées sur la concentration des hormones stéroïdes dans le plasma ont déjà noté l'augmentation des taux d'œstradiol durant la période de reproduction et une diminution au cours de la période post-reproduction chez les lézards (Carnevali et al. 1991; Díaz et al. 1994; Heulin et al. 2008; Al-Amri et al. 2012). Cela s'explique par le fait que l'œstradiol joue un rôle clé dans la synthèse hépatique de la vitellogénine et pour le développement des follicules et de l'oviducte (Ho et al. 1982; Ho 1987; Paolucci 1989; Carnevali et al. 1991; Ciarcia et al. 1993). Par ailleurs, les femelles de *Pogona barbata* en Queensland (Australie), manifestent de faibles concentrations en œstradiol durant la période de reproduction, ce qui laisse supposer qu'une autre hormone est utilisée pour stimuler la vitellogenèse (Amey and Whittier 2000).

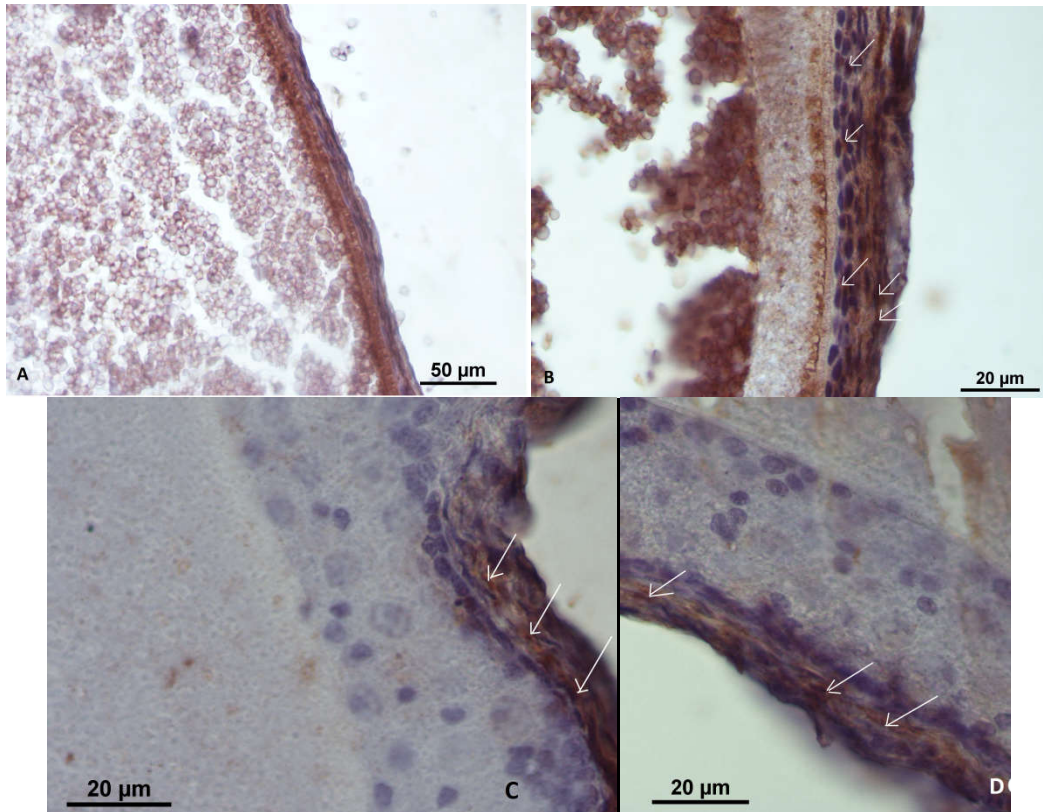


**Figure 31:** Immunolocalisation de 17 $\beta$ -céstradiol dans l'ovaire de *P. vaucheri*.

**A :** Follicule vitellogénique avec marquage (Mai); **B :** Follicule mûre sans marquage (Avril) ;  
**C :** Follicule prévitellogénique sans marquage (Juin) ; **D :** Follicule prévitellogénique sans marquage (Octobre).

Concernant la détection de la progestérone, nos observations révèlent également une variation saisonnière dans l'expression du marquage. Néanmoins, une différence est constatée au niveau des sites de production de cette hormone comparée à l'œstradiol. Durant la période de reproduction, la thèque et la granulosa des follicules prévitellogéniques, vitellogéniques et matures sont immunoréactives à la progestérone. Contrairement à ce qui est rapporté chez *Uromastix acanthinura*, où les follicules prévitellogéniques ne semblent pas synthétiser la progestérone (Hammouche et al. 2007b). Ceci dit, les niveaux élevés de progestérone durant la période de reproduction, semblent participer à la maturation des follicules et à l'ovulation, mais aussi au maintien de la vascularisation de l'oviducte (Callard et al. 1972a, 1972b, 1992; Ho et al. 1982).

Il est à noter que la fonction endocrine des cellules folliculaires a été aussi démontrée chez plusieurs espèces de vertébrés, tel que *Boulengerula taitana* (Raquet et al. 2015) ; *Amietophrynus mauritanicus* (Kisserli et al. 2011; Kisserli and Exbrayat 2013) ; *Uromastix acanthinura* de Beni Abbas (Hammouche et al. 2007b) et *Psammomys obesus* de Beni Abbas (Boubekri et al. 2007).



**Figure 32:** Immunolocalisation de la progestérone dans l'ovaire de *P. vaucheri*.

**A :** Follicule mûre avec marquage au niveau de la granulosa et la thèque (Avril) ; **B :** Follicule vitellogénique avec marquage de la granulosa et la thèque (Mai) ; **C (Aout) et D (Septembre):** Follicules prévitellogéniques avec marquage de la thèque.

## 2.6. Caractérisation du cycle de reproduction de *P. vaucheri*

Le cycle sexuel des femelles est aussi facile à caractériser que celui des mâles (Saint-Girons and Duguy 1970; Carretero 2006). Dans le cas de *P. vaucheri*, l'activité sexuelle chez les femelles est observée au printemps et début été (juin), comme chez les mâles (Figure 33).

D'ailleurs, des couples en positions d'accouplement et des femelles gravides sont observés sur le terrain. Les données histologiques obtenues aussi durant cette période, révèlent une présence d'ovocytes matures dans les ovaires et des œufs au niveau des oviductes, mais les femelles d'Avril ne sont pas gravides. Ce qui nous permet au final de classer son cycle de reproduction comme cycle associé, typique aux espèces des régions tempérées (Hraoui-Bloquet 1985; James and Shine 1985; Hraoui-Bloquet and Bloquet 1988; Amat et al. 2000; Roig et al. 2000; Carretero et al. 2006; Carretero 1997). A partir du mois de Mai, commence l'ovulation chez certaines femelles et des œufs sont retrouvés au niveau de l'oviducte, et cela jusqu'au mois de Juillet. La période de Juin à juillet correspond à la période de ponte et Aout à la période d'éclosion, d'ailleurs en fin Aout et septembre, on commence à observer les nouveaux nés sur le terrain. Par ailleurs, aucune recrudescence ovarienne n'est

constatée en automne avant l'entrée en hibernation. Ainsi, on peut considérer Juillet-Aout-Septembre-Octobre comme période de repos sexuelle des femelles.

Une légère différence est constatée dans la phénologie de la reproduction des femelles de *P. vaucheri* du Djurdjura, comparée à *P. bocagei* d'Espagne, dont la période d'ovulation commence en mi-Avril à mi-Juillet et la ponte de Mai jusqu'à Juillet (Galan 1996).

Ainsi nos résultats obtenus sont en accord avec la description déjà faite sur le cycle de reproduction des lézards méditerranéens, avec une saison de reproduction au printemps et début été, la ponte en fin printemps et début été et éclosion en fin été et début automne (Castilla and Bauwens 1990; Galan 1996; Carretero and Llorente 1997; Carretero 2006; Mojibi and Hojati 2014; Malekmohammadi Kalahroudi and Hojati 2015).

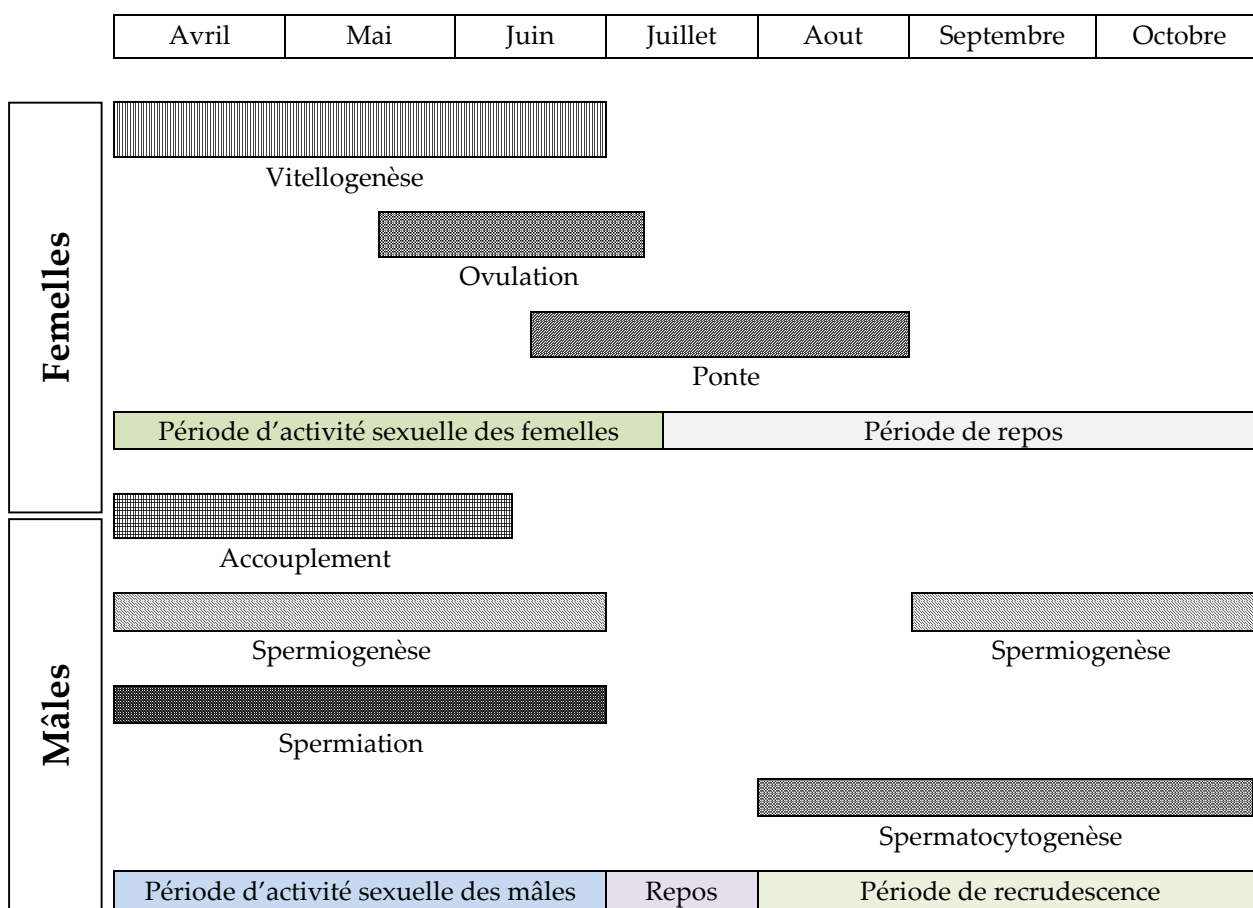


Figure 33: Représentation du cycle de reproduction des mâles et femelles de *P. vaucheri* du Djurdjura.

### Références

Akiki YS, Saadé JH, Hokayem ML, Hraoui-Bloquet S, Nassar F. 2015. Female reproductive cycle of the lacertid lizard *Acanthodactylus schreiberi syriacus* (Reptilia: Squamata) from Lebanon. *Herpetology Notes* 8: 439–443.



- Al-Amri IS, Mahmoud IY, Waring CP, Alkindi AY, Khan T, Bakheit C. 2012. Seasonal changes in plasma steroid levels in relation to ovarian steroidogenic ultrastructural features and progesterone receptors in the house gecko, *Hemidactylus flaviviridis*, in Oman. *General and Comparative Endocrinology* 177: 46–54.
- Amat F, Llorente GA, Carretero MA. 2000. Reproductive cycle of the sand lizard (*Lacerta agilis*) in its southwestern range. *Amphibia-reptilia* 21: 463–476.
- Amey AP, Whittier JM. 2000. Seasonal patterns of plasma steroid hormones in males and females of the bearded dragon Lizard, *Pogona barbata*. *General and Comparative Endocrinology* 117: 335–342.
- Bauwens D, Verheyen RF. 1985. The timing of reproduction in the lizard *Lacerta vivipara*: Differences between individual females. *Journal of Herpetology* 19: 353.
- Boubekri A, Gernigon-Spychalowicz T, Khammar F, Exbrayat JM. 2007. Histological and immunohistological aspects of the ovarian cycle of the algerian wild sand rat, *Psammomys obesus* Cretzschmar, 1828. *Folia Histochemica et cytobiologica* 45: 41–40.
- Callard IP, Bayne CG, McConnell WF. 1972a. Hormones and reproduction in the female lizard *Sceloporus cyanogenys*. *General and Comparative Endocrinology* 18: 175–194.
- Callard IP, Doolittle J, Banks Jr. WL, Chan SWC. 1972b. Recent studies on the control of the reptilian ovarian cycle. *General and Comparative Endocrinology* 3, Supplement: 65–75.
- Callard IP, Fileti LA, Perez LE, Sorbera LA, Giannoukos G, Klosterman LL, Tsang P, McCracken JA. 1992. Role of the corpus luteum and progesterone in the evolution of vertebrate viviparity. *American Zoologist* 32: 264–275.
- Carnevali O, Mosconi G, Angelini F, Limatola E, Ciarcia G, Polzonetti-Magni A. 1991. Plasma vitellogenin and 17 $\beta$ -estradiol levels during the annual reproductive cycle of *Podarcis s. sicula* Raf. *General and Comparative Endocrinology* 84: 337–343.
- Carretero MA. 2006. Reproductive cycles in mediterraneanlacertids: plasticity and constraints. In: *Mainland and insular lacertid lizards: a Mediterranean perspective*. Firenze: Firenze University Press. pp. 33–54.
- Carretero MA, Llorente GA. 1997. Reproduction of *psammmodromus algirus* in coastal sandy areas of NE Spain. *Amphibia-Reptilia* 18: 369–382.
- Carretero MA, Ribeiro R, Barbosa D, Sá-Sousa P, Harris DJ. 2006. Spermatogenesis in two Iberian *Podarcis* lizards: relationships with male traits. *Animal Biology-Leiden* 56: 1–12.
- Castilla AM, Bauwens D. 1990. Reproductive and fat body cycles of the lizard, *Lacerta lepida*, in Central Spain. *Journal of Herpetology* 24: 261.
- Ciarcia G, Paolucci M, Di Fiore MM. 1993. Changes in ovarian follicles and in vitro sex hormone release in the lizard *Podarcis sicula sicula*. *Molecular Reproduction and Development* 35: 257–260.

- Díaz JA, Alonso-Gómez AL, Delgado MJ. 1994. Seasonal variation of gonadal development, sexual steroids, and lipid reserves in a population of the lizard *Psammodromus algirus*. *Journal of herpetology* 28: 199–205.
- El Mouden EH, Znari M, Francillon-Vieillot H. 2001. Variations histologiques de l'ovaire au cours du cycle reproductif annuel chez *Agama impalearis* Boettger, 1874 (Reptilia: Agamidae). *Belgian Journal of Zoology* 131: 17–30.
- Filosa S, Tadde C, Andreuccetti P. 1979. The differentiation and proliferation of follicle cells during oocyte growth in *Lacerta sicula*. *Journal of Embryology and Experimental Morphology* 54: 5–15.
- Galan P. 1996. Reproductive and fat body cycles of the lacertid lizard *Podarcis bocagei*. *Herpetological journal* 6: 20–25.
- Guraya SS. 1989. *Ovarian Follicles in Reptiles and Birds*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Guraya SS, Varma SK. 1978. Histochemistry of ovarian changes in the house lizard, *Hemidactylus flaviviridis*. *Acta Morphologica Neerlandico-Scandinavica* 16: 199–223.
- Hammouche S, Gernigon T, Exbrayat JM. 2007a. Immunocytochemical localization and ultrastructural study of gonadotroph cells in the female desert lizard *Uromastyx acanthinura*. *Tissue and Cell* 39: 13–25.
- Hammouche S, Gernigon-Spychalowicz T, Exbrayat JM. 2007b. Immunolocalization of estrogens and progesterone receptors within the ovary of the lizard *Uromastyx acanthinura* from vitellogenesis to rest season. *Folia Histochemica et Cytobiologica* 45: 23–22.
- Heulin B, Garnier D, Surget-Groba Y, Deunff J. 2008. Plasma levels of estradiol during vitellogenesis and early gestation in oviparous and viviparous *Lacerta (Zootoca) vivipara*. *Amphibia-Reptilia* 29: 135–139.
- Ho S-m., Kleis S, McPherson R, Heisermann GJ, Callard IP. 1982. Regulation of vitellogenesis in reptiles. *Herpetologica* 38: 40–50.
- Hraoui-Bloquet S. 1985. Le cycle sexuel des mâles chez *Lacerta laevis* (Reptilia, Lacertidae) dans les montagnes du Liban. *Amphibia-Reptilia* 6: 217–227.
- Hraoui-Bloquet S, Bloquet G. 1988. Le cycle sexuel des mâles chez *Lacerta laevis* sur la côte du Liban et comparaison avec les lézards de montagne. *Amphibia-Reptilia* 9: 189–195.
- James C, Shine R. 1985. The seasonal timing of reproduction: A tropical-temperate comparison in Australian lizards. *Oecologia* 67: 464–474.
- Jones SM. 2011. Chapter 4 - Hormonal regulation of ovarian function in reptiles. In: Norris DO, Lopez KH (eds), *Hormones and Reproduction of Vertebrates*. London: Academic Press. pp. 89–115.
- Kisserli O, Exbrayat J-M. 2013. Histologie et immunohistochimie des organes de reproduction de *Bufo mauritanicus* Schlegel, 1841. In: *Bulletin de la Société herpétologique de France*. Société herpétologique de France. pp. 101–112.
- Kisserli O., Doumandji S., Exbrayat J. M. 2011. Reproductive cycles in *Bufo mauritanicus* (Schlegel, 1841) in a wet area of Beni-Belaïd (Jijel, Algeria). *Basic and Applied Herpetology* 25: 65–71.

- Malekmohammadi Kalahrudi M, Hojati V. 2015. The female reproductive cycle of the spotted toad-headed agama, *Phrynocephalus maculatus* (Sauria: Agamidae) in Iran. *Iranian Journal of Animal Biosystematics* 10: 185–194.
- Mojibi F, Hojati V. 2014. The Female reproductive cycle of the bedriagaplate-tailed gecko, *Teratoscincus bedriagai* (Sauria: Gekkonidae) in Iran. *International Journal of Zoology* 2014: 1–6.
- Motta CM, Filosa S, Andreuccetti P. 1996. Regression of the epithelium in late previtellogenic follicles of *Podarcis sicula*: A case of apoptosis. *Journal of Experimental Zoology* 276: 233–241.
- Motta CM, Scanderbeg MC, Filosa S, Andreuccetti P. 1995. Role of pyriform cells during the growth of oocytes in the lizard *Podarcis sicula*. *Journal of Experimental Zoology* 273: 247–256.
- Norris DO. 2007. *Vertebrate endocrinology* (4th ed). Amsterdam; Boston: Elsevier Academic Press.
- Paolucci M. 1989. Estradiol receptor in the lizard liver (*Podarcis s. sicula*). Seasonal changes and estradiol and growth hormone dependence. *Molecular and Cellular Endocrinology* 66: 101–108.
- Ramírez-Pinilla M, de Pérez G, Alvarado-Ramírez C. 2014. Oogenesis and the Ovarian Cycle. In: *Reproductive Biology and Phylogeny of Lizards and Tuatara*. CRC Press. pp. 213–252.
- Raquet MA, Measey GJ, Exbrayat JM. 2015. Annual variation of ovarian structures of *Boulengerula taitana* (Loveridge 1935), a Kenyan caecilian. *African Journal of Herpetology* 64: 116–134.
- Raquet M, Measey GJ, Exbrayat J-M. 2006. Premières observations histologiques de l'ovaire de *Boulengerula taitanus* Loveridge, 1935, amphibien gymnophione. *Revue française d'histotechnologie* 19: 9–15.
- Roig JM, Carretero MA, Llorente GA. 2000. Reproductive Cycle in a Pyrenean Oviparous Population of the Common Lizard (*Zootoca Vivipara*). *Netherlands Journal of Zoology* 50: 15–27.
- Saint-Girons H, Duguy R. 1970. Le cycle sexuel de *Lacerta muralis* en plaine et en montagne. *Bulletin du Museum National D'histoire Naturelle* 42: 609–625.
- Serclerat H, Measey GJ, Exbrayat JM, Chevalier C. 2013. Détection histochimique des glucides dans l'ovaire d'un amphibien Gymnophione: *Boulengerula boulengeri* pendant la période de reproduction. *Revue Française d'Histotechnologie* 26: 89–98.
- Siegel D, Miralles A, Rheubert J, Sever D. 2014. Female Reproductive Anatomy: Cloaca, Oviduct and Sperm Storage. In: *Reproductive Biology and Phylogeny of Lizards and Tuatara*. CRC Press. pp. 144–195.
- Torki F. 2007. Reproductive cycle of the Snake-eyed Lizard *Ophisops elegans* MÉNÉTRIÉS, 1832 in western Iran. *Herpetozoa* 20: 57–66.
- Wyk JH. 1984. Ovarian morphological changes during the annual breeding cycle of the rock lizard *Agama atra* (Sauria: Agamidae). *Navorsinge van die Nasionale Museum: Researches of the National Museum* 4: 237–275.

Yaron Z, Widzer L. 1978. The control of vitellogenesis by ovarian hormones in the lizard *Xantusia vigilis*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* 60: 279–284.

**- IV -**

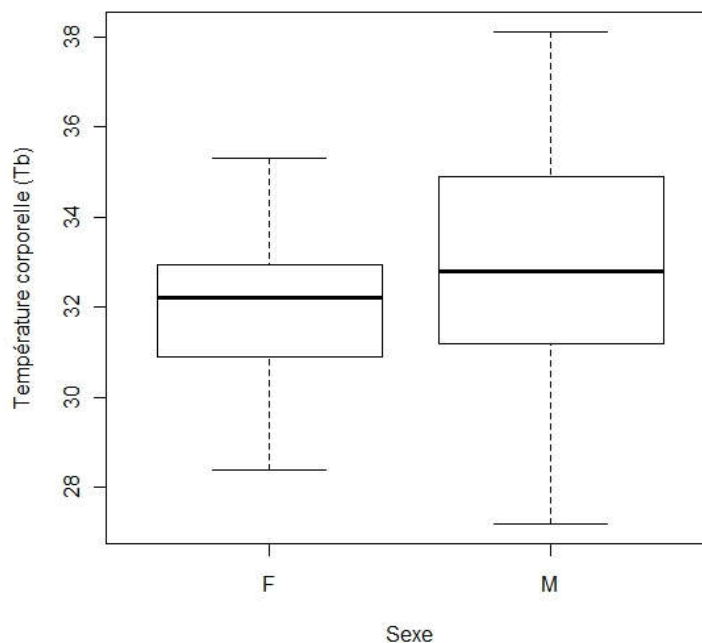
**BIOLOGIE THERMIQUE  
ET STRATEGIE DE  
THERMOREGULATION**

Les résultats obtenus précédemment montrent que le printemps représente la période idéale pour (i) une meilleure alimentation de *P. vaucheri*, qui se traduit par une diversité élevée de son spectre alimentaire, et (ii) le développement des gonades et l'accouplement. Comme la température représente un facteur important, qui influence les différents processus physiologique et l'activité des ectothermes, il nous est apparu utile d'apporter des données additionnelles sur l'écologie thermique de cette espèce, en évaluant son cycle d'activité journalier, sa température corporelle préférée dans les conditions naturelles, et définir ainsi sa stratégie de thermorégulation.

#### IV.1. Activité journalière et température corporelle ( $T_b$ ) de *P. vaucheri*

Au total 483 observations et 103 captures ont été faites sur le terrain durant le printemps 2014. Les mesures de température prises ainsi, montrent que la température corporelle moyenne des lézards actifs est de:  $32,61 \pm 0,22$  °C, et varie entre  $27,2 - 38,1$ °C, pour 103 mesures. Ces valeurs sont en accord avec celles reportées chez d'autres espèces du genre *Podarcis*, comme par exemple *P. mielensis* de l'archipel Milos en Grèce, dont la moyenne de  $T_b = 31,3$ °C (Adamopoulou and Valakos 2005); *P. peloponnesiaca* en Peloponnisos, Grèce, moyenne  $T_b = 31,1$ °C (Maragou et al. 1997) ; *P. Tiliguerta*, où  $T_b = 32,11$ °C et *P. sicula* qui présente une  $T_b = 32,37$ °C, en Corse, France (Van Damme et al. 1990) ; chez *P. muralis* dont  $T_b = 33,74$ °C au nord de l'Espagne (Braña 1993).

Cependant, la comparaison des températures moyennes des mâles ( $T_b = 32,91$ °C,) et des femelles ( $T_b = 32,01$ °C), révèle une légère différence (Student test :  $t = -2,1171$  ; ddl = 76,39 ;  $P = 0,03751$ ), comme le montre la Figure 34.



**Figure 34:** Comparaison des températures ( $T_b$ ) moyennes des mâles et femelles de *P. vaucheri*.

La figure 35, nous permet facilement de déterminer le type d'activité journalière de l'espèce étudiée. Durant le printemps les lézards adoptent une activité monomodale, avec beaucoup d'activité entre 10h et 15h, et un pic à 11h. Cela pourrait être attribué au climat de la zone d'étude, qui est influencé par l'altitude. Le test de Student, montre une activité similaire entre les deux sexes ( $t = -0,27357$  ; ddl = 289,73 ;  $P = 0,7846$ ). Ceci dit, des études montrent une activité bimodale durant la même

période, chez le lézard ocellé *Timon Pater* dans le parc national d'El Kala (Rouag et al. 2006), et *Psammotromus algirus* dans le parc national de Balezma (Bouam et al. 2016).

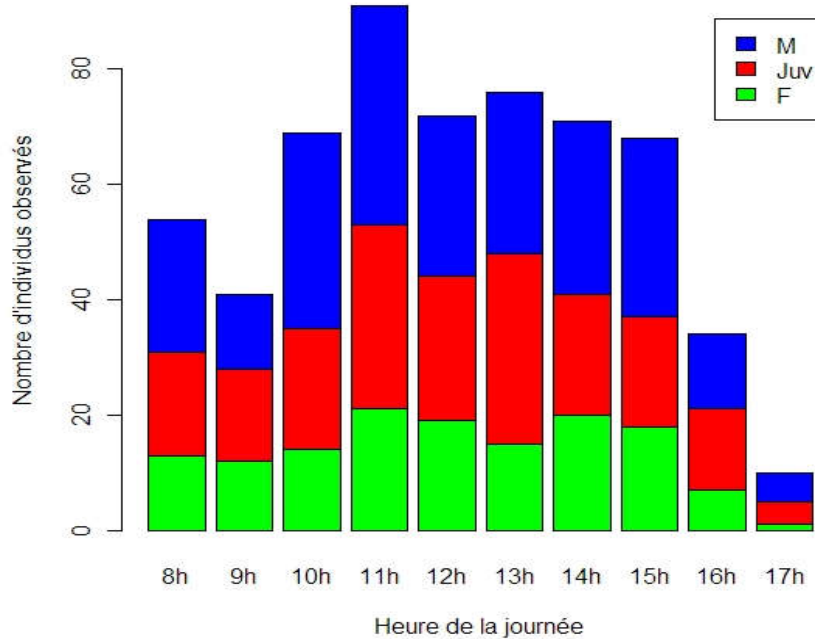


Figure 35: Nombre d'individus de *P. vaucheri* observé au cours de la journée

Par ailleurs, la comparaison des températures corporelles moyennes entre les tranches horaires (ANOVA ;  $P = 0,966$ ) et l'activité des lézards (ANOVA ;  $P = 0,8674$ ) ne révèle aucune différence, mais les individus capturés au repos montrent la plus basse valeur de  $T_b = 31,74^\circ\text{C}$ . Et cela nous permet déjà de dire que *P. vaucheri* tente de réguler sa  $T_b$  au cours de la journée et de la garder au mieux constante (Figure 36 et 37). Ceci dit, nos résultats sont en accord avec ceux obtenus chez *P. vaucheri* du massif du Rif au Maroc (Veríssimo and Carretero 2009) qui est testé dans les conditions de laboratoire, et dont la température corporelle moyenne ne montre pas de variation journalière.



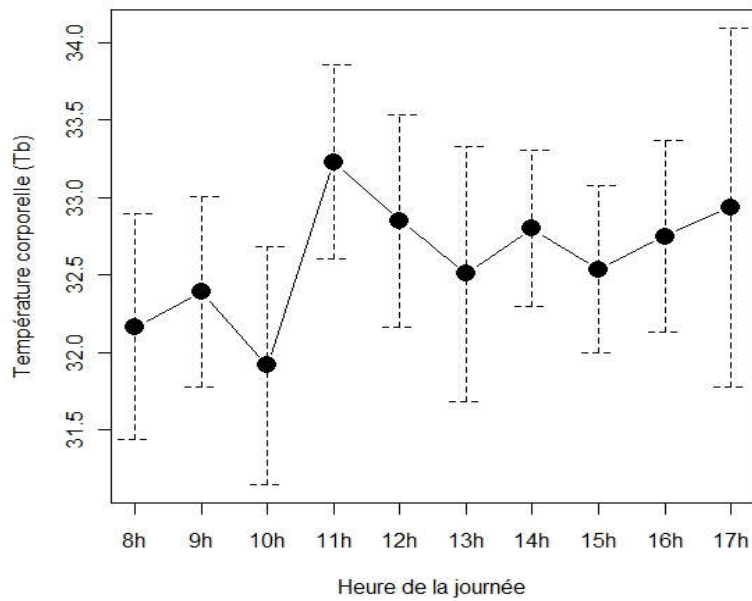


Figure 36: Variation journalière de la ( $T_b$ ) moyenne de *P. vaucheri*.

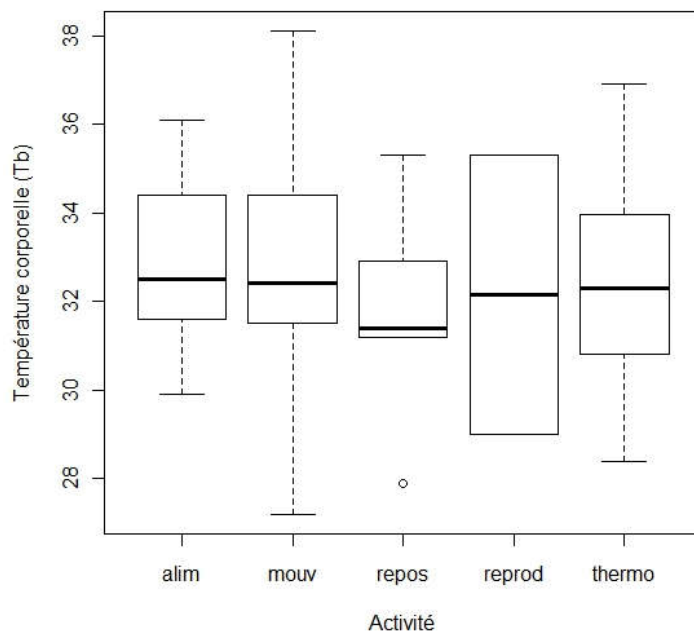
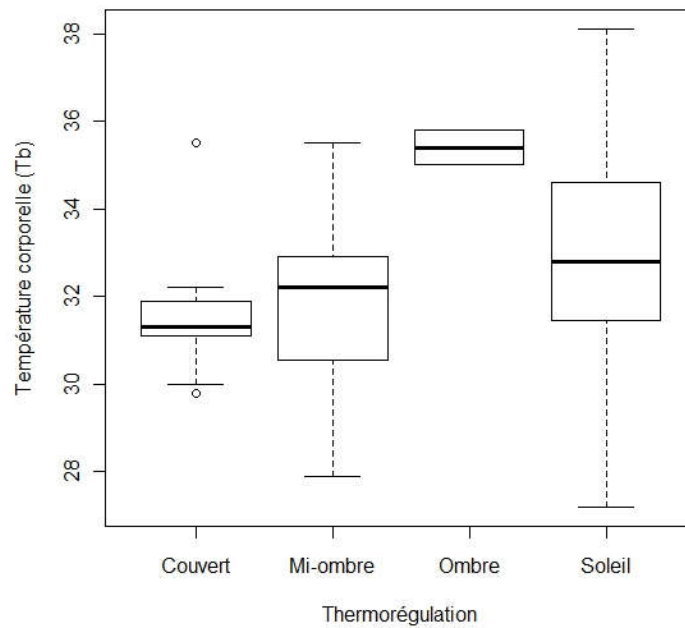


Figure 37: Variation de la ( $T_b$ ) moyenne selon le comportement des lézards.

D'autres données ont été notées sur le terrain, pour mieux comprendre le comportement de thermorégulation de cette espèce. D'ailleurs, la  $T_b$  moyenne des lézards capturés dans l'ombre est la plus élevée ( $T_b = 35,4^{\circ}\text{C}$ ) (Figure 38), et le test statistique révèle une différence significative entre les catégories (ANOVA ;  $P = 0,01663$ ). Après une longue exposition au soleil, les lézards sont obligés de se mettre dans l'ombre pour diminuer leur ( $T_b$ ) (Le Galliard, en pers.), ce qui peut justifier les valeurs obtenues dans l'ombre.



**Figure 38:** Variation de la ( $T_b$ ) selon le comportement de thermorégulation de *P. vaucheri*.

La comparaison des températures moyennes des femelles gravides ( $T_b = 31,94^\circ\text{C}$ ) et non-gravides ( $T_b = 32,03^\circ\text{C}$ ) (Figure 39), indique que la différence n'est pas significative (Student test :  $t = -0,0841$  ;  $ddl = 5,13$  ;  $P = 0,9361$ ). Mais, il est important de noter qu'aux stades avancés qui suivent l'ovulation les femelles gravides ou gestantes sélectionnent des  $T_b$  faibles (Van Damme et al. 1987; Le Galliard et al. 2003; Carretero et al. 2005, 2006; Veríssimo and Carretero 2009). Selon Braña 1993, les températures optimales pour le développement des embryons sont plus basses que celles nécessaires pour les différentes fonctions physiologiques de la femelle. Dans notre étude les lézards sont capturés entre le 11 Avril et le 22 Mai 2014, durant cette période et comme nous l'avons déjà rapporté dans la partie « biologie de la reproduction », les femelles n'ont pas encore ovulé.

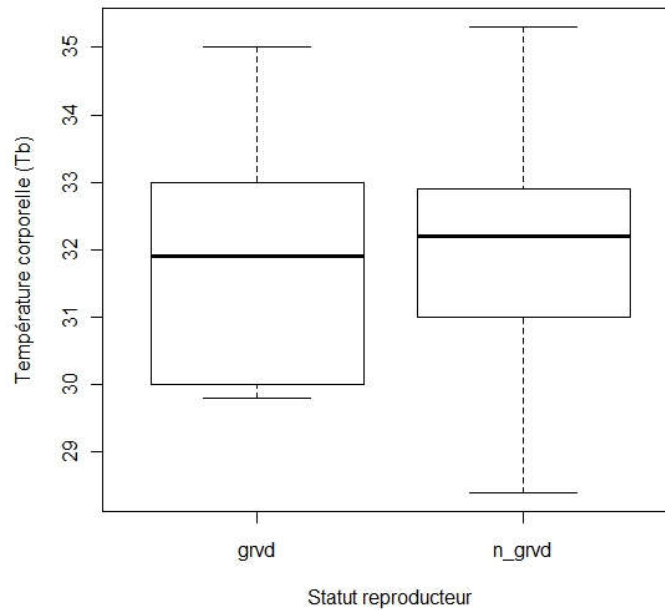


Figure 39: Température corporelle moyenne des femelles de *P. vaucheri*.

#### IV.2. Stratégie de thermorégulation

Nos résultats montrent que le lézard des murailles du Djurdjura *P. vaucheri* peut maintenir sa température corporelle élevée et constante (Figure 40), grâce au déplacement entre les sites ensoleillés et l'ombre.

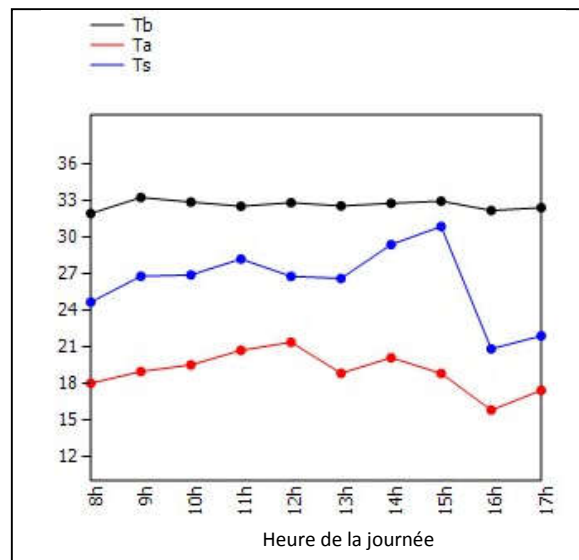
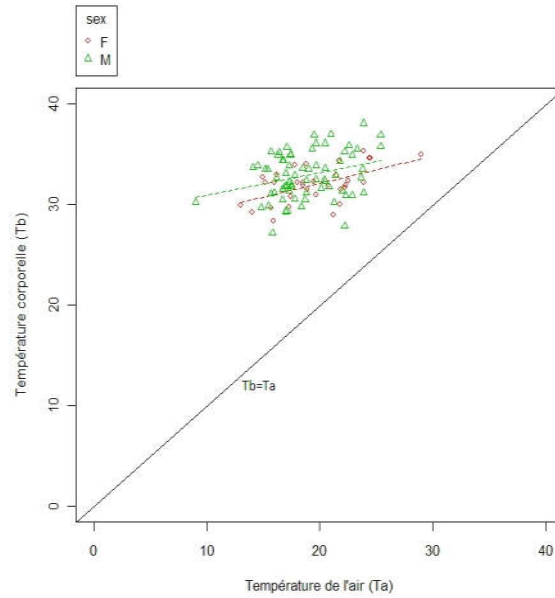


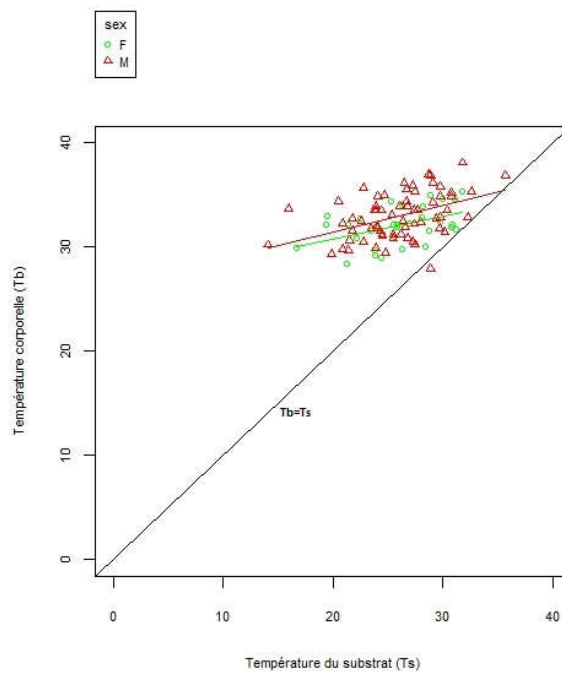
Figure 40: Variation des températures prélevées au cours de la journée.

T<sub>b</sub> : température corporelle, T<sub>a</sub> : température de l'air, T<sub>s</sub> : température du substrat.

Les régressions obtenues entre les (T<sub>b</sub>) et les (T<sub>a</sub>) (température de l'air) (Figure 41) et entre (T<sub>b</sub>) et (T<sub>s</sub>) (température du substrat) (Figure 42), indiquent que *P. vaucheri* est une espèce thermo-active, avec une légère différence entre les deux sexes, les mâles régulent plus précisément leur (T<sub>b</sub>) que les femelles.



**Figure 41:** Droite de régression entre la ( $T_b$ ) et ( $T_a$ ) chez *P. vaucheri*.



**Figure 42:** Droite de régression entre la ( $T_b$ ) et ( $T_s$ ) chez *P. vaucheri*.

Cette stratégie est commune chez le genre *Podarcis*, comme le montrent plusieurs auteurs (Van Damme et al. 1987, 1989, 1990; Tosini et al. 1992; Braña 1993; Bauwens et al. 1996; Maragou et al. 1997; Adamopoulou and Valakos 2005).

### IV.3. Evaluation de la température préférée ( $T_{pref}$ ) au laboratoire

Pour estimer la température préférée chez *P. vaucheri*, 137 lézards (85 mâles et 52 femelles) ont été transportés au laboratoire. La  $T_{pref}$  ainsi obtenue ( $32,51 \pm 0,1$  °C,  $n = 1242$ ) s'avère plus faible comparée aux températures sélectionnées par d'autres espèces de *Podarcis*, comme par exemple : *P. sicula campestris* de Tuscany (Italy), dont la température préférée avoisine  $34,79^{\circ}\text{C}$  (Avery 1978) ; *P. tiliguerta* de la Haute-Corse (France) avec une  $T_{pref}$  de  $35,47^{\circ}\text{C}$  (Van Damme et al. 1990) ; *P. muralis* du Nord de l'Espagne qui exprime une  $T_{pref}$  de  $33,77^{\circ}\text{C}$  (Braña 1993) ; *P. milensis* l'archipel Milos en Grèce qui montre une  $T_{pref}$  de  $33,3$  °C (Adamopoulou and Valakos 2005) ; *P. hispanica* en Bellaterra (Espagne) dont la  $T_{pref}$  est estimée à  $33,07$  °C (Carretero et al. 2006) ; et enfin *P. vaucheri* du Rif au Maroc (Verissimo and Carretero 2009), dont les résultats montrent une  $T_{pref}$  élevée  $34,00$  °C. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les auteurs ont testé un seul lézard par terrarium, ce qui diminue le comportement de compétition pour les abris et/ou sites de thermorégulation.

Cependant, la comparaison de la  $T_{pref}$  indique que la différence entre les deux sexes n'est pas significative : mâles  $T_{pref} = 32,54$  °C,  $n = 468$  ; femelles  $T_{pref} = 32,47$  °C,  $n = 789$  (Student test :  $t = -0,3516$  ;  $ddl = 984,936$  ;  $P = 0,7252$ ).

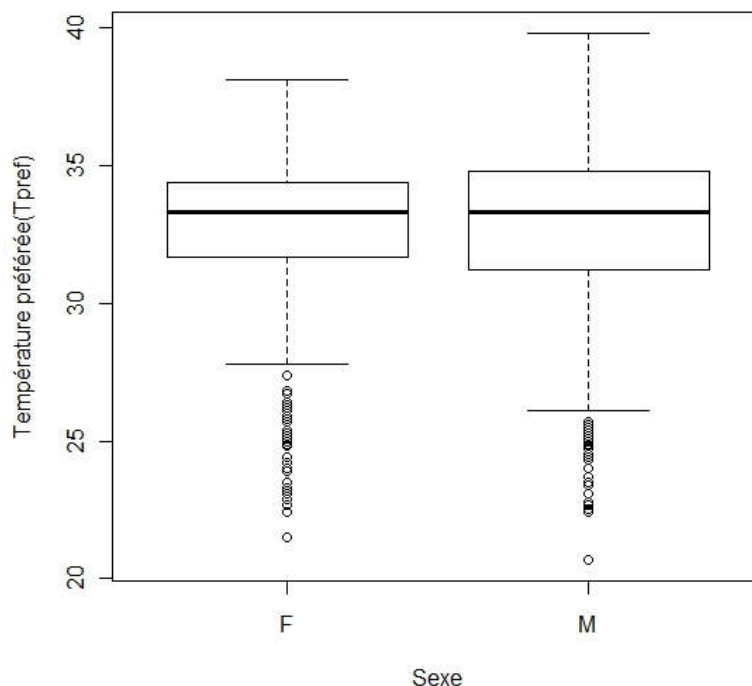
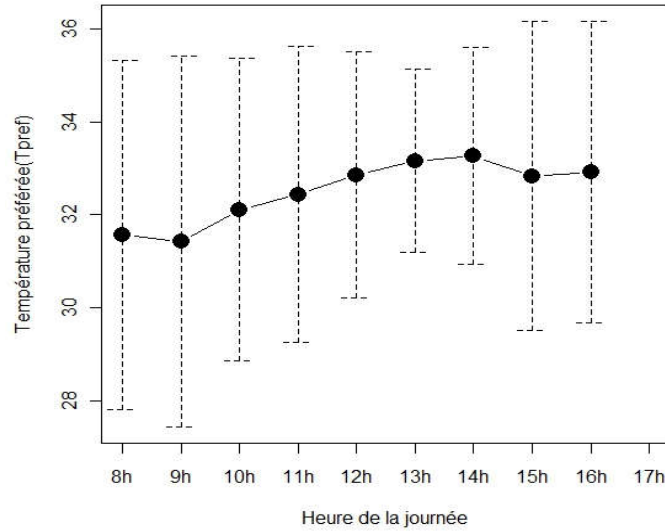


Figure 43: Comparaison des températures préférées ( $T_{pref}$ ) des mâles et femelles de *P. vaucheri*.

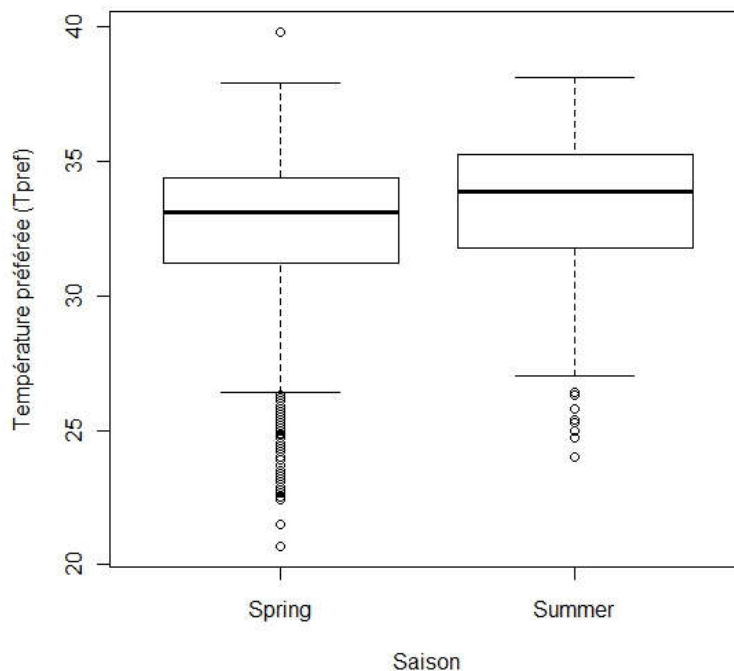
Contrairement aux données du terrain, la comparaison des températures préférées entre les tranches horaires montre une différence significative (ANOVA ;  $P = 0,003$ ). La figure 44, nous donne un aperçu détaillé de cette variation. Les plus basses valeurs sont enregistrées au début de la journée entre 8h et 10h, les ( $T_{pref}$ ) sont de

l'ordre de 31°C. Une augmentation est constatée à partir de 10h et un pic est enregistré entre 13h et 14h où la  $T_{pref}$  atteint ainsi 33°C. Ensuite, une légère diminution est observée au cours des heures qui suivent.



**Figure 44:** Variation journalière de la ( $T_{pref}$ ) moyenne de *P. vaucheri*.

La comparaison entre les deux saisons considérées, révèle une différence significative entre le printemps et l'été (Student test:  $t = -7,0069$  ;  $ddl = 846,319$  ;  $P < 0,0001$ ). La plus faible valeur est enregistrée au printemps ( $T_{pref} = 32,15^{\circ}\text{C}$ ), par contre en été, les lézards, sélectionnent une température corporelle plus élevée de  $33,4^{\circ}\text{C}$  (Figure 45). Selon Adamopoulou and Valakos 2005, *P. milensis* de l'archipel de Milos en Grèce ne montre pas de changement de ( $T_{pref}$ ) entre le printemps et l'été.



**Figure 45 :** Variation saisonnière de la température préférée ( $T_{pref}$ ) chez *P. vaucheri*.

## Références

- Adamopoulou C, Valakos ED. 2005. Thermal ecology and activity cycle of *Podarcis milensis* in a sandy coastal area. *Israel Journal of Zoology* 51: 39–52.
- Avery RA. 1978. Activity patterns, thermoregulation and food consumption in two sympatric lizard species (*Podarcis muralis* and *P. sicula*) from central Italy. *The Journal of Animal Ecology* 47: 143.
- Bauwens D, Hertz PE, Castilla AM. 1996. Thermoregulation in a lacertid lizard: The relative contributions of distinct behavioral mechanisms. *Ecology* 77: 1818–1830.
- Bouam I, Necer A, Saoudi M, Tahar-Chaouch L, Khelfaoui F. 2016. Diet and daily activity patterns of the lacertid lizard *Psammmodromus algirus* (Sauria: Lacertidae) in a semi-arid Mediterranean region. *Zoology and Ecology* 26: 244–252.
- Braña F. 1993. Shifts in body temperature and escape behaviour of female *Podarcis muralis* during pregnancy. *Oikos* 66: 216–222.
- Carretero MA, Marcos E, de Prado P. 2006. Intraspecific variation of preferred temperatures in the NE form of *Podarcis hispanica*. In: *Mainland and insular lacertid lizards: a Mediterranean perspective*. Firenze: Firenze University Press.
- Carretero MA, Roig JM, Llorente GA. 2005. Variation in preferred body temperature in an oviparous population of *Lacerta (Zootoca) vivipara*. *The Herpetological Journal* 15: 51–55.
- Le Galliard J-F, Le Bris M, Clobert J. 2003. Timing of locomotor impairment and shift in thermal preferences during gravidity in a viviparous lizard. *Functional Ecology* 17: 877–885.
- Maragou P, Valakos ED, Chondropoulos BP. 1997. Comparative ecology of two sympatric lizard species, *Lacerta graeca* and *Podarcis peloponnesiaca* endemic to Peloponnisos (Greece). In: *Bohme, W. et al. T. (eds), Herpetologia Bonnensis, Proc. 8th Ordinary General Meeting Soc. Eur. Herpetol. Soc. Eur. Herpetol., Frankfurt am Main*: 265–271.
- Rouag R, Berrahma I, Luiselli L. 2006. Food habits and daily activity patterns of the North African ocellated lizard *Timon pater* from northeastern Algeria. *Journal of Natural History* 40: 1369–1379.
- Tosini G, Foà A, Avery RA. 1992. Body temperatures and exposure to sunshine of ruin lizards *Podarcis sicula* in central Italy. *Amphibia-Reptilia* 13: 169–175.
- Van Damme R, Bauwens D, Castilla AM, Verheyen RF. 1989. Altitudinal variation of thermal biology and running performance in the lizard *Podarcis tiliguerta*. *Oecologia* 80: 516–524.
- Van Damme R, Bauwens D, Castilla AM, Verheyen RF. 1990. Comparative thermal ecology of the sympatric lizards *Podarcis tiliguerta* and *Podarcis sicula*. *Acta Oecologica* 11: 503–512.

- Van Damme R, Bauwens D, Verheyen RF. 1987. Thermoregulatory responses to environmental seasonality by the lizard *Lacerta vivipara*. *Herpetologica* 43: 405–415.
- Veríssimo CV, Carretero MA. 2009. Preferred temperatures of *Podarcis vaucheri* from Morocco: intraspecific variation and interspecific comparisons. *Amphibia-Reptilia* 30: 17–23.



# **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

Ce présent travail porte sur les stratégies adaptatives utilisées par le lézard des murailles *Podarcis vaucheri* pour faire face aux variations saisonnières qui caractérisent le Djurdjura. Pour ce faire, nous avons abordé trois aspects de sa biologie et de son écologie, à savoir: l'Écologie trophique, la reproduction et le comportement de thermorégulation; et cela durant son cycle d'activité, allant du mois d'Avril à Octobre 2014.

Avant d'entamer notre suivi sur *P. vaucheri*, nous avons réalisé un inventaire de l'herpétofaune de ce secteur, en prospectant différents types de milieux, afin de comprendre les conditions de cohabitation avec les autres espèces de reptiles, surtout les Lacertidae. Cela nous a permis de caractériser les milieux de vie de *P. vaucheri* et de confirmer ainsi son existence en sympatrie avec d'autres espèces de Lacertidae comme: *Psammodromus algirus*, *Timon pater* et *Chalcides ocellatus*. Par ailleurs, les valeurs de l'amplitude d'habitat calculées pour chaque espèce, montrent que *P. vaucheri* est une espèce ubiquiste qui peut occuper tous les types de milieu, avec bien entendu une préférence pour le milieu rocailleux et les cours d'eau. D'où l'intérêt du choix de ces deux biotopes pour réaliser notre suivi.

Au cours son cycle d'activité, nous avons décrit son spectre alimentaire durant chaque saison (Printemps, été et automne), et ce en relation avec les variations saisonnières et les disponibilités en proies. Ainsi, *P. vaucheri* révèle un comportement alimentaire éclectique malléable dans le temps, avec quelques particularités comme: sa préférence pour les coléoptères en période de forte disponibilité en proies (essentiellement au printemps), une forte déviations vers les proies riches en eau, afin de compenser le manque d'eau en été, et enfin une forte consommation des fourmis en automne qui reflète la stratégie de l'« Optimal foraging », utilisée pour réduire l'effort et le temps de recherche des proies. Cependant, le phénomène de « Myrmécophagie » est bien connu dans les milieux insulaires pauvres en proies disponibles et les environnements arides où l'activité des lézards, et voire même des insectes, est limité. Afin de l'expliquer, nous avons avancé deux hypothèses: D'une part, la reproduction est une activité très couteuse et après les différents événements liés à cette activité, les lézards semblent épuisés et adoptent ainsi une technique de chasse passive en prélevant les proies grégaires et peu mobiles. D'autre part, nous avons suggérer, du fait de l'arrivée imminente de la saison froide et de l'hibernation, les lézards sont contraient de reconstruire leurs réserves le plus rapidement possible. Aussi, la comparaison des types de proies consommées a révélé l'existence d'un recouvrement intraspécifique et interspécifique, entre d'une part les mâles et les femelles et avec *Psammodromus algirus* d'autre part.

Comme déjà précédemment, durant les périodes de fortes disponibilités trophiques, les animaux ont tendance à rechercher les proies préférées et les plus profitables. Cela explique, la différence du spectre alimentaire des mâles et des femelles, qui ont nettement exprimé leurs préférences au printemps. Par contre, en été et en automne, où y'a réduction des disponibilités alimentaires, en plus des contraintes du milieu, les deux sexes sont obligés de converger vers les mêmes types de proies.

Les observations de terrain et les coupes histologiques réalisées sur les testicules et les ovaires montrent que les deux sexes se reproduisent de manière synchrone durant le printemps et le début été, ce qui nous a permis de caractériser assez facilement le cycle de reproduction de *P. vaucheri*, et de le classer dans le type saisonnier associé. Cependant, le cycle sexuel des femelles est assez simple à étudier, il est divisé en deux étapes : une période de reproduction (Avril à Juin) et une longue période de repos sexuel qui s'étale du mois de Juillet à Octobre. La spermatogenèse s'avère plus difficile à étudier, car il est nécessaire de déterminer les différentes catégories de cellules spermatiques et leur cinétique au cours du cycle d'activité de l'espèce. Cependant, le cycle de reproduction des mâles de *P. vaucheri* appartient ainsi au type discontinu-mixte, et est divisé en 3 étapes : une période d'activité sexuelle, qui coïncide avec celle des femelles, où nous avons observé toutes les cellules de la lignée spermatique. Cette période d'intense activité sera suivie d'une courte période de repos sexuel en Juillet, en plus de la réduction du diamètre des tubes séminifères, nous avons noté la disparition de la lumière et durant cette période on assiste à une multiplication des spermatogonies et l'apparition de quelques spermatocytes primaires. A partir du mois d'Aout, la période de recrudescence commence par une spermatocytogenèse où le nombre de spermatocytes primaires et secondaire augmente. Cette période sera suivie d'une spermiogenèse complète à partir du mois de Septembre. Cette spermiogenèse automnale est interprétée par certains auteurs comme le début d'un autre cycle de reproduction, mais d'autres le voit comme signe de compétition entre les mâles, qui sont obligés de produire rapidement les spermatozoïdes afin de pouvoir se reproduire la saison prochaine.

L'étude du régime alimentaire et de la reproduction, nous ont incités à nous pencher sur la stratégie de thermorégulation et le cycle d'activité journalier de cette espèce durant la période favorable (c-à-d le printemps), qui se traduit par une intense activité sexuelle (Accouplement et développement des gonades) et une diversité élevée du spectre alimentaire. Les résultats ainsi obtenus, montrent que les lézards

expriment une activité journalière mono-modale et longue, exploitant ainsi toutes les tranches horaires de la journée, ce qui leur laisse suffisamment de temps pour thermoréguler et accomplir les différentes fonctions de façon optimale. D'ailleurs, nous avons constaté que *P. vaucheri* garde une température corporelle élevée et constante durant la période printanière et pour cela, les lézards adoptent une thermorégulation active, en « switchant » entre les milieux. Utilisant le milieu rocailleux pour s'exposer au rayonnement solaire et ainsi se réchauffer, et se déplaçant vers les milieux humides, comme les cours d'eau, durant les heures et/ou journées de chaleurs pour se refroidir.

C'est vrai que notre travail nous a permis d'élucider une partie de l'écologie et de la biologie de la population de *P. vaucheri* dans cette région du nord algérien (site de Tala Guilef), néanmoins des études plus longues mais aussi d'autres aspects complémentaires s'avèrent nécessaires, c'est le cas de la parasitologie et de la squelettochronologie. Cette dernière permet de décrire la structure démographique de cette population, mais aussi d'apporter des données supplémentaires sur l'histoire de vie de l'espèce telle que l'âge et taille à maturité sexuelle. Au cours de ce présent travail, nous avons observé des ectoparasites sur les individus capturés. Alors, il serait intéressant d'évaluer leur impact sur les différentes fonctions (physiologiques et comportementales) et aussi sur les traits d'histoire de vie de l'espèce hôte.

De plus, le lézard des murailles *Podarcis vaucheri* est une espèce à vaste répartition géographique, et les études de phylogénie révèlent des espèces naissantes. C'est pourquoi, Il serait intéressant dans un premier temps, de réaliser des études comparatives au sein des lignées, pour évaluer le degré de plasticité phénotypique de chaque « espèce naissante », mais aussi entre les différentes lignées, pour comprendre comment chaque espèce a évolué dans son environnement.

Enfin, les travaux de recherches sur les Amphibiens et Reptiles sont très rares en Algérie, la présente contribution est l'une des premières à avoir touché certains aspects telles la thermorégulation et la reproduction. Cependant, les connaissances théoriques acquises tout au long de ce travail, la maîtrise des protocoles et les différentes collaborations vont nous permettre à l'avenir, d'affiner et d'étendre nos analyses à d'autres espèces de divers taxons, surtout celles qui sont menacées mais aussi élargir le terrain d'étude à d'autres régions du pays. Ceci pourrait servir ensuite en « Biologie et/ou Ecologie de la conservation » comme données de base pour toute démarche de protection et/ou de conservation.

# ANNEXES

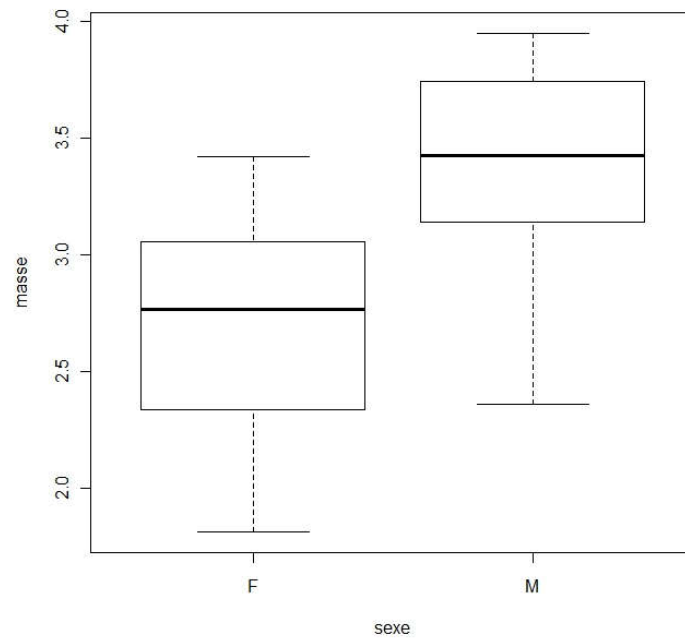


Fig. 1 : Comparaison des poids des individus en (g) : mâles (M) et femelles (F) de *P. vaucheri*.  
La différence est significative (Student test :  $t = -4.8255$ ,  $df = 30.038$ ,  $p\text{-value} = 3.8e-05$ )  
(F :  $2,62 \pm 0,45$  ;  $n = 16$ ), (M :  $3,37 \pm 0,4$  ;  $n = 22$ )

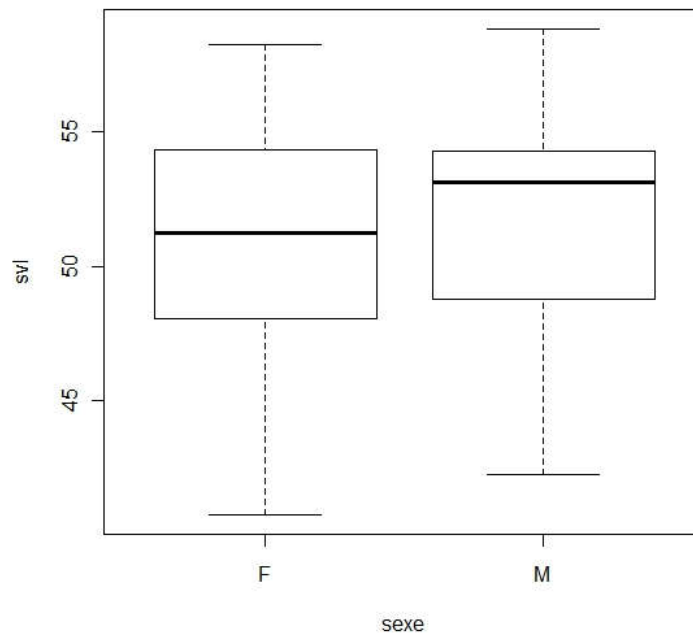


Fig. 2 : Comparaison de la taille des individus, museau-Cloaque (SVL) : mâles (M) et femelles (F) de *P. vaucheri*.  
La différence n'est pas significative (Student test :  $t = -1.162$ ,  $df = 72.749$ ,  $p\text{-value} = 0.249$ )  
(F :  $51,03 \pm 4,03$  ;  $n = 37$ ), (M :  $52 \pm 3,87$  ;  $n = 64$ )

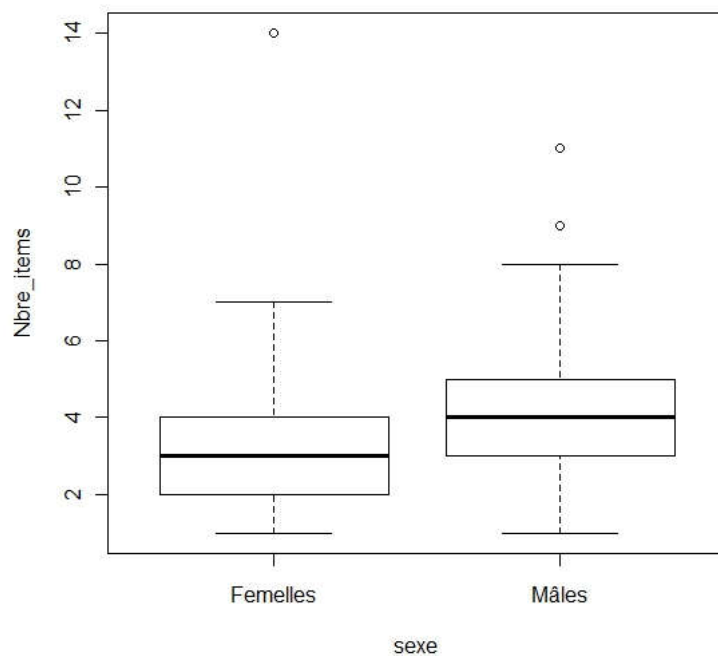


Fig. 3 : Comparaison du nombre d'items/fèces entre mâles et femelles de *P. vaucheri*.

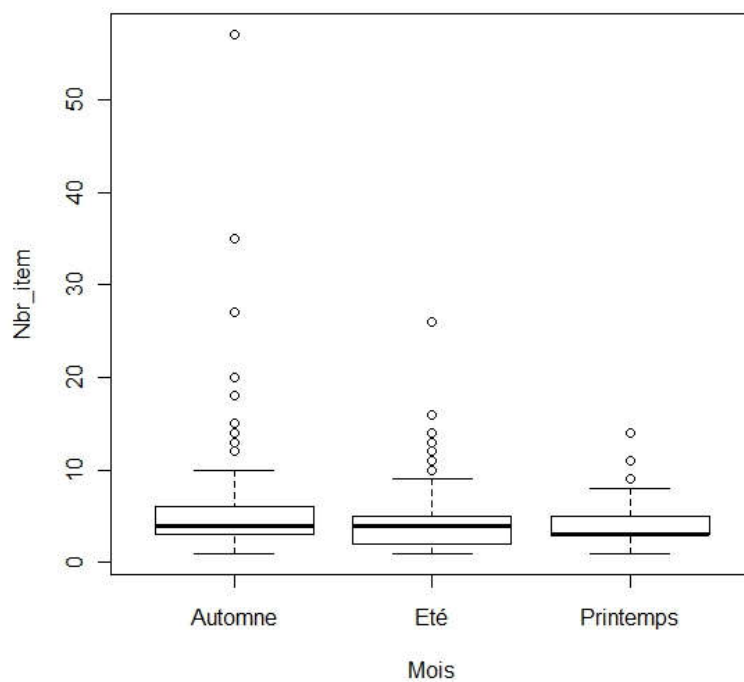


Fig. 4 : Variation saisonnière du nombre d'items/fèces de *P. vaucheri*.

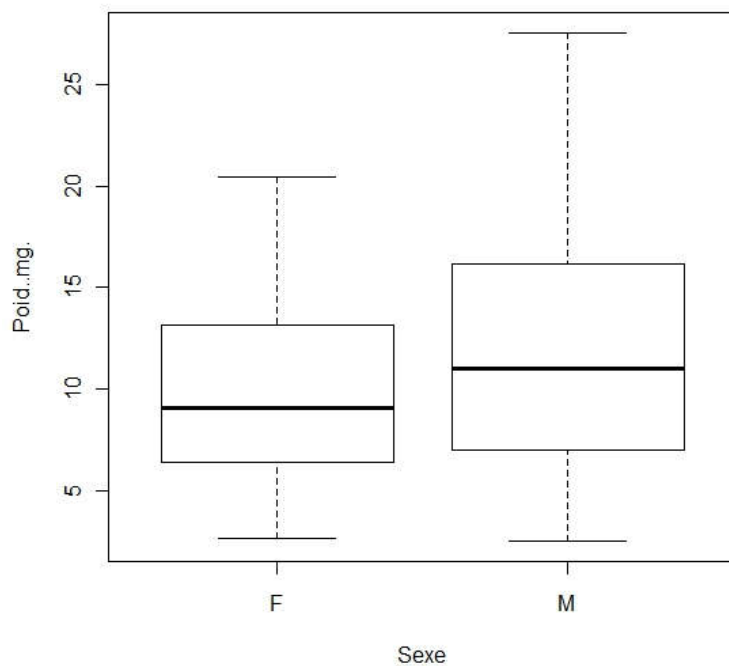


Fig. 5 : Comparaison du poids des fèces entre mâles (M) et femelles (F) de *P. vaucheri*.  
La différence est significative (Student test :  $t = -2.5743$ ,  $df = 180.503$ ,  $p\text{-value} = 0.01085$ )  
(F :  $9,94 \pm 4,75$  ;  $n = 74$ ), (M :  $11,95 \pm 6,03$  ;  $n = 119$ )



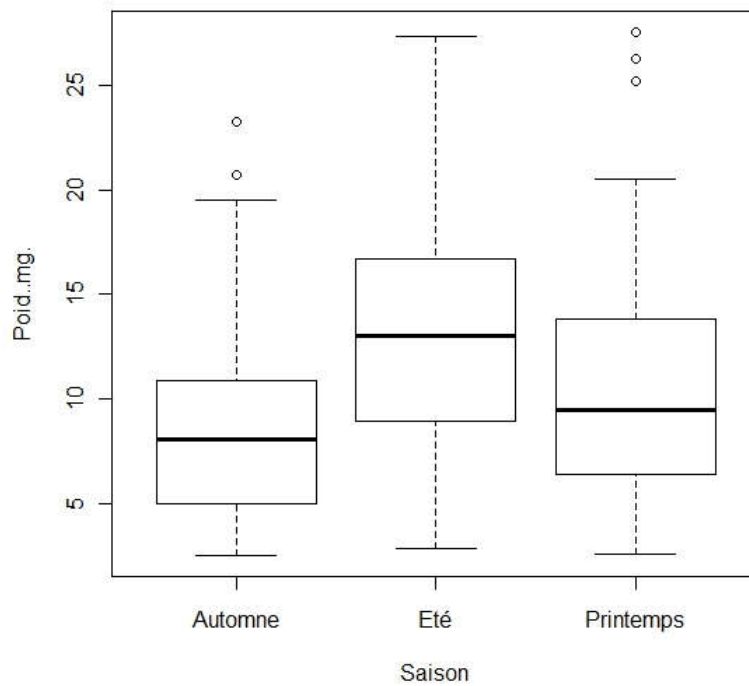


Fig. 6 : Variation saisonnière du poids des fèces (mg) de *P. vaucheri*.  
La différence entre les trois saisons est significative (ANOVA : Pr (>F))  
(Automne :  $8,58 \pm 4,89$  ; n = 57), (Été :  $13,29 \pm 5,59$  ; n= 67), (Printemps :  $10,65 \pm 5,33$  ; n= 108)

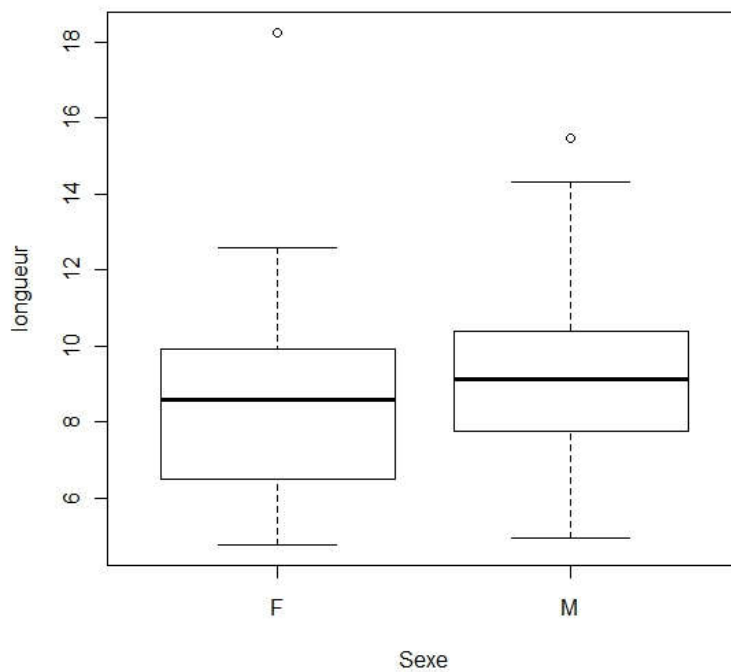


Fig. 7: Comparaison de la longueur des fèces (mm) entre mâles (M) et femelles (F) de *P. vaucheri*.  
La différence n'est pas significative (Student test :  $t = -1.7762$ ,  $df = 127.726$ ,  $p\text{-value} = 0.07809$ )

(F :  $8,55 \pm 2,35$  ; n = 69), (M :  $9,16 \pm 4,96$  ; n = 98)

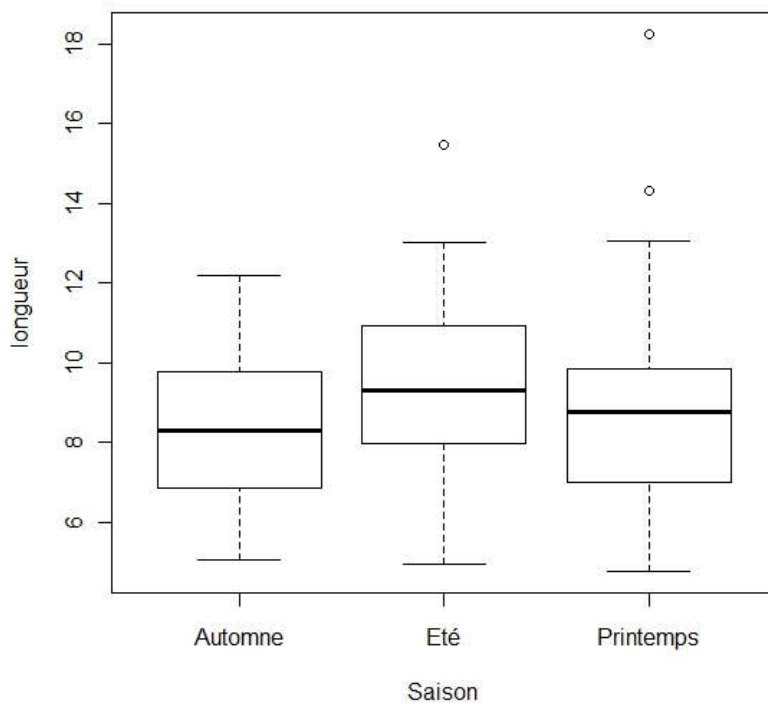


Fig. 8 : Variation saisonnière de la longueur des fèces (mm) de *P. vaucheri*.

La différence entre les trois saisons est significative (ANOVA : F = 0.04)

(Automne :  $8,42 \pm 1,84$  ; n = 42), (Eté :  $9,39 \pm 2,16$  ; n = 54), (Printemps :  $8,69 \pm 2,11$  ; n = 101)

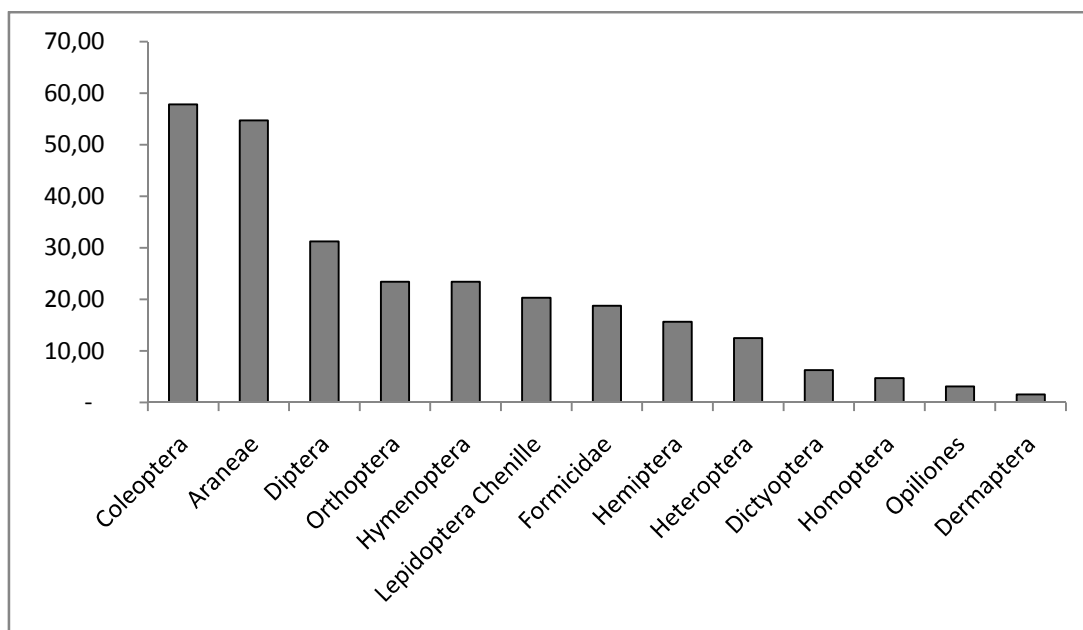


Fig. 9: Degré de présence des proies consommées dans le régime alimentaire de *P. vaucheri* au printemps.

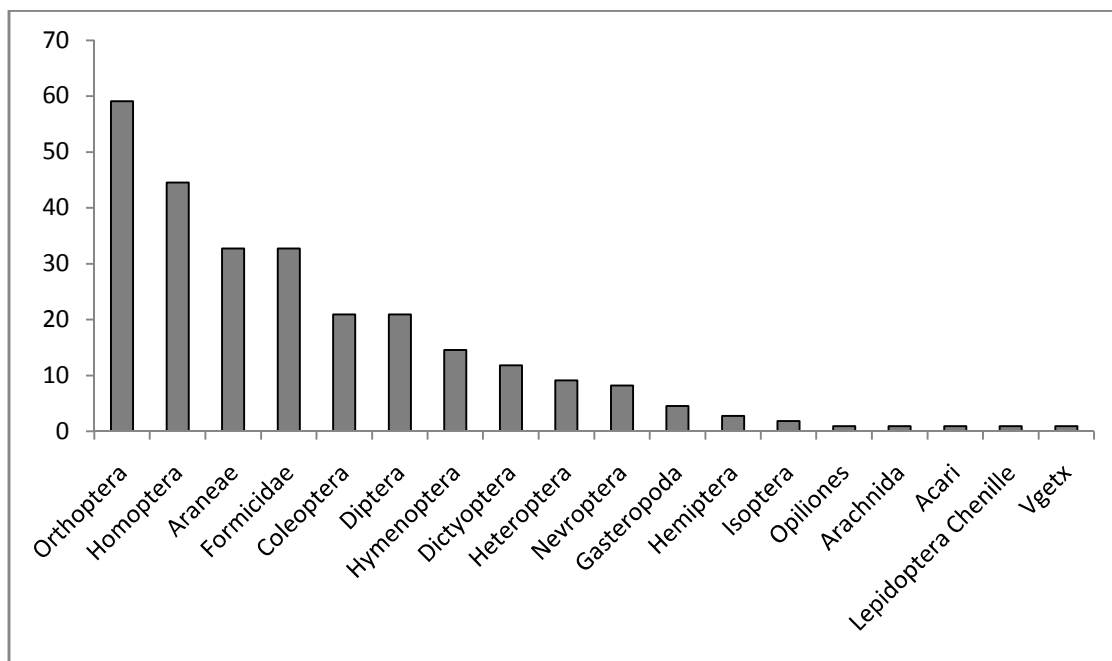


Fig. 10: Degré de présence des proies consommées dans le régime alimentaire de *P. vaucheri* en été.

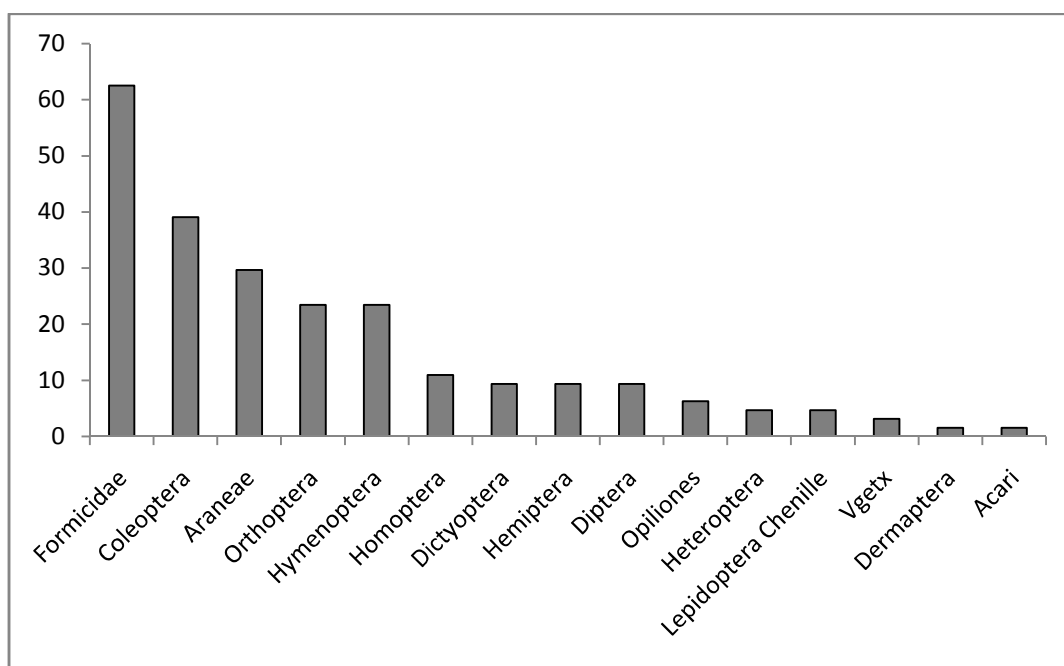


Fig. 11: Degré de présence des proies consommées dans le régime alimentaire de *P. vaucheri* en automne.

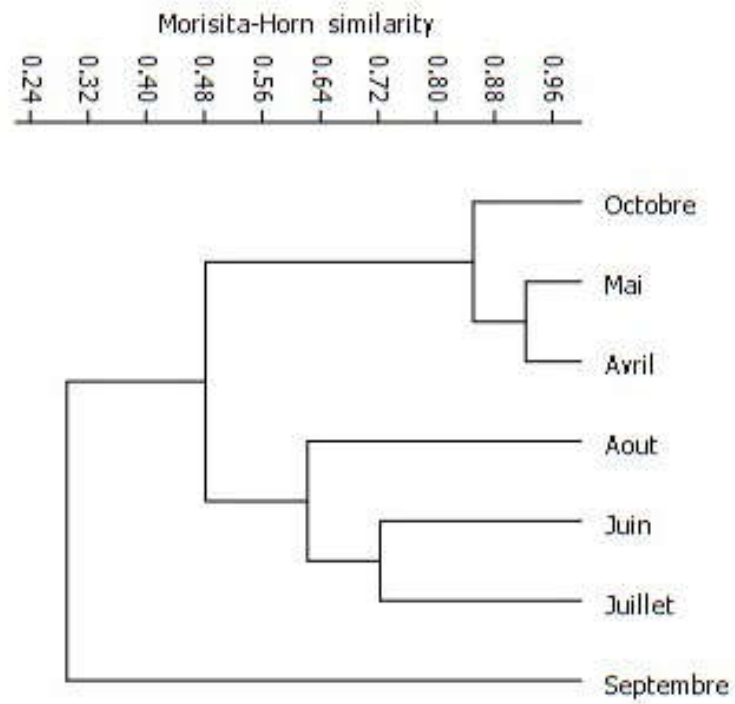


Fig. 12 : Similarité inter-mensuelle du régime alimentaire de *P. vaucheri*.

Tableau 1 : Familles, genres et espèces déterminés dans le régime alimentaire de *P. vaucheri*.

OTUs	S/Ordre	Sup Fam	Fmille	Espèces
<b>Opiliones</b>			<b>Phalangidae</b>	
<b>Araneae</b>			<b>Lycosidae</b>	
			<b>Salticidae</b>	
			<b>Gnaphosidae</b>	
			<b>Ind</b>	
			<b>Thomisidae</b>	<i>Xysticus sp</i>
<b>Arachnida</b>			<b>Buthidae</b>	
<b>Acari</b>			<b>Argasidae</b>	
			<b>Gamacidae</b>	
<b>Dictyoptera</b>			<b>Ectobiidae</b>	<i>Ind</i>
				<i>Ectobius sp</i>
			<b>IND</b>	
			<b>Blattellidae</b>	<i>Loboptera sp</i>
				<i>Loboptera decipiens</i>
				<i>Luridiblatta sp</i>
				<i>Ind</i>
			<b>Blattidae</b>	<i>ind</i>
<b>Orthoptera</b>	Ensifera		<b>Gryllidae</b>	<i>Ind</i>
				<i>Gryllus bimaculatus</i>
				<i>Gryllus sp</i>
				<i>Gryllulus sp</i>
				<i>Gryllomorpha sp</i>
			<b>Acrididae</b>	<i>Ind</i>
				<i>Calliptamus sp</i>
				<i>Thysoicetrus sp</i>
				<i>Eyprepocnemis sp</i>
				<i>Omecestus sp</i>
				<i>Pezotettix sp</i>
				<i>Oedipoda sp</i>
				<i>Doclostaurus sp</i>
			<b>Tettigoniidae</b>	<i>Thyreonotus sp</i>
			<b>Mantidae</b>	

<b>Hymenoptera</b>			<b>Formicidae</b>	<i>Ind</i>
				<i>Camponotus sp</i>
				<i>Cataglyphis sp</i>
				<i>Messor sp</i>
				<i>Messor barbara</i>
				<i>Messor capitatus</i>
				<i>Pheidole pallidula</i>
				<i>Crematogaster scutellaris</i>
				<i>Solenopsis sp</i>
				<i>Aphaenogaster sp</i>
				<i>Tetramorium sp</i>
				<i>Tetramorium biskrens</i>
				<i>Tetramorium semilaeve</i>
				<i>Monomorium sp</i>
				<i>Myrmica sp</i>
				<i>Tapinoma sp</i>
				<i>Tapinoma simroti</i>
				<i>Tapinoma nigerimum</i>
				<i>Plagioloepis sp</i>
				<i>Plagioloepis maura</i>
				<i>Hypoponera eduardi</i>
			<b>Ind</b>	
			<b>Braconidae</b>	<i>Ind</i>
			<b>Halictidae</b>	<i>Ind</i>
				<i>Lasioglossum sp</i>
			<b>Ichneumonidae</b>	
				<i>Sp2</i>
				<i>Ophion sp</i>
			<b>Pompilidae</b>	
			<b>Chrysididae</b>	<i>Chrysis sp</i>
		Apoidea		
			<b>Sphecidae</b>	
			<b>Vespidae</b>	
<b>Coleoptera</b>			<b>Staphylinidae</b>	<i>Quedius sp</i>
				<i>Quedius sp2</i>

				<i>Philonthus sp</i>
				<i>Ind</i>
			<b>Carabidae</b>	<i>Harpalus sp</i>
				<i>Bembidion sp</i>
				<i>Dromius sp</i>
				<i>Notiophilus sp</i>
				<i>Acupalpus sp</i>
				<i>Ind</i>
			<b>Scarabidae</b>	<i>Ind</i>
				<i>Aphodius sp</i>
				<i>Onthophagus sp</i>
			<b>Tenebrionidae</b>	
			<b>Telephoridae (Dasytidae)</b>	<i>Dolichosoma sp</i>
			<b>Cantharidae</b>	
			<b>Elateridae</b>	
			<b>Curculionidae</b>	<i>Ind</i>
				<i>Sitona sp</i>
			<b>Alleculidae</b>	<i>Ind</i>
				<i>Allecula sp</i>
			<b>Dermastidae</b>	<i>Attagenus sp1</i>
				<i>Ind</i>
				<i>Attagenus sp2</i>
			<b>Bruchidae</b>	
			<b>Buprestidae</b>	<i>Ind</i>
				<i>Anthaxia sp</i>
			<b>Apionidae</b>	
			<b>Chrysomelidae</b>	<i>Oomorplus sp</i>
				<i>Ind</i>
			<b>Scolytidae</b>	<i>Ips sp</i>
			<b>Haliplidae</b>	<i>Haliplus sp</i>
			<b>Hydrochidae</b>	<i>Hydrochus sp</i>
			<b>Cerambycidae</b>	
			<b>Hydrophilidae</b>	
			<b>Anthicidae</b>	<i>Anthicus sp</i>
			<b>Helophoridae</b>	<i>Helophorus sp</i>

			<b>Ind</b>	
<b>Heteroptera</b>			<b>Reduviidae</b>	<i>Ind</i>
			<b>Coreidae</b>	
			<b>Lygaeidae</b>	
			<b>Capsidae</b>	
			<b>Pentatomidae</b>	<i>Eurygaster sp</i>
				<i>Sciocoris sp</i>
				<i>Ind</i>
				<i>Sp2</i>
			<b>Scutelleridae</b>	
<b>Homoptera</b>			<b>Ind</b>	
			<b>Aphidiidae</b>	<i>Macrosiphum sp</i>
				<i>Ind</i>
			<b>Cicadellidae (jassidae)</b>	<i>Eupelix sp</i>
				<i>Cicadela sp</i>
				<i>Macrosteles septemnotatus</i>
				<i>Ind</i>
			<b>Psyllidae</b>	
			<b>Aphrophoridae</b>	
<b>Isoptera</b>			<b>Hodotermidae</b>	<i>Ind</i>
				<i>Amitermes sp</i>
<b>Lepidoptera Chenille</b>			<b>Ind</b>	
			<b>Noctuidae</b>	
<b>Diptera</b>			<b>Ind</b>	
			<b>Agromesidae</b>	
			<b>Stratiomyidae</b>	
			<b>Lonchoptridae</b>	
			<b>Tabanidae</b>	
			<b>Ptychopteridae</b>	
			<b>Dolichopodidae</b>	
			<b>Ephydriidae</b>	
			<b>Muscidae</b>	
			<b>Calliphoridae</b>	<i>Lucilia sp</i>
				<i>Ind</i>
			<b>Opomyzidae</b>	



			<b>Syrphidae</b>	
			<b>Tipulidae</b>	
			<b>Tachinidae</b>	
			<b>Chloropidae</b>	
			<b>Drosophilidae</b>	<i>Drosophila sp</i>
<b>Nevroptera</b>			<b>Ascalaphidae</b>	
<b>Dermaptera</b>			<b>Labiidae</b>	<i>Prolabia sp</i>
			<b>Forficulidae</b>	<i>Forficula auricularia</i>
<b>Odonatoptera</b>	<b>Anisoptera</b>			
			<b>Ind</b>	
<b>Odonatoptera</b>				
<b>Gasteropodes</b>				<i>Albea candidissima</i>
<b>Diplura</b>				

Tableau 2 : Familles, genres et espèces déterminés dans le secteur de Tala Guilef.

OTUs	Ordre	Fmille	Espèces		
Collembola		Isotomidae			
		Sminthuridae			
		Entomobryidae	<i>Orchesella sp</i>		
		Poduridae	<i>Podura sp</i>		
		Phalangidae	<i>Ind</i>		
Opiliones	Opiliones		<i>Opiliones sp</i>		
Araneae	Araneae	Lycosidae			
		Salticidae			
		Gnaphosidae			
		Araneidae			
		Linyphiidae			
		Dysderidae	<i>Dysdera sp</i>		
		Agelenidae			
		Heteropodidae			
		Amaurobiidae			
		Mimitidae			
		Nemesiidae			
		Arachnida	Acari	Gamacidae	
				Ceratoppia	
Tetranychidae					
Chthoniidae	<i>Chthonius sp</i>				
Chernetidae					
Chilopoda	Scolopendridae		<i>Scolopendra sp</i>		
		Lithobiidae	<i>Lithobiida sp</i>		
Archeognatha	Archeognatha	Machilidae			
			<i>Clanoptilus sp</i>		
Dictyoptera	Dictyoptera	Ectobiidae	<i>Ind</i>		
			<i>Ectobius sp</i>		
			<i>Ectobius sylvestris</i>		
			<i>Ectobius pallidus</i>		

			<i>Hololampra trivittata</i>
			<i>Labolampra sp</i>
		<b>Blattellidae</b>	<i>Loboptera sp</i>
			<i>Loboptera decipiens</i>
			<i>Ind</i>
		<b>Blattidae</b>	<i>ind</i>
			<i>Arbiblatta sp</i>
<b>Orthoptera</b>	<b>Orthoptera</b>	<b>Gryllidae</b>	<i>Ind</i>
			<i>Oecanthus pellucens</i>
			<i>Gryllus bimaculatus</i>
			<i>Gryllus sp</i>
			<i>Gryllulus sp</i>
			<i>Gryllomorpha sp</i>
			<i>Uromenus sp</i>
		<b>Acrididae</b>	<i>Ind</i>
			<i>Omocestus sp</i>
			<i>Calliptamus sp</i>
			<i>Thisoicetrus littoralis</i>
			<i>Pezottetix sp</i>
<b>Formicidae</b>	<b>Hymenoptera</b>	<b>Formicidae</b>	<i>Ind</i>
			<i>Messor sp</i>
			<i>Messor barbarus</i>
			<i>Messor sanctus</i>
			<i>Pheidole pallidula</i>
			<i>Tapinoma sp</i>
			<i>Tapinoma simroti</i>
			<i>Tapinoma nigerimum</i>
			<i>Tetramorium sp</i>
			<i>Tetramorium semilaeve</i>
			<i>Tetramorium biskrens</i>
			<i>mirmica sp</i>
			<i>Camponotus sp</i>
			<i>Camponotus cruentatus</i>
			<i>Camponotus piceus</i>
			<i>Plagioloepis sp</i>

			<i>Plagioloepis maura atlantis</i>
			<i>Plagioloepis barbara</i>
			<i>Aphenogaster dipilis</i>
			<i>Aphenogaster testaseo-pilosa</i>
			<i>Crematogaster sp</i>
			<i>Crematogaster scutellaris</i>
			<i>Temnothorax sp</i>
			<i>Temnothorax algiricus</i>
			<i>Lasius sp</i>
			<i>Lepisiota frauenfeldi</i>
			<i>Monomorium Salmonis</i>
			<i>Monomorium Sp</i>
			<i>Cataglyphis viatica</i>
<b>Hymenoptera</b>		<b>Braconidae</b>	<i>Ind</i>
			<i>Apanteles sp</i>
			<i>Metearus sp</i>
		<b>Halictidae</b>	<i>Ind</i>
			<i>Lasioglossum sp</i>
		<b>Ichneumonidae</b>	
			<i>Lysibia sp</i>
			<i>Sp2</i>
		<b>Scoliidae</b>	<i>Ind</i>
			<i>Elis sp</i>
		<b>Pompilidae</b>	
		<b>Chrysididae</b>	<i>Chrysis sp</i>
		<b>Chalcidae</b>	
		<b>Andrenidae</b>	<i>Ind</i>
			<i>Andrena sp</i>
		<b>Apidae</b>	<i>Apis mellifica</i>
		<b>Anthophoridae</b>	
		<b>Mymaridae</b>	
		<b>Pteromalidae</b>	<i>Dibrachys sp</i>
			<i>Ind</i>
		<b>Eupelmidae</b>	<i>Sp1</i>
			<i>Sp2</i>

		<b>Ceraphronidae</b>	
		<b>Euminidae</b>	
		<b>Embolemidae</b>	<i>Embolemus sp</i>
		<b>Diapriidae</b>	
		<b>Ind</b>	
<b>Coleopera</b>	<b>Coleoptera</b>	<b>Staphylinidae</b>	<i>Quedius sp</i>
			<i>Staphylinus sp</i>
			<i>Ocypus olens</i>
			<i>Atheta sp</i>
			<i>Aleochara sp</i>
			<i>Ind</i>
		<b>Carabidae</b>	<i>Harpalus sp</i>
			<i>Bembidion sp</i>
			<i>Dromius sp</i>
			<i>Nebria sp</i>
			<i>Leistus sp</i>
			<i>Ind</i>
		<b>Scarabidae</b>	<i>Ind</i>
			<i>Onthophagus sp1</i>
			<i>Onthophagus sp2</i>
			<i>Onthophagus sp3</i>
		<b>Tenebrionidae</b>	
		<b>Tellephoridae</b>	<i>Dollichosma sp</i>
		<b>Cantharidae</b>	<i>Ind</i>
			<i>Sp2</i>
			<i>Cantaris sp</i>
			<i>Malthodes sp</i>
		<b>Elateridae</b>	
		<b>Curculionidae</b>	<i>Ind</i>
			<i>Sitona sp</i>
		<b>Alleculidae</b>	<i>Ind</i>
			<i>Homophilus sp</i>
			<i>Allecula sp</i>
		<b>Dermastidae</b>	<i>Attagenus sp1</i>
			<i>Ind</i>

			<i>Attagenus sp2</i>
		<b>Bruchidae</b>	
		<b>Buprestidae</b>	<i>Ind</i>
			<i>Anthaxia sp</i>
		<b>Aphodiidae</b>	<i>Ind</i>
			<i>Aphodius sp</i>
		<b>Chrysomelidae</b>	<i>Ind</i>
			<i>Cassida sp</i>
			<i>Pachnephorus sp</i>
			<i>Locmaea sp</i>
			<i>Lachnaia sexpunctata</i>
			<i>Phyllotreta sp</i>
			<i>Aphthona sp</i>
			<i>Longitarsus sp</i>
		<b>Nitidulidae</b>	
		<b>Archeopcrypticidae</b>	<i>Enneboeus sp</i>
		<b>Chlevidae</b>	<i>Nargus algericus</i>
		<b>Apionidae</b>	<i>Apion sp</i>
			<i>Cynapion colombinum</i>
		<b>Nituilidae</b>	
		<b>Anthicidae</b>	<i>Anthicus bifasciatus</i>
		<b>Malachiidae</b>	
		<b>Coccinellidae</b>	<i>Scymnus sp</i>
		<b>Byturidae</b>	<i>Byturus sp</i>
		<b>Ind</b>	
<b>Heteroptera</b>	<b>Heteroptera</b>	<b>Reduviidae</b>	<i>Ind</i>
			<i>Peirates sp</i>
			<i>Peirates hybridus</i>
		<b>Coreidae</b>	
		<b>Capsidae</b>	
		<b>Pentatomidae</b>	<i>Ind</i>
			<i>Sehirus sp</i>
			<i>Sciocoris sp</i>
		<b>Lygaeidae</b>	
			<i>Scolopostethus affinis</i>

		<b>Scutelleridae</b>	<i>Odontoscelis sp</i>
<b>Homoptera</b>	<b>Homoptera</b>	<b>Ind</b>	
		<b>Aphididae</b>	<i>Macrosiphum sp</i>
			<i>Aphis sp</i>
			<i>Mysus sp</i>
			<i>Ind</i>
		<b>Cicadellidae (jassidae)</b>	<i>Eupelix sp</i>
			<i>Anoscopus sp1</i>
			<i>Anoscopus sp2</i>
		<b>Psyllidae</b>	
			<i>Ind</i>
<b>Isoptera</b>	<b>Isoptera</b>	<b>Hodotermidae</b>	<b>Ind</b>
			<i>Amitermes sp</i>
		<b>Porcellionidae</b>	<i>Porcellio sp</i>
<b>Lepidoptera</b>	<b>Lepidoptera</b>	<b>Ind</b>	
		<b>Geometridae</b>	
		<b>Noctuidae</b>	
<b>Diptera</b>	<b>Diptera</b>	<b>Ind</b>	
		<b>Agromesidae</b>	
		<b>Stratiomyidae</b>	
		<b>Lonchoptridae</b>	
			<i>Lonchoptera sp</i>
		<b>Tabanidae</b>	
		<b>Ptychopteridae</b>	
		<b>Dolichopodidae</b>	
		<b>Ephydriidae</b>	
		<b>Muscidae</b>	
		<b>Calliphoridae</b>	<i>Lucilia sp</i>
		<b>Syrphidae</b>	
		<b>Sciaridae</b>	
		<b>Drosophilidae</b>	<i>Zabrinus sp</i>
			<i>Ind</i>
		<b>Sepsidae</b>	<i>Sepsis sp</i>
		<b>Chironomidae</b>	<i>Chironomus sp</i>

			<i>Ind</i>
		<b>Empididae</b>	
		<b>Phoridae</b>	
			<i>Megaselia sp</i>
			<i>Aphiochaeta sp</i>
		<b>Psychodidae</b>	<i>Psychoda sp</i>
		<b>Tipulidae</b>	
		<b>Tachinidae</b>	<i>Anachaetopsis sp</i>
		<b>Anthomyiidae</b>	
		<b>Tephritidae</b>	
		<b>Sphaeroceridae</b>	<i>Leptocera sp</i>
<b>Nevroptera</b>	<b>Nevroptera</b>		
<b>Dermaptera</b>	<b>Dermaptera</b>	<b>Labiidae</b>	<i>Prolabia sp</i>
<b>Thysanoptera</b>	<b>Thysanopterra</b>	<b>Thripidae</b>	
		<b>Tubulifera</b>	
		<b>Phloethripidae</b>	
<b>Psocoptera</b>	<b>Psocoptera</b>	<b>Psocidae</b>	
		<b>Liposcelidae</b>	



## INVENTAIRE DE L'HERPÉTOFAUNE DU SUD DE LA KABYLIE (BOUIRA ET BORDJ BOU ARRERIDJ). ALGÉRIE

Rabah MAMOU<sup>1\*</sup>, Alexandre BOISSINOT<sup>2</sup>,  
Messaoud BENSIDEHOUM<sup>1</sup>, Mensour AMROUN<sup>1</sup> et Faiza MARNICHE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques,  
Université Mouloud MAMMERRI, 15000 Tizi Ouzou, Algérie

<sup>2</sup>Centre d'Études Biologiques de Chizé, CNRS, 79360  
Villiers en Bois, France

<sup>3</sup>Ecole nationale supérieure vétérinaire, El Harrache, Alger

---

\*Correspondance, e-mail : [mamou.rabah@yahoo.fr](mailto:mamou.rabah@yahoo.fr)

### RÉSUMÉ

Un inventaire des Reptiles a été effectué dans le sud de la Kabylie. L'herpétofaune de cette région n'a jamais fait l'objet d'une étude particulière. Afin d'analyser sa composition et sa répartition, six types de milieux écologiques différents ont été considérés. Au total, 18 Reptiles ont ainsi été inventoriés. Elles sont principalement d'origines méditerranéennes (12 espèces sur 19), 3 espèces sont typiquement nord africaines (*Timon pater*, *Chalcides chalcides* et *Trogonophis wiegmanni*), et une pénétration saharienne grâce à deux espèces (*Psammophis schokari* et *Mesalina olivieri*). Dans cet article, nous examinons l'évolution des paramètres écologiques de composition, ainsi que la distribution des espèces dans les différents types de biotopes au moyen des valeurs de l'amplitude d'habitat.

**Mots-clés :** *reptiles, biodiversité, Sud de la Kabylie.*

### ABSTRACT

**Inventory of herpetofauna of south kabylia (Bouira and Bordj Bou Arreridj). Algeria**

An inventaria of reptiles was been made in the south of kabylie. The herpetofauna of this area was never been stadied before particallary. In order to analyse the composition and the repartition of this herpotofauna we have choosen six different patterns of ecological mediums.

In the whole, 18 reptiles) was been inventoried. They are mainly of mediterranean origin (12 species of 19) 3 species are typically North Africans (*Timon pater*, *Chalcides chalcides*, and *Trogonophis wiegmanni*) and a saharian penetration with 2 species (*Psamophis schokari* and *Mesalina Oliveri*). In this article, we examine the evolution of ecological parameters and the distribution of species in the different biotopes.

**Keywords :** *reptiles, biodiversity, south of Kabylie.*

## **I- INTRODUCTION**

L'étude de la biodiversité sous toutes ses formes constitue l'axe majeur de la politique scientifique mondiale (convention sur la diversité biologique) [34]. L'extinction des espèces est un processus naturel, certaines disparaissent d'autres apparaissent, assurant ainsi la pérennité de la vie. En Algérie, une seule espèce de Reptile est reconnue comme étant disparue : le Crocodile du Nil (*Crocodylus niloticus*). Les Reptiles menacés aujourd'hui de disparition, le sont à cause de différents facteurs liés à la dégradation de leur habitat par les activités humaines (destruction de leurs habitats, fragmentation des milieux...), ainsi que leur exploitation pour le commerce à des fins de médecine traditionnelle ou d'industrie (extraction de poisons, peaux, etc.).

L'Algérie est caractérisé par un important complexe d'écosystèmes, que ce soit des côtes humides méditerranéennes aux espaces arides du Sahara, en passant par divers massifs montagneux, plaines agricoles et des Hauts Plateaux. Cette haute diversité de milieux naturels, confère au pays un grand intérêt biogéographique pour les Reptiles. En comparaison avec les autres pays de l'Afrique du Nord, l'herpétofaune algérienne demeure mal connue. Les études restent insuffisantes et certaines espèces posent encore des problèmes de systématique et d'identification. La vulnérabilité et le manque de données sur ce groupe nous ont amené à apporter un nouvel éclairage sur les Reptiles du centre de l'Algérie.

Nous nous sommes penchés sur l'herpétofaune de la région sud de la Kabylie. Ce secteur géographique est relativement méconnu, surtout dans le domaine de l'herpétologie. Les aspects traités dans cette étude sont : (1) fournir une liste des espèces de Reptiles de cette région, (2) dresser la répartition de l'herpétofaune et sa diversité à travers les différents milieux d'étude et (3) valider ou non l'hypothèse d'une pénétration d'éléments sahariens dans le nord du pays.

Il nous est donc apparu nécessaire de porter à connaissance ces données nouvelles, dont l'objectif est de fournir un état des lieux de la faune de Reptiles du centre de l'Algérie. Cette étude constitue une première étape dans l'amélioration des connaissances de la faune herpétologique du centre de l'Algérie et permettra à terme de développer des mesures de conservation.

## II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

### II-1. Site d'étude

La zone d'étude se situe au sud de la Kabylie (ancienne wilaya III). Elle s'étend sur deux wilayas : Bouira (36°22'N et 3°53'E) et Bordj Bou Arreridj (36°04'N et 4°46'E). Elle est limitée au nord par la wilaya de Boumerdes, Tizi-Ouzou et Bejaia, au sud par la wilaya de Médéa et de M'Sila, à l'ouest par la wilaya de Blida et Médéa, et à l'est par la wilaya de Sétif. La région est traversée par un réseau hydrographique important, constitué de plusieurs oueds dont les principaux apports sont ceux du Hodna, des Bibans-ouest et du Djurdjura. La végétation est essentiellement méditerranéenne. Au Nord, on distingue la végétation de l'Atlas Tellien et des zones littorales, où on trouve les plus belles forêts de Chênes liège et chênes zeen. Dans la zone centrale s'imbriquent les Hautes plaines situées entre l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien caractérisées par un climat semi-aride où on rencontre les forêts de Pin et de chêne vert ; les principales essences forestières dominant l'espace d'investigation sont : *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Quercus suber* et *Cedrus atlantica*. Concernant la climatologie, cette zone présente une particularité, elle appartient à l'étage bioclimatique semi-aride avec une influence méditerranéenne au nord de Bouira.

### II-2. Méthodologie

Des recherches ont été effectuées dans l'aire d'étude, durant une période de sept mois (Avril 2010 - Octobre 2010). Les prospections ont eu lieu le jour, principalement par beau temps, favorable à l'activité de ces ectothermes [32]. Pour des raisons sécuritaires, aucune prospection nocturne n'a été engagée. La méthode d'échantillonnage adoptée a consisté en une visite des sites à priori favorables, grâce à une marche lente et silencieuse, ponctuée de fréquents arrêts. Les Reptiles sont détectés visuellement et indirectement par des indices : terries, mues, pontes etc. Les prospections sont orientées vers des sites attractifs où les observations sont faciles : bords des chemins et sentiers, lisières, canaux, points d'eau, ripisylves, placettes d'exposition, etc.

Durant chaque prospection, nous avons également fouillé les lieux de refuge, en soulevant des pierres, troncs morts, en cherchant à l'intérieure de la végétation et parfois en creusant dans la terre à l'aide d'une pelle.

### II-3. Variables environnementales

Nous avons examiné les peuplements herpétologiques de six types de milieux. Ces milieux sont choisis selon leur type et degré d'ouverture de végétation et la présence d'eau (points d'eau ou courts d'eau permanents) :

- (M1) : Milieu ouvert rocheux avec environ 80% de rocaille. La végétation est dominée par *Ampelodesma mauretanicum*,
- (M2) : Maquis bas à végétation herbacée : *Lavandula stoechas*, *Ampelodesma mauretanicum*, *Erica arborea* et *Cistus monspeliensis*. La hauteur ne dépasse pas 50 cm.
- (M3) : Lit d'oued avec ripisylves peuplées essentiellement de : *Tamarix africana*, *Nerium Oleander*, *Rubus ulmifolius* et *Phragmites australis*. Caractériser aussi par la présence de quelques points d'eau,
- (M4) : Cours d'eau avec ripisylves. On retrouve les mêmes espèces végétales que le M3.
- (M5) : Maquis moyen avec des arbustes et une strate herbacée, caractérisé par la présence de *Pistacia lentiscus*, *Rubus ulmifolius*, *Erica arborea*, *calicotome spinosa* et *Cistus monspeliensis*.
- (M6) : Forêt de chêne liège (*Quercus suber*) et à cyprès commun (*Cupressus sempervirens*) avec une strate arbustive à environ 10%, peuplée par *Pistacia lentiscus*, *calicotome spinosa* et *Cistus monspeliensis*.

### II-4. Identification des espèces

Afin d'aboutir au nom vernaculaire et scientifique de l'animal, nous avons utilisé la morphologie externe (couleur, mesures standards et écaillage) directement accessible. A cet effet, nous avons eu recours principalement aux ouvrages de : Bons (1959) [8], de Bons & Girot (1962) [9], de Le Berre (1989) [23], de Gruber (1992) [21], de Fahd (1993) [13], de Schleich *et al.* (1996) [33], de Bons & Geniez (1996) [6], de Geniez *et al.* (2004) [20] et de Baha El Din (2006) [2].

### II-5. Traitement des données

Nous avons évalué la répartition spatiale des espèces, la composition et la diversité spécifiques de chaque biotope.

La répartition spécifique est examinée par le calcul de l'amplitude d'habitat (AH) de chaque espèce [31]. Ce paramètre traduit l'amplitude de la niche spatiale. Il est défini par la formule :

$$AH = e^{H'} \quad (1)$$

$e$  : base des logarithmes népériens

$$H' = -\sum P_i \cdot \text{Log}_2(P_i) \quad (2)$$

$P_i$  : est la proportion des individus de l'espèce dans le milieu  $i$ .

Ce paramètre varie de 1 à  $n$  (pour  $n$  milieux étudiés). AH vaut 1 quand l'espèce est présente que dans un milieu et  $n$  quand l'espèce est répandue de manière égale dans les ( $n$ ) milieux. La composition de chaque peuplement est examinée par sa richesse spécifique et l'abondance de chaque espèce. La fréquence centésimale ( $F_c$ ) représente l'abondance relative et correspond au pourcentage d'individus d'une espèce ( $n_i$ ) par rapport au total des individus recensés ( $N$ ) d'un peuplement [10].

$$F_c = (n_i/N) \times 100 \quad (3)$$

La diversité spécifique de chaque milieu est mesurée par l'indice  $H'$  proposé par Shannon et Weaver [17] :

$$H' = -\sum P_i \cdot \text{Log}_2(P_i) \quad (4)$$

Nous avons calculé aussi l'équitabilité ( $E$ ) [3] au niveau de chaque milieu. C'est le rapport entre la diversité calculé ( $H'$ ) et la diversité théorique maximale ( $H'_{max}$ ) qui est représentée par le  $\log_2$  de la richesse totale ( $S$ ).

$$E = H' / H'_{max} \quad (5)$$

Où :  $H'$  est l'indice de Shannon et  $H'_{max} = \log_2(S)$

Cet indice varie de zéro à un. Lorsqu'il tend vers zéro ( $E < 0,5$ ). Cela signifie que la quasi-totalité des effectifs tend à être concentrée sur une seule espèce. Il est égal à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance [3]. Nous avons également calculé les indices de Sorensen afin de comparer la composition des peuplements recensés entre les différents habitats pris deux à deux [24].

$$Q_s = 2c/(a + b) \quad (6)$$

$a$  : nombre d'espèces mentionnées dans le relevé 1.

$b$  : nombre d'espèces décrites dans le relevé 2.

$c$  : nombre d'espèces recensées simultanément dans les deux relevés.

### III - RÉSULTATS

#### III-1. Composition herpétofaunistique de la région

La région sud de la Kabylie abrite 18 espèces de Reptiles.

##### 1. Tortues (une espèce)

*Mauremys leprosa* (Emyde lépreuse).

##### 2. Amphibènes (une espèce)

*Trogonophis wiegmanni wiegmanni* (Trogonophis jaune).

##### 3. Lézards (10 espèces)

*Tarentola mauritanica* (Gecko de Mauritanie), *Chalcides ocellatus tiligugu* (Seps ocellé), *Chalcides chalcides* (Seps strié), *Chamaeleo chameleon chameleon* (Caméléon vulgaire), *Timon pater* (Lézard ocellé), *Psammodromus algirus algirus* (Psammodrome algire), *Acanthodactylus erythrurus belli* (Acanthodactyle commun), *Ophisops occidentalis* (Lézard à œil de serpent), *Mesalina olivieri* (Erémias d'Olivier), *Podarcis vaucheri* (Lézard hispanique).

##### 4. Serpents (6 espèces)

*Natrix natrix astreptophora* (Couleuvre à collier), *Natrix maura* (Couleuvre vipérine), *Hemorrhoids hippocrepis* (Couleuvre fer à cheval), *Malpolon monspessulanus monspessulanus* (Couleuvre de Montpellier), *Psammophis schokari* (Couleuvre de Schokar), *Macrovipera mauritanica* (Vipère de Mauritanie).

#### III-2. Structure des peuplements

##### III-2-1. Amplitude d'habitat

Le calcul de l'Amplitude d'Habitat (AH) nous permet d'estimer la niche spatiale de chaque espèce et de voir ainsi leur répartition. La plus grande amplitude d'habitat appartient à *P. algirus* avec une valeur de 4,24. Les valeurs moyennes de ce paramètre sont attribuées à : *T. mauritanica* (AH = 2,33), *A. erythrurus* (AH = 2,17), *O. occidentalis* (AH = 2,09) et *C. ocellatus* (AH = 1,85). Ce sont des espèces qu'on peut rencontrer dans différents milieux, mais dont les populations sont faibles.

**Tableau 1** : Amplitude d'habitat des Reptiles recensés

Espèces	AH
<i>M. leprosa</i>	1,17
<i>T. mauritanica</i>	2,33
<i>C. chameleon</i>	1,12
<i>C. ocellatus</i>	1,85
<i>C. chalcides</i>	1,19
<i>A. erythrurus</i>	2,17
<i>T. pater</i>	1,62
<i>O. occidentalis</i>	2,09
<i>P. vaucheri</i>	1,38
<i>P. algirus</i>	4,24
<i>M. olivieri</i>	1,44
<i>T. wiegmanni</i>	1,19
<i>H. hippocrepis</i>	1,11
<i>M. monspessulanus</i>	1,39
<i>N. natrix</i>	1,24
<i>N. maura</i>	1,06
<i>P. schokari</i>	1,50
<i>M. mauritanica</i>	1,41

### III-2-2. Abondance relative

L'analyse globale du **Tableau 2** révèle une différence importante entre l'abondance des espèces dans les différents milieux.

- **Milieu 1** : Sur les 7 espèces présentes dans ce milieu, *P. algirus* est l'espèce la plus abondante avec 44,82%, ensuite vient *T. mauritanica* (24,13%), *C. ocellatus* (13,79%), et enfin *O. occidentalis* (10,34%).
- **Milieu 2** : Avec 10 espèces présentes, *P. algirus* domine avec 48,38%, après vient *O. occidentalis* avec une abondance de 19,35%. Les autres espèces sont moins représentées.
- **Milieu 3** : Sur les 4 espèces de ce milieu, *A. erythrurus* est nettement abondante (84,21%). L'existence de points d'eau dans ce milieu a favorisé la présence de *P. saharicus*.
- **Milieu 4** : Parmi les 6 espèces, deux espèces sont abondantes dans ce milieu, *A. erythrurus* (54,93%) et *M. olivieri* (35,21). Dans ce milieu, nous avons rencontré une tortue d'eau *M. leprosa* et un amphibien *P. saharicus*.

- **Milieu 5** : Les fréquences d'abondance sont : *P. algirus* (37,93%), *T. mauritanica* (24,13%), *A. erythrurus* (17,24%), *C. ocellatus* (10,34%), *O. occidentalis* (6,89%) et *M. mauritanica* (3,45%).
- **Milieu 6** : Deux espèces domine ce milieu *P. algirus* et *T. pater* avec une fréquence de 40% pour chacune.

**Tableau 2** : Abondance relative (%) des reptiles échantillonnés dans les 6 milieux

Milieux	M1	M2	M3	M4	M5	M6
<b>Espèces</b>						
<i>M. leprosa</i>	0	0	0	5,63	0	0
<i>T. mauritanica</i>	20,67	6,45	0	0	24,13	0
<i>C. chameleon</i>	0	3,22	0	0	0	0
<i>C. ocellatus</i>	13,79	3,22	0	0	10,34	0
<i>C. chalcides</i>	0	0	0	0	0	6,67
<i>A. erythrurus</i>	0	0	84,21	54,93	17,24	0
<i>T. pater</i>	3,45	0	0	0	0	40
<i>O. occidentalis</i>	10,34	19,35	0	0	6,89	0
<i>P. vaucheri</i>	0	3,22	5,26	1,41	0	0
<i>P. algirus</i>	44,82	48,38	0	0	37,93	40
<i>M. olivieri</i>	0	0	0	35,21	0	0
<i>T. wiegmanni</i>	0	0	0	0	0	6,67
<i>H. hippocrepis</i>	0	3,22	0	0	0	0
<i>M. monspessulanus</i>	0	6,45	5,26	0	0	0
<i>N. natrix</i>	0	0	5,26	1,41	0	0
<i>N. maura</i>	0	0	0	1,41	0	0
<i>P. schokari</i>	3,45	3,22	0	0	0	6,67
<i>M. mauritanica</i>	3,45	3,22	0	0	3,45	0

### III-2-3. Paramètres de diversité

Afin de décrire la structure des peuplements recensés, nous avons calculé l'indice de diversité de Shannon ( $H'$ ) et l'équirépartition ( $E$ ) pour caractériser la diversité spécifique des peuplements échantillonnés dans les différents habitats. Les données sont illustrées dans le **Tableau 3**.



**Tableau 3 :** *Richesse spécifique totale (S), richesse spécifique moyenne (S<sub>m</sub>), indice de diversité de Shannon (H') diversité max (H<sub>max</sub>) et équirépartition (E) des peuplements recensés dans les différents types d'habitats*

Milieux Indices	M1	M2	M3	M4	M5	M6
<b>S</b>	7	10	4	6	6	5
<b>S<sub>m</sub></b>	4	3	2	2,71	3	3,5
<b>H'</b>	2,22	2,43	0,88	1,5	2,23	1,84
<b>H<sub>max</sub></b>	2,81	3,32	2	2,58	2,58	2,32
<b>E</b>	0,79	0,73	0,44	0,58	0,86	0,79

Les valeurs les plus élevées de la richesse moyenne, sont notées dans le milieu 1 : Milieu ouvert rocheux et le milieu 6 : Forêt, avec respectivement 4 et 3,5 espèces, et la plus faible est observée dans le milieu 3 : Lit d'oued avec 2 espèces. Dans le milieu ouvert rocheux et la forêt, les conditions et les ressources sont favorables, ce sont généralement des milieux attractifs pour les Reptiles. Par contre les lits d'oued abritent un nombre limité d'espèces attachées à l'eau et au substrat sablonneux ou pierreux. L'indice de diversité de Shannon ne dépassent pas 2,5. Le M1 (milieu ouvert rocheux), le M2 (maquis bas) et le M5 (maquis moyen) présentent les valeurs les plus élevées, elles sont respectivement 2,43, 2,23 et 2,22, avec les valeurs de l'équitabilité qui sont respectivement 0,73, 0,86 et 0,79. Les valeurs les plus faibles sont enregistrées au niveau des milieux M3, M4 et M6.

**III-2-4. Indice de similitude**

L'indice de Sorensen, permet de comparer la composition des peuplements recensés entre les différents habitats pris deux à deux. C'est un paramètre qui met en évidence les particularités faunistiques des milieux étudiés. Ses valeurs sont reportées dans le **Tableau 4**.

**Tableau 4 :** *Indices de similitude de Sorensen (%) appliqué pour les types de milieux pris deux à deux*

Milieux	M1	M2	M3	M4	M5	M6
<b>M6</b>	33,33%	26,66%	0%	0%	18,18%	
<b>M5</b>	<b>76,92%</b>	<b>62,5%</b>	20%	16,66%		
<b>M4</b>	0%	12,5%	<b>60%</b>			
<b>M3</b>	0%	28,57%				
<b>M2</b>	<b>70,58%</b>					
<b>M1</b>						

La similitude entre les habitats varie entre 0% et 76,92%. On constate que les indices de similitude les plus importants sont notés entre le Milieu 1 (milieu ouvert rocheux) et le milieu 5 (Maquis moyen) avec 76,92%, entre le milieu 1 et le milieu 2 (maquis bas) avec 70,58% et entre le milieu 2 et le milieu 5 avec 62,5%. Cette similitude est justifiée par les conditions écologiques (température, humidité, ensoleillement...), relativement semblables entre ces trois types d'habitats (M1, M2 et M5). Une autre similitude de 60% est signalée entre le milieu 3 (Lit d'oued) et le milieu 4 (cours d'eau) ; cette similitude est certainement liée, à l'humidité, au type de végétation (ripisylves) et au type de sol (sablonneux ou pierreux). La lecture du tableau 4, nous montre que l'herpétofaune du milieu M6 (Forêt) est exceptionnelle, elle ne présente aucune similitude avec les autres milieux.

## IV - DISCUSSION

### IV-1. Inventaire taxonomique

Parmi les reptiles, les Sauriens dominent nos observations avec 10 espèces contre 6 serpents, une tortue et un amphibène. Ces espèces sont réparties en deux ordres : les Chéloniens avec une seule espèce *M. leprosa* qui appartient à la famille des Emydides, et les Squamates qui sont les mieux représentés avec 17 espèces couvrant 3 Sous-ordres : les Sauriens avec 4 familles différentes : Les Lacertidés, les Gekkonidés, les Scincidés et les Chamaeleonidés ; les Ophidiens avec 2 familles : les Colubridés et les Vipéridés, et en fin les Amphibènes avec une famille : Trogonophidés. Du point de vue biogéographique, nous notons une nette dominance des éléments méditerranéens. Trois des 16 espèces méditerranéennes sont confinées à l'Afrique du nord, et n'ont donc aucun lien avec l'Europe, il s'agit de : *T. pater*, *C. chalcides* et *T. wiegmanni*. Deux espèces sont d'origine saharienne : *M. olivieri* et *P. schokari*, l'existence de ces deux espèces atteste bien de l'aridité de la région.

### IV-2. Organisation des peuplements

#### IV-2-1. Répartition spécifique

Avec une amplitude d'habitat de 4,24 *Psammodromus algirus* est le Saurien le plus observé dans le cadre géographique étudié. C'est une espèce qui peuple une grande variété de biotopes [33]. Cependant, certaines espèces, notamment les plus exigeantes sur le plan écologique, telles que *M. leprosa*, *N. natrix*, *N. maura* et *M. olivieri*, ont une niche spatiale très réduite.

Elles sont inféodées et liées à un milieu particulier, et par conséquent, elles sont les plus vulnérables aux changements des facteurs écologiques. D'autres ont une amplitude d'habitat moyenne, elles sont plus réponsives même si leurs populations sont parfois très faibles, c'est le cas des Ophidiens et du reste des Sauriens.

#### IV-2-2. Abondance relatives

D'après l'analyse des données concernant l'abondance des espèces, on remarque que les Sauriens sont les mieux représentés dans la région étudiée. Les Ophidiens sont les moins rencontrés, et leurs abondances ne dépassent pas 6,67%.

- *P. algirus* : c'est le lézard le plus abondant de la région. Il est rencontré dans les milieux M1, M2, M5. Selon [32], ce lézard est surtout visible en basse et moyenne montagne tempérée avec une strate herbacée et buissonnante.
- *A. erythrurus* : il habite les régions sableuses, les plages, les dunes, les éboulis, les zones plutôt dénudées plantées seulement d'herbacées ou de buissons clairsemés [18], c'est pour cette raison qu'il se rencontre en forte abondance dans les deux milieux M3 (Lits d'oued) et M4 (cours d'eau avec ripisylves).
- *M. olivieri* : elle est rencontrée que dans le milieu M4 (cours d'eau avec ripisylves), mais avec une abondance importante 35,21%. Selon [32] la biologie des *Mesalina* semble assez proche de celle des *Acanthodactylus* ; le substrat est avant tout caillouteux, mais il peut aussi être terreux, sableux et même pierreux-rocheux.
- *T. pater* : ce grand lézard fréquente les milieux arborés [31]. Il est rencontré dans le M6 (Forêt) avec une fréquence de 40%.
- *T. mauritanica* : C'est une espèce qui se rencontre dans les milieux pierreux, les vieilles habitations...etc [27]. Elle est fortement présente dans le M1 et le M5. Ces deux biotopes sont caractérisés par un recouvrement important des rochers et des troncs d'arbres.
- *C. ocellatus* : son abondance est moyenne dans le M1 et le M5. C'est une espèce qui fréquente des milieux variés, plus ou moins humides.
- *O. occidentalis* : les valeurs de son abondance sont moyennes dans les milieux M1, M2 et M5. Selon [23], ce lézard fréquente les terrains caillouteux à végétation buissonnante, steppique ; il semble éviter les régions sableuses.

#### IV-2-3. Diversité

L'indice de diversité de Shannon, nous permet de conclure que sur les six milieux étudiés aucun ne présente une diversité élevée. Dans le M1, le M2 et le M5 la diversité est moyenne, ceci s'explique par la richesse spécifique importante et la répartition plus au moins équitable de la densité totale sur les espèces qui les constituent. La diversité des autres milieux est très faible :

- Pour le M3 (lit d'oued)  $H' = 0,88$  et  $E = 0,44$  ; ceci s'explique par la faible richesse spécifique et la densité qui est concentrée sur une seule espèce : *A. erythrurus*,
- Concernant le M4 (cours d'eau) où  $H' = 1,5$  et  $E = 0,58$ , la densité est essentiellement partagée entre deux espèces : *A. erythrurus* et *M. olivieri*,
- Et enfin pour le M6 (Forêt),  $H' = 1,84$  et  $E = 0,79$ , la densité est concentrée sur deux espèces : *T. pater* et *P. algirus*.

#### IV-2-4. Similitude

L'examen des valeurs du **Tableau 4** montre qu'il existe 3 groupes selon la composition herpétofauniques des milieux étudiés. Le premier groupe représente les milieux humides (M3 : Lits d'oued avec ripisylves et M4 : Cours d'eau avec ripisylves), fréquentés par des espèces caractéristiques dont la présence de l'eau constitue un facteur essentiel pour leur développement, c'est le cas de : *M. leprosa*, *N. natrix* et *N. maura*. Le deuxième groupe, correspond au milieu forestier M6 : Forêt dont l'espèce caractéristique est *T. pater*. Les milieux ouverts (M1 : milieu ouvert rocheux et M2 : maquis bas) et préforestier (M5 : maquis moyen) constituent le troisième groupe (G3). La composition en Reptiles de ces trois milieux semble très proche, ce sont surtout des espèces qui préfèrent les habitats ensoleillés, à végétation basse et avec une disponibilité des abris, c'est le cas de : *C. ocellatus*, *P. algirus*, *T. mauritanica* et *M. mauritanica*.

## V - CONCLUSION

Cette étude qui se veut pionnière, nous a permis de connaître pour la première fois la composition du peuplement herpétologique de la région sud de la Kabylie (Bouira et Bordj Bou Arreridj). Les résultats de notre inventaire dans les milieux les plus représentatifs de cette région, témoignent de l'existence d'une richesse de 18 Reptiles. Parmi ces espèces seules, *Mauremys leprosa* et *Chamaeleo chamaeleon*, figurent dans le décret N°83 du 20 Août 1983 relatif aux espèces non domestiques protégées en Algérie.

Nous notons que la majorité des espèces sont méditerranéennes, trois espèces sont confinées à l'Afrique du nord, ce sont : *Timon pater*, *Chalcides chalcides* et *Trogonophis wiegmanni*, et deux espèces sont d'origine saharienne : *Psammophis schokari* et *Mesalina olivieri*. Les résultats obtenus par l'indice de Shannon ont montrés qu'aucun des peuplements étudié ne présente pas une diversité élevée. Cela confirme notre hypothèse, à savoir un appauvrissement de l'herpétofaune de cette région. La dégradation des habitats et la sécheresse qui a touché tout le pays durant de longues années, sont les facteurs qui ont entraîné la raréfaction de plusieurs taxons. Néanmoins, certaines espèces d'affinité sahariennes, telles que *P. schokari* et *M. olivieri* ont profité de ces conditions d'aridité pour s'installer dans cette région. Il est certain qu'au cours de notre étude, nous avons recueilli des éléments non négligeables sur les Reptiles du sud de la Kabylie; néanmoins nos résultats restent insuffisants, notamment en ce qui concerne *C. chalcides*, *T. wiegmanni* et *Hemorrhoids hippocrepis*.

D'autres espèces, connues en Algérie, sont probablement présentes dans cette région mais n'ont pas été contactées, c'est le cas de : *Hemidactylus turcicus*, *Cerastes cerastes* et *vipera latastei*, alors il serait souhaitable d'augmenter le nombre de prospections en prenant en considération tous les types d'habitats existants dans cette région. Il serait également intéressant de se pencher sur les facteurs de dégradation des milieux et de menace pour les espèces ; autant les facteurs naturels qu'anthropiques (pression humaine) afin de connaître la véritable situation bioécologique des différentes espèces et leurs habitats. Ces connaissances permettraient certainement de reconnaître et d'évaluer au mieux la biodiversité herpétologique afin de pouvoir aboutir à de meilleures mesures de protection et de conservation.

## RÉFÉRENCES

- [1] - Arnold N. et Ovenden D., 2004 – Le guide herpéto. Edition Delachaux et Niestlé, Paris. 288 p.
- [2] - Bah El Din S., 2006 – A guide to the reptiles and amphibians of Egypt. The American University in Cairo Press. 359 p.
- [3] - Barbault R., 1981 - Ecologie des populations et des peuplements. Ed. Masson, Paris. 200 p
- [4] - Benkhira A., 2009 – Contribution à la connaissance des reptiles d'Oglet édition Daira (notes sur quelques espèces caractéristiques de la région). *Bulletin d'information n° 8*. De projet ALG/00/G35. Direction des forêts. 2-5.

- [5] - Blanc C. P., 1986 - Le peuplement en Reptiles de l'extrême sud tunisien. Laboratoire de Zoogéographie, Université Montpellier 3. *Amphibia-Reptilia* 7 (1986). 385-392. Blanc C. P., 1986 - Le peuplement en Reptiles de l'extrême sud tunisien. Laboratoire de Zoogéographie, Université Montpellier 3. *Amphibia-Reptilia* 7 (1986). 385-392.
- [6] - Bons J. et Geniez P., 1996 – Amphibiens et reptiles du Maroc (Sahara occidental compris) Atlas biogéographique. Association Herpétologica Espanola. Barcelona. 319 p.
- [7] - Bons J., 1972 – Herpétologie marocaines, Liste commentée des amphibiens et des reptiles du Maroc. *Bulletin de la société des sciences naturelles et physiques du Maroc*. Tome 52, 3ème et 4ème trimestres. 107- 126.
- [8] - Bons J., 1959 - Les lacertiliens du Sud-Ouest Marocain. Systématique, Répartition géographique, Ethologie, et Ecologie. *Fac. Scie. Maroc. N° 18*. 130 p.
- [9] - Bons J. et Girot B., 1962 - Clé illustrée des reptiles du Maroc. *Int. Sci. Cherifien Rabat. N° 26*. 66 p.
- [10] - Dajoz R. 2003 - Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris. 615 p.
- [11] - Djirar N., 1995 - Reconnaître les reptiles d'Algérie (clé préliminaire). OPU Alger. 37 p.
- [12] - Doumergue F., 1901 - Essai sur la faune erpétologique de l'Oranie. Imp. L. Fouque, Oran. 404 p.
- [13] - Fahd S., 1993 - Atlas préliminaire des reptiles du Rif (Nord du Maroc). Thèse troisième cycle. Univ. Abdelmalek Essaâdi, Tétouan. 166 p.
- [14] - Fahd S., 2001 - Biogéographie, Morphologie et Ecologie des Ophidiens du Rif (nord du Maroc). Thèse Doctorat d'Etat Sciences. Univ. Abdelmalek Essaâdi, Tétouan. 316 p.
- [15] - Fahd S., 2006 - Modèle de suivi et évaluation de l'état de conservation de population d'amphibien et de reptiles. Polycope, faculté é de sciences Tétouan. 31 p.
- [16] - Fahd S. et Mediani M., 2007 – Herpétofaune du bassin versant de Oued Laou. Rapport intermédiaire, wadi 6°, OT 2005 – 015226. 35 p.
- [17] - Faurie C., Ferra C., Médori P. Dévaux J. et Hemptinne J. L., 2006 – Ecologie, approche scientifique et pratique. Edition Tec & Doc (Lavoisier), Paris. 405 p.
- [18] - Fretey J., (1987) – Guide des reptiles des France. Edition Hatier. France. 255 p.
- [19] - Frontier S. et Pichod-Viare D., 1995 – Ecosystème : Structure. Fonctionnement. Evolution. Édition Masson., 447 p.
- [20] - Geniez P., Mateo J. A., Geniez M. et Pether J., 2004 – The amphibians and reptiles of the Western Sahara. Edition Chimaira. 229 p.

- [21] - Gruber U., 1992 – Guide des serpents d'Europe, d'Afrique du nord et du Moyen-orient. Edition Delachaux et Niestlé. Paris. 248 p.
- [22] - Guibe J., 1950 - Les lézards de l'Afrique du nord (Tunisie, Algérie et Maroc). *Rev. Hist. Nat. (la terre et la vie) No 1*. 16-38.
- [23] - Le Berre M., 1989 - La faune du Sahara I, Poissons, Amphibiens, Reptiles. Ed Raymond chanbaud le chevalier. Paris. Coll (Terre Africaine). 328 p.
- [24] - Magurran A. E., 1988 - Ecological diversity and its measurement. Princeton university press, Priceton, New Jersey. 179 p.
- [25] - Mateo J. A., 1990 – Distribution du Lézard ocellé africain, *Lacerta pater* (Lataste, 1880) ; caractéristiques biogéographiques et systématiques. *Bull. Ins. Sci. Rabat, no 14*. 55-60.
- [26] - Mellado J. et Dakki M., 1988 – Inventaire commenté des amphibiens et reptiles du Maroc. *Bull. Inst. Sci, Rabat n° 12*, 171- 181.
- [27] - Nouira S., 2001 - Conservation des zones humides littorale et des écosystèmes côtiers- Cap. Bon (partie relative à l'herpétofaune). Rapport de diagnostic de sites. Agence de protection et d'aménagement du littoral. 33 p.
- [28] - Peyre O., 2006 - Aperçu sur la diversité herpétologique de la région d'Ain-Ben-Khellil (Naama) *Bulletin d'information n° 5*. Conservation de la biodiversité et gestion des ressources naturelles. 6-9.
- [29] - Ramade F., 1984 - Eléments d'écologie : écologie fondamentale. Ed. Mc. Graw & Hill, Paris. 397 p.
- [30] - Real R., Pleguezuelos J. M. et Fahd S., 1997 - The distribution patterns of reptiles in the Riff region, northern Morocco. *Afr. J. Ecol.* Volume 35. 312–325.
- [31] - Rouag R. et Benyacoub S., 2006 – Inventaire et écologie des reptiles du Parc National d'El. Kala. *Bull. Soc. Herp. De France n°117*. 25-40.
- [32] - Roux P. et Slimani T., 1992 – Nouvelles données sur la répartition et l'écologie des reptiles du Maroc (la région de Marrakech : haouz et Jebilet). *Bull. Inst. Sci. Rabat n 16*. 122-131.
- [33] - Schleich H., Kästle W. et Kabisch K., 1996 – amphibians and reptiles of North Africa. Koletz Scintific Books, Koenigstein. 630 p.
- [34] - Stoetzel E., Agbani M. A., Qninba A., Mouna M., Mataame A., El Brini H. et Denys C., 2010 - Inventaire taxonomique préliminaire des petits vertébrés terrestres du Nord du Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, n°32 (1)*. 17-24.

## Régime alimentaire de *Psammodromus algirus* Linnaeus, 1758 (Reptilia : Lacertidae) dans le Djurdjura, nord Algérie

par

Rabah MAMOU<sup>(1)</sup> & Faïza MARNICHE<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques,  
Université Mouloud Mammeri, DZ-15000 Tizi Ouzou

<sup>(2)</sup> École nationale supérieure vétérinaire, 12 avenue Hacène Badi,  
DZ-16010 El Harrache, Alger

mamou.rabah@yahoo.fr

**Résumé** – Dans cette étude, nous présentons les premières données sur le régime alimentaire du lézard *Psammodromus algirus* du secteur de Tala Guilef (Parc national du Djurdjura, Kabylie). L'analyse de 43 fèces nous a permis d'identifier 254 items répartis sur 15 unités taxinomiques opérationnelles (OTUs). Les insectes sont les plus consommés. Les cinq catégories de proies les plus ingérées parmi les insectes sont : Coleoptera, Hymenoptera, Heteroptera, Homoptera et Orthoptera. Durant la période d'étude, le spectre alimentaire de *P. algirus* est légèrement diversifié ( $B_A = 0,41$ ). L'analyse statistique appliquée aux proportions des catégories de proies consommées, montre une influence significative des variations saisonnières sur le régime alimentaire de cette espèce dans ce secteur :  $\chi^2 = 42,94$   $p < 0,0001$  ; ddl = 14. Au printemps, cette espèce montre un régime spécialiste ( $B_A = 0,25$ ) essentiellement centré sur les Coléoptères et les Hyménoptères. Par contre, en été, elle devient plus opportuniste ( $B_A = 0,46$ ), mais elle recherche toujours les Coléoptères, qui restent la catégorie de proies les plus consommées.

**Mots-clés** : Écologie trophique, Lacertidae, *Psammodromus algirus*, OTU, Djurdjura, Algérie.

**Summary – Food habits of *Psammodromus algirus* Linnaeus, 1758 (Reptilia: Lacertidae) in Djurdjura, northern Algeria.** In this study, we present the first data on the diet of *Psammodromus algirus* of Tala Guilef sector (Djurdjura National Park). The analysis of 43 feces allowed us to identify 245 food items, spread over 15 Operational Taxonomic Units (OTUs). Insects are the most consumed and, among them, the five most ingested categories of preys are: Coleoptera, Hymenoptera, Heteroptera, Homoptera, and Orthoptera. During the study period, the food spectrum is slightly diversified ( $B_A = 0,41$ ). Statistics analysis applied to prey categories proportions shows a significant influence of seasonal variation on the diet:  $\chi^2 = 42,94$   $p < 0,0001$ ; ddl = 14. It presents a specialized diet in spring ( $B_A = 0,25$ ) concentrated essentially on Coleoptera and Hymenoptera. In summer, it became more opportunistic ( $B_A = 0,46$ ), but Coleoptera remain the most consumed category of preys.

**Key-words:** Trophic ecology, Lacertidae, *Psammodromus algirus*, OTU, Djurdjura, Algeria.



## I. INTRODUCTION

Connaître l'écologie d'une espèce est un préalable nécessaire à la bonne gestion et à la préservation d'un site naturel. Dans ce cadre, les ressources alimentaires constituent un paramètre crucial à prendre en compte en biologie de la conservation (par exemple : Tatin *et al.* 2013). Ceci dit, l'écologie trophique est un champ important dans l'étude des reptiles ; elle nous permet de comprendre comment ces animaux exploitent leur environnement (Pérez-Mellado *et al.* 2011). D'ailleurs, parmi les trois dimensions classiques de la niche (trophique, spatiale et temporelle), l'alimentation est sans doute la plus étudiée chez les lézards (Carretero *et al.* 2006, 2010, Luiselli 2008). En général, les lézards adoptent un régime alimentaire généraliste (Arnold 1987), et semblent être des prédateurs opportunistes (Arnold 1987, Mou 1987, Pérez-Mellado & Corti 1993, Lo Cascio & Capula 2011). Les invertébrés terrestres, et en particulier les insectes, occupent une partie prédominante dans leur alimentation (Arnold 1987, Carretero 2004). Cependant, le régime alimentaire de la famille des Lacertidae est caractérisé par une grande plasticité (Carretero 2004) et de nombreux facteurs affectent le choix des proies, comprenant les contraintes anatomiques, le sexe, l'état corporel, le statut reproducteur, l'expérience, l'habitat, la distribution des proies et l'abondance, la pression de prédation, la compétition et enfin l'histoire évolutive (Schoener 1968, 1974, Dunham 1980, Carretero 2004).

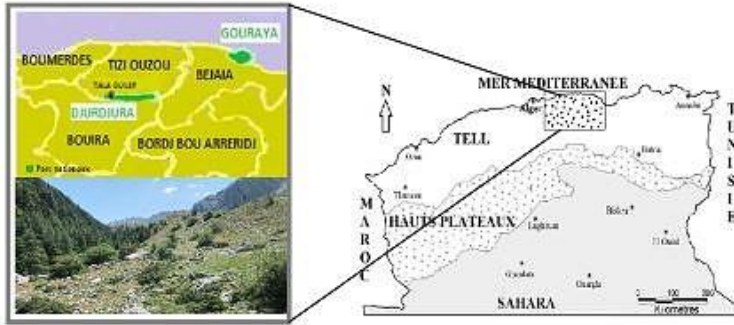
Dans le cadre des études de phylogénie et de phylogéographie menées sur les lézards de l'Afrique du nord et du pourtour méditerranéen, beaucoup ont permis d'apporter un éclairage sur la systématique des espèces algériennes (voir : Carranza *et al.* 2006, Larbes *et al.* 2007, Carretero 2008, Fonseca *et al.* 2008, 2009, Kaliontzopoulou *et al.* 2008, 2011, 2012, Lima *et al.* 2009, Verdú-Ricoy *et al.* 2010 et bien d'autres) mais des informations sur leur biologie et l'écologie sont rares (Arab & Doumandji 2003, Rouag *et al.* 2006, 2007, Carretero *et al.* 2011). Le but de cette étude est de fournir des données qualitative et quantitative sur l'écologie trophique de *Psammotromus algirus* (Linnaeus, 1758) dans le parc national du Djurdjura.

## II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### A. Site d'étude

Cette étude a été réalisée, au printemps (avril-mai) et en été (juin-juillet) de 2013 et 2014, dans le secteur de Tala Guilef, dans le versant nord du Djurdjura (Parc National du Djurdjura). Ce secteur est situé dans la partie septentrionale de la chaîne du Djurdjura, à 140 km au sud-est d'Alger et à 45 km au sud-ouest de la wilaya de Tizi Ouzou (Fig. 1). La région est caractérisée par un climat montagnard de type méditerranéen, et s'inscrit dans l'étage bioclimatique humide à variante fraîche (Hamdine *et al.* 1993).

La collecte a été effectuée dans un milieu rocailleux caractérisé par la présence de toutes les tailles de rocaille et parfois d'énormes rochers, provenant du massif de Haïzer, et par une végétation buissonnante dans laquelle on retrouve : Aubépines monogyne et laciniée (*Crataegus monogyna* et *Crataegus laciniata*), Ronce à feuilles d'Orme (*Rubus ulmifolius*), Églantier des chiens (*Rosa canina*), Églantier nain (*Rosa sicula*), Prunier couché (*Prunus prostrata*) et Épine-vinette d'Espagne (*Berberis hispanica*). Dans la strate herbacée on retrouve essentiellement : Anthémis de Kabylie (*Anthemis kabilica*), Absinthe (*Artemisia absintium*), Astragale vulnérant (*Astragalus armatus*), Panicaut à trois épines (*Eryngium tricuspdatum*), Euphorbe de Nice (*Euphorbia luteola*), Férule commune (*Ferula communis*).



**Figure 1 :** Localisation géographique du site d'étude dans le parc national du Djurdjura.  
Figure 1: Location of study site in the Djurdjura national park.

## B. Méthodologie

La méthode d'échantillonnage a consisté en une visite des habitats a priori favorables. Une fois détectés, les individus adultes ont été capturés à la main ou au lasso. Ils ont été ensuite transportés au laboratoire et les fèces ont été obtenues en gardant les individus dans des terrariums de (44 cm x 55 cm x 77 cm), munis d'une lampe (160 W) placée à l'une des extrémités (ce dispositif est utilisé en même temps pour l'étude de la température préférée chez *Psammotromus algirus*). Après une journée de contention, les lézards ont été relâchés sur leurs lieux de capture. Au total 43 fèces ont été récupérées (15 au printemps et 28 en été), séchées et conservées ensuite dans des tubes Eppendorf (2 ml) remplis d'alcool (70°). Leur analyse est faite par la voie humide alcoolique sous une loupe binoculaire 10-40 x. Le dénombrement des invertébrés se fait par comptage des parties sclérotinisées, telles que les mandibules, têtes, thorax, prothorax, élytres, ailes. Les items sont ensuite classés en groupes nommés OTUs (Operational Taxonomy Unit) (voir : Sneath & Sokal 1973, Carretero 2004) et leur détermination est faite jusqu'au niveau systématique le plus élevé possible.

## C. Analyse des données

Afin de caractériser le régime alimentaire de cette espèce, nous avons calculé la fréquence numérique (N) et la fréquence d'occurrence (P), ainsi que l'indice standardisé de Levin ( $B_A$ ) pour estimer sa diversité taxinomique. Les formules de calcul utilisé à cet effet sont :

- $N (\%) = (p_i / p) \times 100$ , où ( $p_i$ ) est le nombre de proies d'une catégorie (i) et (p) est le nombre total de proies (Zaïme & Gautier 1989).
- $P (\%) = (n_i / n) \times 100$ , où ( $n_i$ ) est le nombre de fèces contenant la catégorie de proie (i) et (n) est le nombre total de fèces.

Pour mieux illustrer l'importance de ses variations, les proies ont été définies selon le classement proposé par Bigot & Bodot (1973) :

- Proies constantes dont l'occurrence est égale ou supérieur à 50 %,
  - Proies accessoires dont l'occurrence est comprise entre 25 et 50 %,
  - Proies accidentelles dont l'occurrence est comprise entre 10 et 25 %,
  - Proies très accidentelles dont l'occurrence est inférieure à 10 %.
- $B_A = (B - 1) / (n - 1)$ , où (n) est le nombre de catégories de proies et (B) est l'indice de Levin calculé selon la formule :  $B = 1 / \sum p_i^2$ , ( $p_i$ ) est la proportion de la catégorie (i). Cet indice traduit l'amplitude de la niche trophique. Quand sa valeur tend vers « zéro », il indique un régime spécialiste et quand elle tend vers « un », le régime est généraliste (Krebs 1999).

Afin d'examiner la relation entre les proies ingérées et leur abondance, nous avons procédé au test de corrélation de Spearman entre la fréquence numérique (N) et la fréquence d'occurrence (P) des OTUs. Les variations saisonnières ont été abordées en utilisant le test de Mann-Whitney pour la comparaison du nombre d'items par fèces et le test de Chi carré ( $\chi^2$ ) pour étudier les différences dans la composition du spectre alimentaire entre les deux saisons considérées.

### III. RÉSULTATS

#### A. Composition du spectre alimentaire

L'examen de 43 fèces a révélé la présence de 254 items regroupés en 15 OTUs. L'examen du tableau I montre une nette dominance des insectes. Les Coléoptères dominent avec 29,92 % suivis par les Hyménoptères (15,35 %, sans les Formicidae), les Héteroptères (13,78 %), les Homoptères et les Orthoptères (9,06 %) et enfin les Formicidae (6,30 %). Les Araignées représentent seulement 6,30 % et les proportions de chacune des autres catégories ne dépassent pas 5 %.

**Tableau I :** Paramètres descriptifs du spectre alimentaire de *Ps. algirus*. n : nombre d'items identifiés ; N (%) : abondance relative ; P (%) : occurrence.

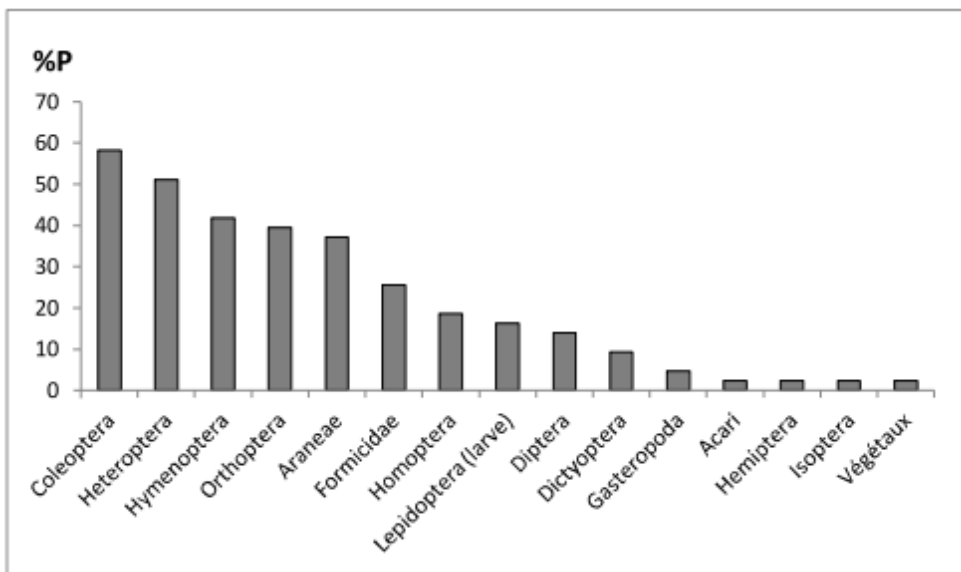
Table I: Descriptors parameters of the taxonomic diet of *Ps. algirus*. n: number of identified items; N (%): relative abundance; P (%): occurrence.

Ordre	n	N (%)	P (%)
Aranea	16	6,30	37,21
Acari	1	0,39	2,33
Dictyoptera	4	1,57	9,30
Orthoptera	23	9,06	39,53
Formicidae	16	6,30	25,58
Hymenoptera *	39	15,35	41,86
Coleoptera	76	29,92	58,14
Hemiptera	1	0,39	2,33
Heteroptera	35	13,78	51,14
Homoptera	23	9,06	18,60
Isoptera	3	1,18	2,33
Lepidoptera (larve)	7	2,76	16,28
Diptera	7	2,76	13,95
Gasteropoda	2	0,79	4,65
Végétaux	1	0,39	2,33
<b>Total :</b>	<b>254</b>		

\* Hors Formicidae

Au niveau des Coléoptères, ce sont les Scarabaeidae qui dominent (55,26 % des Coléoptères) ; les genres que nous avons pu identifier sont : *Onthophagus sp.*, *Aphodius sp.* et *Rhizotrogus sp.* Chez les Hyménoptères deux familles sont essentiellement consommées : les Formicidae (29,09 % des Hyménoptères) chez lesquelles nous avons déterminé *Camponotus sp.*, *Tapinoma sp.*, *Messor sp.*, *Crematogaster sp.* et *Aphenogaster dipilis*, et les Ichneumonidae (21,82 %). Il y a aussi des Andrenidae (12,73 %) dont *Andrena sp.* est l'unique genre déterminé et des Halictidae (10,91 %) avec également un seul genre identifié *Lasioglossum sp.* Concernant les Hétéroptères, la famille la mieux représentée est celle des Pentatomidae avec 51,52 % dont les genres identifiés sont : *Sciocoris sp.*, *Sehirus sp.* et *Aelia sp.* Pour les Homoptères la famille des Cicadellidae (73,91 %) est la mieux consommée et les genres identifiés sont *Eupelix sp.* et *Cicadella sp.* Du côté des Orthoptères les Acrididae sont fortement consommés (86,96 %) et les taxons reconnus sont *Calliptamus sp.*, *Omocestus sp.*, *Pezottetix giornae*, *Dociostaurus jagoi jagoi* et *Thysiocetrus littoralis*.

La figure 2 illustre l'occurrence des différentes unités taxonomiques consommées par cette espèce de lézard. C'est une approche qui nous permet de distinguer les proies les moins appréciées des préférées en dehors de leurs quantités ingérées. Ceci dit, les résultats obtenus sont en accord avec ceux de l'abondance relative. En revanche, les Araignées font exception, leur occurrence s'avère importante (37,21 %), et cela malgré une faible fréquence relative (N = 6,30 %).



**Figure 2 :** Degré de présence des proies consommées dans le régime alimentaire de *Ps. algirus*.

Figure 2: Presence index of prey in the diet of *Ps. algirus*.

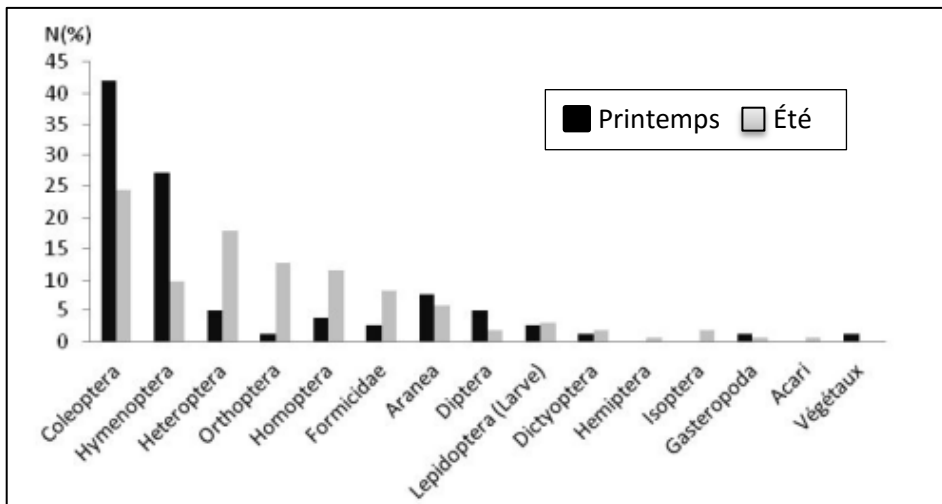
En utilisant, le classement préconisé par Bigot & Bodot (1973), on constate que les Coléoptères (58,14 %) et les Hétéroptères (51,14 %) sont des proies constantes. Les proies accessoires dont le degré de présence est compris entre 25 % et 50 % sont : les Hyménoptères (41,86 %, sans les Formicidae), les Orthoptères (39,53 %), les Araignées (37,21 %) et les Formicidae (25,58 %). Trois catégories sont accidentelles, à savoir : les Homoptères (18,60 %), les chenilles de Lépidoptères (16,28 %) et les Diptères (13,95 %). Les autres catégories sont considérées comme des proies très accidentelles car leur degré de présence ne dépasse pas 10 %.

L'analyse statistique au moyen du test de Spearman montre une corrélation positive significative entre la fréquence relative (N) et la fréquence d'occurrence (P) ( $r_s = 0,965$ ,  $p < 0,0001$ ). Ceci nous permet de conclure que les proies préférées sont consommées en quantité importante.

### B. Variations saisonnières

La comparaison du nombre d'items par fèces indique que la différence entre les deux saisons étudiées n'est pas significative : au printemps :  $5,400 \pm 1,095$  ; en été :  $6,179 \pm 0,842$  ; ( $Z = -1,043$  ;  $p = 0,297$ ). Cependant, l'analyse statistique appliquée aux catégories de proies montre une influence significative des variations saisonnières sur le régime alimentaire de *Psammodromus algirus* dans le secteur de Tala Guilef ( $\chi^2 = 42,94$  ; ddl = 14 ;  $p < 0,0001$ ).

La figure 3 nous donne un aperçu détaillé de cette variation. Au printemps, cette espèce montre un régime spécialiste ( $B_A = 0,25$ ), et parmi les 12 OTUs ingérées, deux catégories sont fortement consommées : les Coléoptères (41,98 %) et les Hyménoptères (27,16 % sans les Formicidae). En été, l'espèce élargi son régime alimentaire ( $B_A = 0,46$ ), et les proies consommées parmi les 14 OTUs recensées sont par ordre croissant : Coléoptères (24,28 %), Hétéroptères (17,92 %), Orthoptères (12,72 %), Homoptères (11,56 %), Hyménoptères (9,83 %, sans les Formicidae), Formicidae (8,09 %) et les proportions du reste des catégories ne dépassent pas 5 % pour chacune.



**Figure 3:** Variation saisonnière des différentes catégories de proies dans le régime alimentaire de *Psammodromus algirus*.

Figure 3: Seasonal variations among the different food categories in the diet of *Psammodromus algirus*.

## IV. DISCUSSION

L'analyse globale des résultats montre que (1) le régime alimentaire de *Psammodromus algirus* est essentiellement composé d'arthropodes dont principalement des insectes (2) avec un comportement alimentaire opportuniste, qui se traduit par un nombre important de catégories de proies ingérées et par une variation saisonnière. Plusieurs auteurs ont prouvé cette forte consommation des arthropodes chez certaines populations de *Ps algirus* (Valverde 1967, Mellado *et al.* 1975, Pérez-Mellado 1982, Seva 1984, Pollo & Pérez-Mellado 1988, Díaz & Carrascal 1990, Castilla *et al.* 1991, Ortega-Rubio 1991, Carretero & Llorente 1993,

Pérez-Quintero & Rubio-García 1997, Arab & Doumandji 2003, Rouag *et al.* 2007). Par ailleurs, des adaptations particulières aux conditions de pénuries trophiques peuvent être observées chez certaines populations, surtout dans les écosystèmes insulaires. Comme le rapporte Di Palma (1984) dans le canal de Sicile où les végétaux et les fourmis sont les plus consommés par *Ps. algirus*.

Chez les Lacertidae, plusieurs espèces ont tendance à consommer les Coléoptères en grande quantité (Valverde 1967, Mellado *et al.* 1975, Pérez-Mellado 1982, Seva 1984, Pollo & Pérez-Mellado 1988, Castilla *et al.* 1991, Carretero & Llorente 1993, Vincente *et al.* 1995, Hódar *et al.* 1996, Maragou *et al.* 1996, Angelici *et al.* 1997, Pérez-Quintero & Rubio-García 1997, Adamopoulou *et al.* 1998, Rouag *et al.* 2006, 2007, Amat *et al.* 2008, Thirion *et al.* 2009, Carretero *et al.* 2006, 2010, Lo Cascio & Capula 2011, Tatin *et al.* 2013, Sagonas *et al.* 2015). Cette dominance a été nettement constatée dans notre étude. À cet effet, il est important de préciser que nous n'avons tenu compte que des adultes dans cette étude, ce qui peut justifier cette dominance. Selon Carretero *et al.* 2006, les proies dures (Coléoptères) sont plus fréquentes chez les adultes que chez les juvéniles. Dans cette optique, des études expérimentales ont mis en évidence des différences ontogéniques et sexuelles dans la force de mastication des proies qui est liée à la masse des muscles des mâchoires (Herrel *et al.* 1999, 2001).

L'opportunisme alimentaire constitue aussi une adaptation aux variations des conditions du milieu. Ainsi, de fortes variations saisonnières des proies consommées par ce lézard apparaissent au cours de la période d'étude (entre le printemps et l'été). Cela peut s'expliquer par une diminution dans leur activité pendant les mois chauds et d'un changement dans les disponibilités en proies. C'est probablement une réponse aux changements saisonniers des proies disponibles, en plus d'une diminution de leur activité pendant les mois chauds. Cette variation se traduit en été par une forte consommation des Hétéroptères, des Orthoptères et des Homoptères, qui sont les plus développés pendant cette période. Concernant les Homoptères et les Hétéroptères, ce sont des proies faciles à capturer, relativement molles, et qui ne deviennent réellement abondantes qu'en été (Mou 1987). La température est considérée ainsi comme un facteur abiotique décisif dans l'activité des lézards et des insectes, et cela au niveau physiologique et comportemental (Tracy & Christian 1986).

L'analyse des variations saisonnières montre également une différence importante dans les stratégies alimentaires. Ce lézard présente un régime alimentaire spécialiste au printemps, concentré essentiellement sur les Coléoptères et les Hyménoptères. Et cela malgré de fortes disponibilités trophiques qui caractérisent les écosystèmes méditerranéens durant cette période (Perera *et al.* 2006). Certains prédateurs ont tendance à se spécialiser, lorsque les ressources trophiques deviennent plus abondantes dans l'environnement, en recherchant des proies particulièrement communes ou profitables (Mou 1987, Amat *et al.* 2008). En été, il tente de garder un régime sélectif, en recherchant les Coléoptères, qui restent la proie la plus consommée, mais il répond aussi aux changements qui affectent les peuplements d'invertébrés en consommant secondairement les Hétéroptères, Orthoptères et Homoptères. D'ailleurs, chez plusieurs espèces de lacertidae, les Coléoptères sont sélectionnés malgré les variations saisonnières des disponibilités alimentaires (Mou 1987, Vincente *et al.* 1995, Maragou *et al.* 1996). Ceci dit, comme réponse à ces variations temporelles, surtout dans les ressources trophiques, d'autres stratégies alimentaires ont été observées chez d'autres populations de *Ps. algirus*. C'est le cas par exemple en Huelva (Espagne), où cette espèce montre un régime éclectique qui coïncide avec les changements des disponibilités trophiques (Pérez-Quintero & Rubio-García 1997). [Suite page 41]

**Tableau II** : Données bibliographiques sur le régime alimentaire de *Psammodromus algirus* (Abondance relative > 5 %).

Table II: Bibliographical data on the diet of *Psammodromus algirus* (Relative abundance > 5%).

(1) Pérez-Mellado (1982), (2) Pollo & Pérez-Mellado (1988), (3) Díaz & Carrascal (1990), (4) Ortega-Rubio (1991), (5) Pérez-Quintero & Rubio-García (1997), (6) Valverde (1967), (7) Mellado *et al.* (1975), (8) Carretero & Llorente (1993), (9) Seva (1984), (10) Arab & Doumandji (2003), (11) Rouag *et al.* (2007), (12) Di Palma (1984).

	Salamanca		Madrid		Huelva	Almería	S <sup>a</sup> Morena	Tarragona	Alicante	Alger	El Kala	Canal de Sicile
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
<b>Isopoda</b>	-	-	-	-	-	-	-	5,4	-	-	-	-
<b>Arachnida</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,2	-	-
<b>Araneae</b>	11,6	7,1	20,4	8,0	12,4	-	7,1	10,3	-	-	13,6	10,05
<b>Diplopoda</b>	-	-	6,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Colembola</b>	-	16,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Orthoptera</b>	12,8	-	16,8	6,0	-	7,1	8,5	-	25,3	-	12,5	-
<b>Heteroptera</b>	-	10,0	-	-	10,5	-	-	9,6	-	-	-	-
<b>Homoptera</b>	12,9	24,8	19,8	-	9,0	-	-	17,2	24,2	11,2	-	8,66
<b>Diptera</b>	8,2	-	-	14,0	10,0	10,0	-	27,0	-	5,9	28,4	-
<b>Coleoptera</b>	17,0	10,2	-	16,0	20,2	52,1	38,0	13,4	32,9	8,6	23,9	16,20
<b>Hymenoptera</b> (hors Formicidae)	-	-	6,0	6,0	5,5	-	10,1	-	-	10,2	-	-
<b>Formicidae</b>	9,6	-	17,4	-	7,9	14,8	12,6	-	-	-	12,5	20,39
<b>Embioptera</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,1	-	-
<b>Larves d'insectes</b>	13,3	11,4	5,0	38	-	-	12,7	-	-	-	-	-
<b>Végétaux</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,25

Aussi, pour compenser le manque en eau en été, des études ont révélé une forte consommation des Homoptères et des Hétéroptères dans la province de Salamanca en Espagne (Pollo & Pérez-Mellado 1988), ou encore des larves d'insectes dans la région de Madrid (Ortega-Rubio 1991).

Par ailleurs, la consommation plus élevée de proies terrestres, comme les Coléoptères, Hyménoptères, Homoptères, Hétéroptères, Araignées et Orthoptères par ce lézard peut suggérer une stratégie de chasse active.

Malgré une nette déviation dans son régime alimentaire, la comparaison du nombre moyen d'items par fèces indique que la différence entre les deux saisons n'est pas significative. Ce qui nous permet de conclure que malgré un changement dans les disponibilités en proies, ce milieu ne présente pas de restrictions alimentaires.

Nos résultats montrent une faible consommation des fourmis et leur rôle est seulement complémentaire. Il semble que la myrmécophilie soit associée aux environnements pauvres en ressources trophiques (Maragou *et al.* 1996, Carretero 2004), comme dans les milieux arides et désertiques (Znari & El Mouden 1997, Znari *et al.* 2000), ou encore chez les populations insulaires où ceci a été interprété comme résultat d'une évolution à long terme (Pérez-Mellado & Corti 1993, Carretero 2004). C'est le cas de la population insulaire du canal de Sicile où le régime alimentaire de *Ps. algirus* est composé de 20 % de fourmis (Di Palma 1984) et aussi dans la région aride d'El Kala en Algérie, où elles représentent 12 % du spectre alimentaire de ce lézard (Rouag *et al.* 2007).

La consommation des végétaux est négligeable ; ceci peut s'expliquer par une importante disponibilité de proies invertébrées dans notre zone d'étude. Du point de vue physiologique, la matière végétale fournit moins d'énergie que les proies animales et elle est surtout difficile à assimiler (Cooper & Vitt 2002, Bombi *et al.* 2005). L'herbivorie est tout à fait significative dans le régime alimentaire des lacertidea méditerranéens qui sont distribués dans les îles ou des secteurs isolés, caractérisés par de basses disponibilités de nourriture au moins pendant une saison particulière de l'année (Ouboter 1981, Pérez-Mellado & Corti 1993, Van Damme 1999).

**Remerciements** – Nous remercions Jean-Marc Thirion et Claude-Pierre Guillaume pour les corrections apportées à la première version de ce manuscrit. Cette étude a été réalisée avec l'aval de la direction du Parc national du Djurdjura. À cet effet, nous tenons à remercier les agents du secteur de Tala Guilef, surtout Moussa et Mohand qui nous ont beaucoup assistés sur le terrain. Nous tenons aussi à remercier vivement le Professeur Doumandji Salah Eddine pour son aide dans la détermination de certains spécimens d'Orthoptères.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adamopoulou C., Valakos E.D. & Pafilis P. 1998 – Summer diet of *Podarcis milensis*, *P. gageae* and *P. erhardii* (Sauria: Lacertidae). *Bonn. Zool. Beit.*, 48: 275–282.
- Amat F., Pérez-Mellado V., Hernández-Estévez J.Á. & Díez T.G. 2008 – Dietary strategy of a Pyrenean lizard, *Iberolacerta aurelioi*, living in a poor resources alpine environment. *Amphibia-Reptilia*, 29: 329–336.
- Angelici F.M., Luiselli L. & Rugiero L. 1997 – Food habits of the green lizard, *Lacerta bilineata*, in central Italy and a reliability test of faecal pellet analysis. *Ital. J. Zool.*, 64: 267-272.



- Arab K. & Doumandji S.E. 2003 – Étude du régime alimentaire de la Tarente de Mauritanie *Tarentola mauritanica* (Linné. 1758) (Gekkonidae) et le [sic !] Psammodrome algire *Psammodromus algirus* (Linné. 1758) (Lacertidae) dans un milieu sub-urbain près d'Alger. *Bull. Soc. Herp. Fr.*, 106: 10–16.
- Arnold E.N. 1987 – Resource partition among lacertid lizards in southern Europe. *J. Zool. Lond.*, 1: 739–782.
- Bigot L. & Bodot P. 1973 – Contribution à l'étude biocénotique de la garrigue à *Quercus coccifera* – Composition biotique du peuplement des invertébrés. *Vie Milieu*, 23: 229–249.
- Carranza S., Harris D.J., Arnold E.N., Batista V. & Gonzalez de la Vega J.P. 2006 – Phylogeography of the lacertid lizard, *Psammodromus algirus*, in Iberia and across the Strait of Gibraltar. *J. Biogeogr.*, 33: 1279–1288.
- Carretero M.A. 2004 – From set menu to a la carte. Linking issues in trophic ecology of Mediterranean lacertids. *Ital. J. Zool.*, 71: 121–133.
- Carretero M.A. 2008 – An integrated Assessment of a group with complex systematics: the Iberomaghrebian lizard genus *Podarcis* (Squamata, Lacertidae). *Integr. Zool.*, 3: 247–266.
- Carretero M.A., Llorente G.A. 1993 – Feeding of two sympatric lacertids in a sandy coastal area (Ebro Delta, Spain). Pp. 155–172 in : Böhme W, Pérez-Mellado V, Valakos E & Maragou P. (éds.). *Lacertids of the Mediterranean Region. A Biological Approach*. Hellenic Zoological Society, Athens, Greece. 281 p.
- Carretero M.A., Perera A., Harris D.J., Batista V. & Pinho C. 2006 – Spring diet and trophic partitioning in an alpine lizard community from Morocco. *Afr. Zool.*, 41: 113–122.
- Carretero M.A., Cascio P.L., Corti C. & Pasta S. 2010 – Sharing resources in a tiny Mediterranean island? Comparative diets of *Chalcides ocellatus* and *Podarcis filfolensis* in Lampione. *Bonn Zool. Bull.*, 57: 111–118.
- Carretero M.A., Roca V., Larbes S., Ferrero A. & Jorge F. 2011 – Intestinal Helminth Parasites of Wall Lizards, *Podarcis vaucheri* Complex (Sauria: Lacertidae) from Algeria. *J. Herpetol.*, 45: 385–388.
- Castilla A.M., Bauwens D. & Llorente G.A., 1991 – Diet Composition of the Lizard *Lacerta lepida* in Central Spain. *J. Herpetol.* 25: 30–36.
- Cooper W.E. & Vitt L.J. 2002 – Distribution, extent, and evolution of plant consumption by lizards. *J. Zool.* 257: 487–517.
- Díaz J. A. & Carrascal L. M. 1990 – Prey size and food selection of *Psammodromus algirus* (Lacertidae) in central Spain. *J. Herpetol.*, 24: 342–347.
- Di Palma M.G.D. 1984 – Régime alimentaire de *Psammodromus algirus* (Reptilia, lacertidae) dans une population insulaire du canal de Sicile. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 39: 225–230.
- Dunham A.E. 1980 – An experimental study of interspecific competition between the iguanid lizards *Sceloporus merriami* and *Urosaurus ornatus*. *Ecol. Monogr.*, 50: 309–330.
- Fonseca M.M., Brito J.C., Rebelo H., Kalboussi M., Larbes S., Carretero M.A. & Harris D.J. 2008 – Genetic variation among spiny-footed lizards in the *Acanthodactylus pardalis* group from North Africa. *Afr. Zool.*, 43: 8–15.
- Fonseca M.M., Brito J.C., Paulo O.S., Carretero M.A. & Harris D.J. 2009 – Systematic and phylogeographical assessment of the *Acanthodactylus erythrurus* group (Reptilia:

- Lacertidae) based on phylogenetic analyses of mitochondrial and nuclear DNA. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 51: 131–142.
- Hamdine W.H., Thévenot M., Sellami M. & De Smet K. 1993 – Régime alimentaire de la Genette *Genetta genetta* (Linné, 1758) dans le Parc national du Djurdjura, Algérie. *Mammalia*, 57: 9–18.
- Herrel A., Spithoven R., Van Damme R. & De Vree F. 1999 – Sexual dimorphism of head size in *Gallotia galloti*: testing the niche divergence hypothesis by functional analyses. *Funct. Ecol.*, 13: 289–297.
- Herrel A., Van Damme R., Vanhooydonck B. & Vree F.D. 2001 – The implications of bite performance for diet in two species of lacertid lizards. *Can. J. Zool.* 79: 662–670.
- Hódar J.A., Campos F. & Rosales B.A. 1996 – Trophic ecology of the Ocellated Lizard *Lacerta lepida* in an arid zone of southern Spain: relationships with availability and daily activity of prey. *J. Arid Environ.*, 33: 95–107.
- Kaliontzopoulou A., Brito J.C., Carretero M.A., Larbes S. & Harris D.J. 2008 – Modelling the partially unknown distribution of wall lizards *Podarcis* in North Africa: ecological affinities, potential areas of occurrence and methodological constraints. *Can. J. Zool.*, 86: 992–1101.
- Kaliontzopoulou A., Pinho C., Harris D.J. & Carretero M.A. 2011 – When cryptic diversity blurs the picture: a cautionary tale from Iberian and North African *Podarcis* wall lizards. *Biol. J. Linn. Soc.*, 103: 779–800.
- Kaliontzopoulou A., Carretero M.A. & Llorente G.A. 2012 – Morphology of the *Podarcis* wall lizards (Squamata: Lacertidae) from the Iberian Peninsula and North Africa: patterns of variation in a putative cryptic species complex: Morphology of Iberian *Podarcis*. *Zool. J. Linn. Soc.*, 164: 173–193.
- Krebs C. 1999 – *Ecological Methodology*, 2<sup>nd</sup> ed. Addison Welsey educational Publishers Inc. under the Benjamin/Cummings imprint, Menlo Park (California). 620 p.
- Larbes S., Carretero M.A. & Brito, J.C. 2007 – Contribution à l'étude de la variabilité phénotypique du lézard des murailles *Podarcis sp.* dans deux régions d'Algérie du nord (Kabylie et Belezma). P. 91 in Slimani T. (éd.) : *Abstract Book. Presented at the First Mediterranean Herpetological Congress, Marrakech (Morocco) – 16-20 April 2007.*
- Lima A., Pinho C., Larbes S., Carretero M.A., Brito J.C. & Harris D.J. 2009 – Relationships of *Podarcis* wall lizards from Algeria based on mtDNA data. *Amphibia-Reptilia*, 30: 483–492.
- Lo Cascio P.L. & Capula M. 2011 – Does diet in lacertid lizards reflect prey availability? Evidence for selective predation in the Aeolian wall lizard, *Podarcis raffonei* (Mertens, 1952) (Reptilia, Lacertidae). *Biodivers. J.*, 2: 89–96.
- Luiselli L. 2008 – Do lizard communities partition the trophic niche? A worldwide meta-analysis using null models. *Oikos*, 117: 321–330.
- Maragou P., Valakos E.D., Giannopoulos Z., Staupoulou A. & Chondropoulos B.P. 1996 – Feeding ecology of *Podarcis pelaponesiaca* (Sauria: Lacertidae) in spring. *Herpetozoa*, 9: 105–110.
- Mellado J., Amores F., Parreño F. & Hiraldo F. 1975 – The structure of a Mediterranean lizard community. *Doñana, Acta Vertebr.*, 2: 145–160.

- Mou Y. 1987 – Écologie trophique d'une population de lézards des murailles *Podarcis muralis* dans l'ouest de la France. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 42: 81–100.
- Ortega-Rubio A. 1991 – Trophic partitioning and community organization in a guild of lizards in La Sierra de Guadarrama, Spain. *Ekologia*, 10: 19-29.
- Ouboter P.E. 1981 – The ecology of the island-lizard *Podarcis sicula salfii*. *Amphibia-Reptilia*, 2: 243–257.
- Perera A., Pérez-Mellado V., Carretero, M.A. & Harris D.J. 2006 – Variation between populations in the diet of the Mediterranean lizard *Lacerta perspicillata*. *Herpetol. J.*, 16: 107–113.
- Pérez-Mellado V. & Corti C. 1993 – Dietary adaptations and herbivory in lacertid lizards of the genus *Podarcis* from western Mediterranean islands (Reptilia: Sauria). *Bonn. Zool. Beit.*, 44: 193–220.
- Pérez-Mellado V. 1982 – Estructura en una taxocenosis de Lacertidae (Sauria, Reptilia) del Sistema Central. *Mediterránea*, 6: 39-64.
- Pérez-Mellado V., Pérez-Cembranos A., Garrido M., Luiselli L. & Corti C. 2011 – Using faecal samples in lizard dietary studies. *Amphibia-Reptilia*, 32: 1–7.
- Pérez-Quintero J. C. & Rubio-García J. C. 1997 – Alimentación de la lagartija colilarga, *Psammodromus algirus* (L) (Sauria, Lacertidae), en el litoral de Huelva (So España). *Doñana, Acta Vert.*, 24: 3-26.
- Pollo C.J. & Pérez-Mellado V. 1988 – Trophic ecology of a taxocenosis of mediterranean Lacertidae. *Ecol. Mediterr.*, 14: 131–147.
- Rouag R., Berrahma I. & Luiselli L., 2006 – Food habits and daily activity patterns of the North African ocellated lizard *Timon pater* from northeastern Algeria. *J. Nat. Hist.*, 40: 1369-1379.
- Rouag R., Djilali H., Gueraiche H. & Luiselli L. 2007 – Resource partitioning patterns between two sympatric lizard species from Algeria. *J. Arid. Environ.*, 69: 158–168.
- Sagonas K., Pafilis P., Lymberakis P. & Valakos E.D. 2015 – Trends and patterns in the feeding ecology of the widespread Balkan green lizard *Lacerta trilineata* (Squamata: Lacertidae) in insular and continental Greece. *North-West. J. Zool.*, 11: 117–126.
- Seva E. 1984 – Reparto de recursos en dos especies psammófilas de saurios: *Acanthodactylus erythrurus* y *Psammodromus algirus*. Arenal costero de Alicante. *Mediterránea*, 7: 5-25.
- Schoener T.W. 1968 - The Anolis Lizards of Bimini: Resource Partitioning in a Complex Fauna. *Ecology*, 49: 704–726.
- Schoener T.W. 1974 – Resource partitioning in ecological communities. *Science*, 185: 27-39.
- Sneath P.H.A. & Sokal R.R. 1973 – *Numerical Taxonomy*, Freeman and Company éd., San Francisco. 573 p.
- Tatin L., Chapelin-Viscardi J.-D., Renet J., Becker E. & Ponel P. 2013 – Patron et variations du régime alimentaire du lézard ocellé *Timon lepidus* en milieu steppique méditerranéen semi-aride (plaine de Crau, France). *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 68: 47–58.
- Thirion J.-M., Grillet P. & Cheylan M. 2009 – Composition et variation saisonnière du régime alimentaire du lézard ocellé *Timon lepidus* sur l'île d'Oléron (France) à partir des fèces. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 64: 239–250.

Tracy C.R. & Christian, K.A. 1986 – Ecological relations among space, time, and thermal niche axes. *Ecology*, 67: 609–615.

Valverde J. A. 1967 – *Estructura de una comunidad mediterránea de vertebrados terrestres*. Monografías de Ciencias Moderna, 76. CSIC, Madrid.

Van Damme R. 1999 – Evolution of Herbivory in Lacertid Lizards: Effects of Insularity and Body Size. *J. Herpetol.*, 33: 663–674.

Verdú-Ricoy J., Carranza S., Salvador A., Busack S.D. & Díaz J.A. 2010 – Phylogeography of *Psammodromus algirus* (Lacertidae) revisited: systematic implications. *Amphibia-Reptilia*, 31: 576–582.

Vincente L.A., Araujo P.R. & Barbault R. 1995 – Écologie trophique de *Podarcis bocagei berlengensis* et de *Lacerta lepida* (Sauria, Lacertidae) sur l'île de Berlenga (Portugal). *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 50: 317–351.

Zaïme, A. & Gautier J.-Y. 1989 – Comparaison des régimes alimentaires de trois espèces sympatriques de Gerbillidae en milieu saharien, au Maroc. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 44: 153-163.

*Manuscrit accepté le 24 avril 2016*



*Psammodromus algirus algirus*, femelle adulte. Maroc mai 2012, 14 km avant. Ifrane en venant de la Dayet Ifrah. Photo : Ph. Geniez (EPHE-BEV, CEFÉ).

*Psammodromus algirus algirus*, adult female. Maroc May 2012, 14 km before Ifrane coming from the Ifrah Dayet. Picture: Ph. Geniez (EPHE-BEV, CEFÉ).



*Psammodromus algirus ketamensis*, mâle adulte. Maroc mai 2012, Rif, 7 km après Ketama en direction de Bab-Berret.  
Photo : Ph. Geniez (EPHE-BEV, CEFE)

*Psammodromus algirus ketamensis*, adult male. Maroc May 2012, Rif, 7 km past Ketama towards Bab-Berret.  
Picture: Ph. Geniez (EPHE-BEV, CEFE)

## Inventaire des petits vertébrés terrestres de quelques localités du Nord Algérien

### *Small terrestrial vertebrates inventory of some North Algerian localities*

**Lylia AMROUCHE-LARABI<sup>1</sup>, Christiane DENYS<sup>2</sup>, Mohamed BOUKHEMZA<sup>1</sup>, Messaoud BENSIDHOUM<sup>3</sup>, Adel HAMANI<sup>4</sup>, Violaine NICOLAS<sup>2</sup>, Larbi KHIFER<sup>3</sup> et Rabah MAMOU<sup>3</sup>**

1. Département des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, B.P. 17 R.P., Tizi Ouzou, DZ-15 000, Algérie (lilyagro2003@yahoo.fr) ; (lamrouch@edu.mnhn.fr) ; (ciconia13@yahoo.fr)

2. UMR CNRS 7205, Département Systématique et Evolution, Muséum National d'Histoire Naturelle, CP 51, 55 rue Buffon, 75005 Paris, France (denys@mnhn.fr) ; (vnicolas@mnhn.fr)

3. Département de Biologie, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, B.P. 17 R.P., Tizi Ouzou, DZ-15 000, Algérie (mbensidhoum@hotmail.fr) ; (mamou.rabah@yahoo.fr)

4. Laboratoire d'Ornithologie, Département de Zoologie, ENSA El Harrach, Alger, Algérie (hamaniadel@yahoo.fr)

**Résumé :** Plusieurs missions de terrain ont été effectuées en Kabylie et dans quelques régions du centre de l'Algérie, de juin 2007 à septembre 2008, et de mars 2012 à mai 2014, afin de mieux caractériser la biodiversité des musaraignes, rongeurs, amphibiens et squamates. Au total, 488 spécimens appartenant à 35 espèces ont, ainsi, été collectés dans les localités de Cap Djinet, Tiggirt, Boukhalfa, Ouadias, El Misser, Darna et Tala Guilef. Ceux-ci se répartissent en 328 micromammifères (11 espèces), 53 amphibiens (6 espèces), 106 squamates (17 espèces) et un chélonien. Les rendements de capture sont très variables (de 0,1 à 13,34 %). Pour certains taxons, des analyses génétiques et morphométriques en cours, nous permettront de mieux connaître l'histoire évolutive de ces petits vertébrés à l'échelle des populations et des communautés.

**Mots clés :** Micromammifères, Amphibiens, Squamates, Biodiversité, Kabylie, Algérie.

**Abstract :** We present the results of several field campaigns, realized from June 2007 to September 2008, and from March 2012 to May 2014 in different Algerian localities (Cap Djinet, Tiggirt, Boukhalfa, Ouadias, El Misser, Darna and Talaguilef). During this field work we have collected 488 specimens belonging to 35 species: 328 small mammals (11 species), 53 amphibians (6 species), 106 squamates (17 species) and one chelonian. The trapping success was highly variable (0.1 to 13.34 %). Genetic and morphometric analyses in progress will improve our knowledge of the evolutionary history of these small vertebrates at population and community scales.

**Keywords:** Small Mammals, Amphibians, Squamates, Biodiversity, Algeria.

#### **Abridged English version**

Small vertebrates biodiversity in Algeria has been poorly studied from genetic and morphological aspects and many gaps in the knowledge of their habitats and ecology persist. In order to better understand some aspects of microvertebrate communities in the North of Algeria we have performed between June 2007 and May 2014 fieldwork in various types of habitats from the coast to high plateaus of Kabylie according to an altitudinal gradient. Nine localities have been sampled among which: 6 localities in Kabylie from 0 m to 1390 m above sea level (Tiggirt, Boukhalfa, Ouadia, el Misser, Darna and Tala Guilef), 1 locality on the coast in Bourmerdes region (Cap Djinet) and two localities in Alger coast (Zeralda and Réghaia) (fig.1, tab.1). For each station, vegetation and rainfall were documented. For each locality we used 30 Sherman traps and 20 pitfall buckets in lines. The Sherman trap lines were set for 6 nights in Boukhalfa and 12 nights per trapping session in the other localities. The pitfall traps were also set for 12 nights during each trapping session. We aimed to sample with this methodology most of the habitats and microhabitats on each site for a better understanding of the community structure. Animals were sacrificed and autopsied. External standard body parameters were taken and identifications were done in the field. For some species, like those of the genus

*Crocidura*, we performed some cytb DNA studies in order to refine their identification (Nicolas et al. 2013). Amphibians and reptiles were collected by hand or in the pitfall traps.

A total of 15396 trap nights (11880 for Sherman traps and 3516 for pitfalls) allowed us to collect 488 specimens. Trapping success varied between 0,1 % to 27 % per locality. We collected 35 species of microvertebrates among which 7 rodents, 1 erinaceomorpha, 3 soricomorpha, 6 amphibians, 1 chelonia, 10 sauria, 7 ophidia) (Tab. 2, 3, 4, fig.2). Looking at each locality, we found from 1 to 9 micromammal species, among which *Mus* is the most abundant at Cap Djinet, and *Apodemus sylvaticus* dominates at El Misser and Darna. *Crocidura pachyura* is the most abundant taxon at Boukhalfa and Zeralda, while the other localities such as Tiggirt, Ouadhia and Tala Guilef yielded few specimens. Most of the herpetofauna was collected by hand, but the diversity varies from 1 to 3 species of Amphibians, among which *Bufo bufo* and *Amietophrynus mauritanicus* are the most frequent ones. One Urodela, *Salamandra algira*, was collected at El Misser and Darna. The single chelonian, *Mauremys leprosa*, was collected by hand at Réghaia. Squamates were present in all sites and *Psammotromus algirus* was most frequently collected at El Misser and Darna, followed by *Podarcis vaucheri*.

We obtained for micromammals the best trapping success in spring, which seems to correspond to the period of highest density. Both *Apodemus sylvaticus* and *Mus spretus* are present in most sites of Kabylie, which confirmed previous works in this area by Khidas (1993) and Khammes el Homs (2008), as well as in northern Morocco (Stoetzel *et al.* 2010). *Crocidura pachyura* is found at all altitudes and environments from the coastal region where they are abundant (Cap Djinet, Zeralda, Reghaia) to 1390 m (Darna and Tala Guilef). *Lemniscomys barbarus* was found only in the Boumlih farm (Cap Djinet) and more specifically in the border of citrus fruit orchard at Boukhalfa, which confirms previous works by Aulagnier *et al.* (2008), Khidas (1993) and Stoetzel *et al.* (2010). The commensal *Mus musculus*, *Rattus rattus* and *R. norvegicus* are abundant in anthropogenic zones of the coastal region. We found evidences of the presence of *Hystrix cristata* (faeces, quills, soil digging, claw traces) at Darna and one specimen was killed by hunters at El Misser. It is becoming increasingly rare in North Africa. In Morocco, *Hystrix* populations are declining and the species is clearly threatened (Cuzin 2003, Aulagnier *et al.* this volume). We did not collect several species that are however known in the study region. It is notably the case of *Eliomys munbyanus*, which was observed in Darna forest by Bensidhoum (2010), but we found some skeletal elements belonging to this species in genetia faeces from this forest. We did not collect in traps or pellets any *Gerbillus campestris*, which was however observed by Khidas (1993). This species can be very abundant in some places of Algeria or Morocco, especially in sandy soils with bush as well as in bean, potatoes, peanut fields (Stoetzel *et*

*al.* 2010, 2012, Denys this volume). This species is subjected to population fluctuations through years which make its trapping unpredictable (Benazzou oral comm.). Because our trapping sessions were not performed in the same seasons nor with the same trapping effort and protocols, we cannot really compare the differences in diversity resulting from altitude, pluviometry and vegetation communities. However, some localities were sampled regularly and yielded low trapping success percentages. At Cap Djinet and Boukhalfa, collections were performed in a pilot farm where intensive pesticides use is done, which may explain the very low percentages of captures. Among the other vertebrates collected, we found at El Misser and Darna three specimens of *Salamandra algira* which is classified as Vulnerable by IUCN. Its populations, especially in Algeria, are fragmented and it occurs only in forest in the Middle Atlas until 2500m. Here it was found in two sites at 667m and at 1319 m. Among the threats that this species encounters are deforestation, overgrazing, irrigation and pet trade. Similarly, *Vipera latastei* is considered and vulnerable due to its rarity and fragmented distribution. It was found only at El Misser and Darna.

In conclusion, we highlight the importance of small vertebrate diversity in Northeastern Algeria outside conservation areas, and the low degree of knowledge concerning their ecology, distribution as well as taxonomic status and biology. They may suffer from the increase of human activities in the future and some priorities of conservation will have to be proposed.

## INTRODUCTION

Les petits vertébrés (rongeurs, soricomorphes, amphibiens, squamates) représentent la grande majorité de la biodiversité des vertébrés des milieux terrestres. Les travaux sur la biodiversité de ce groupe restent peu nombreux en Algérie. Concernant l'herpétologie, les premières investigations ont commencé vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, au travers des premières notes de Gervais (1835, 1836) où il donna une liste de 27 reptiles de la région d'Alger et de Bône (Annaba). En 1891, Boulenger publia son catalogue sur les reptiles et les amphibiens de la Kabylie (qu'il appelait Barbarie). Ensuite, paraissait l'excellent travail de Doumergue (1901) sur les reptiles de l'oranaï, qui reste une référence en la matière pour beaucoup d'espèces, et dans lequel figurent plusieurs notes sur l'ensemble de l'Algérie. Plusieurs travaux ont concerné essentiellement l'herpétofaune saharienne (Gauthier 1967, Grenot et Vernet 1972, 1973). Soulignons que Schleich *et al.* (1996) ont publié un important ouvrage sur l'herpétofaune de l'Afrique du Nord intitulé « Amphibians and Reptiles of North Africa ». Les travaux les plus récents sur l'herpétofaune sont l'inventaire et l'écologie des reptiles du Parc national d'El Kala (Algérie) de Rouag et Benyacoub (2006) et l'inventaire de l'herpétofaune du sud de la Kabylie (Bouira et Bordj Bou Arreridj Algérie) de Mamou *et al.* (2014). Miaud *et al.* (1991) on fait la révision des Urodèles du genre *Triturus*, tandis que celle du genre *Discoglossus* était menée par Lanza *et al.* (1986). En comparaison avec les autres pays

d'Afrique du Nord (par exemple : Bons et Geniez 1996 pour le Maroc), la faune herpétologique d'Algérie demeure mal connue. Les études restent insuffisantes et certaines espèces posent encore des problèmes de systématique et d'identification.

Concernant les mammifères, Wagner, Loche et Lataste ont marqué la zoologie algérienne par leurs études pionnières. En 1846, Loche publie un catalogue, révisé par Lhote (1858), où il liste 81 espèces de mammifères. Ensuite, Lataste décrit plusieurs espèces nouvelles pour la faune mammalogique nord-africaine (Lataste 1880, 1881a, b, c, 1882, 1883a,b, 1885). Il signale pour la première fois, en 1892, la présence de l'écureuil de Barbarie *Atlantoxerus getulus* à Moghrar-Tahtania, au nord de Béchar, et surtout, il décrit plusieurs espèces nouvelles de rongeurs: *Ctenodactylus gundi*, *Pachyuromys duprasi* et *Mus spretus*. La dernière synthèse en date pour les mammifères algériens remonte à l'ouvrage de Kowalski et Rzebik-Kowalska (1991) où ces auteurs décrivent 107 espèces valides. Plusieurs nouvelles espèces ont été rajoutées ou réhabilitées depuis, grâce aux analyses génétiques. Ainsi, Gaubert *et al.* (2012) et Nicolas *et al.* (2014a, b) montrent l'existence d'espèces non encore signalées en Algérie comme *Canis lupus lupaster*, *Crocidura pachyura* et *Gerbillus latastei*. Pour les pays voisins, il faut citer des ouvrages de synthèse faisant le point et actualisant les connaissances sur les identifications, la systématique et la répartition des espèces de Bernard (1969) et Gharaibeh (1997) pour la Tunisie ;

Hufnagl (1972) pour la Libye ; Panouse (1951, 1957), Petter et Saint-Girons (1965), Aulagnier et Thévenot (1986) et Aulagnier (1992) pour le Maroc et le Sahara Occidental, De Smet (1989) et Le Berre (1990) pour la faune du Sahara, ainsi que Aulagnier *et al.* (2008) pour les mammifères d'Afrique du Nord en général.

Très peu d'informations sont disponibles sur l'écologie des espèces algériennes, mais il faut signaler les travaux pionniers de Petter (1952, 1953, 1955, 1961) sur les rongeurs des milieux désertiques. Notons, toutefois, parmi les travaux plus récents ceux de Khidas (1993) sur la distribution et les normes de sélection de l'habitat chez les mammifères terrestres de la Kabylie du Djurdjura, de Khammes El Homsy (2008) sur la fragmentation de populations de rongeurs Muridés en Méditerranée occidentale et de Brahmi (2011) en zone montagneuse de Bouzégouène et du nord-est du Sahara. Enfin, les seuls travaux ayant tenté de caractériser la diversité morphologique et/ou génétique des petits vertébrés d'Algérie sont ceux de Khammes *et al.* (2006), Khammes et Aulagnier (2010) sur les souris du genre *Mus* dans le Djurdjura, de Khidas *et al.* (1999, 2002) sur les mulots, et de Nicolas *et al.* (2014a) sur *Gerbillus latastei*. Les musaraignes du genre *Crocidura* ont été révisées plusieurs fois par Vesmanis (1975, 1980, 1981) ou Rzebiak-Kowalska (1988) tandis que des analyses génétiques et moléculaires ont montré la présence de *Crocidura pachyura* en Algérie (Nicolas *et al.* 2014b).

Selon les travaux récents, la faune algérienne est constituée de 110 espèces de mammifères, 13 espèces d'amphibiens et 29 espèces de squamates. Malheureusement, cette diversité biologique est perturbée et

menacée par les actions anthropiques, comme l'expansion démographique et l'urbanisation croissante, la déstabilisation du littoral par les prélèvements accrus de sable pour la construction, les défrichements, l'industrialisation et la fréquence des feux de forêt. Cette fragmentation et/ou destruction des habitats aboutit à l'isolement et/ou la disparition de populations animales. Les connaissances sur la distribution et l'écologie des petits vertébrés d'Algérie ne permettent pas d'évaluer l'impact exact de l'anthropisation, les observations restant très ponctuelles, faute d'inventaires de terrain. De plus, les récents développements de la génétique montrent que certaines identifications anciennes, fondées sur la morphologie externe des spécimens, restent douteuses.

Afin de contribuer à une meilleure connaissance de la biodiversité des petits vertébrés terrestres du nord de l'Algérie, nous avons effectué entre juin 2007 et mai 2014, un travail d'inventaire dans différents habitats distribués du littoral à la Grande Kabylie selon un gradient altitudinal. Le but de ce travail est de proposer une liste commentée et actualisée des communautés de petits vertébrés des différents milieux échantillonnés.

## MATERIEL ET METHODES

### Description des sites d'étude

Neuf localités ont été prospectées : six stations dans la grande Kabylie à différentes altitudes du niveau de la mer jusqu'à 1390 m (Tigzirt, Boukhalfa, Ouadia, el Misser, Darna et Tala Guilef), une station sur le littoral de la région de Bourmerdes (Cap Djinet) et deux stations dans le littoral algérois (Zeralda et Réghaia) (fig.1, tab.1).

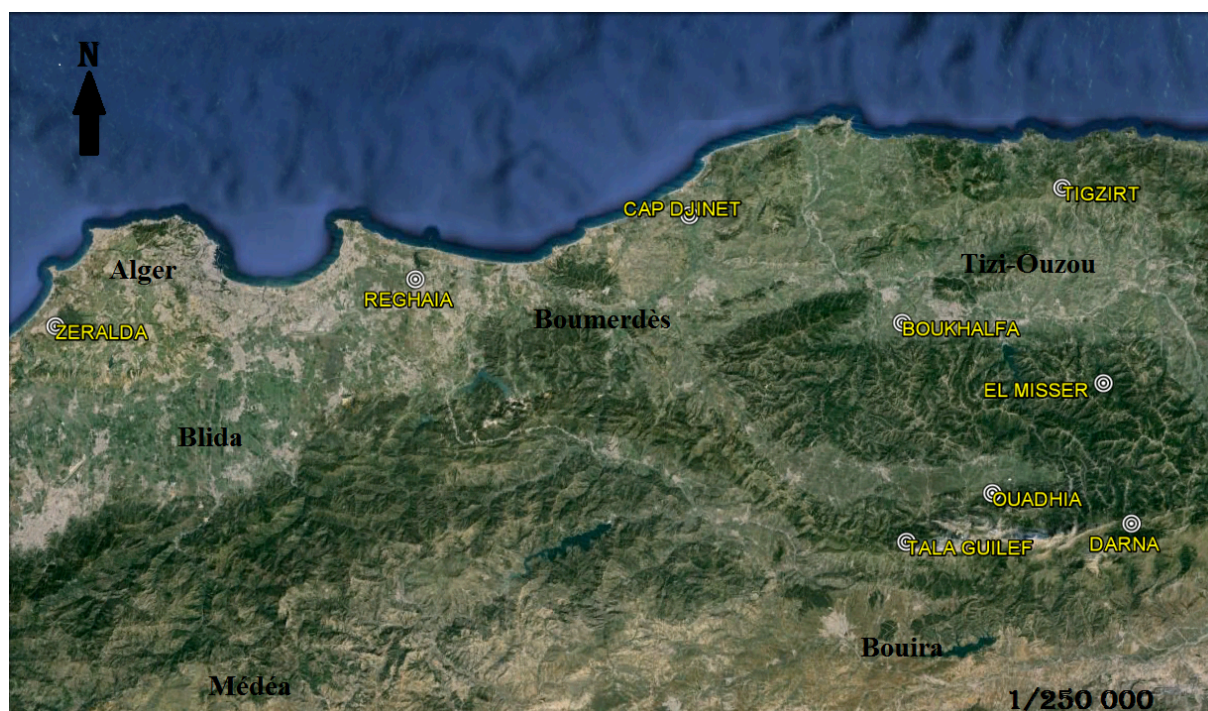


Figure 1. Carte des localités de capture de petits vertébrés en Algérie d'après Googlearth. .

Figure 1 : Map of the small vertebrates localities in North Algeria (after Googlearth)



Dans la **localité d'El Misser** (pluviométrie 1060 mm/an), deux habitats ont été prospectés en juin 2007 et septembre 2008 : une forêt de chêne vert (*Quercus ilex*), et le site de Lazib-Iamrouchene qui correspond à un milieu anthropisé (surpâturage et bois de chauffage) constitué d'un maquis entouré d'un verger d'oliviers (*Olea europea*). Le site de Lazib-Iamrouchene a été victime d'un incendie qui l'a ravagé fin septembre 2008. En 2012, la localité d'El Misser a été à nouveau ré-échantillonnée. Aucune capture de micromammifère n'a alors été réalisée dans le site qui avait subi l'incendie.

**La zone du Cap Djinet** (pluviométrie 883 mm/an) a été prospectée du 14 mars 2011 au 23 janvier 2012. Les lignes de pièges ont été disposées au niveau de la ferme pilote arboricole de Boumlih. Un champ de blé, des pépinières d'olives et jachères ont été prospectés.

**La localité de Tizirt** (pluviométrie 1016 mm/an) a été échantillonnée en mai 2014, c'est un maquis dégradé de chêne vert à cytise *Cytisus triflorus* (espèce forestière et indicatrice de régénération de la futaie), bruyère *Erica arborea*, pistachier *Pistacia lentiscus*, filaire *Phillyrea angustifolia* et daphné *Daphne gnidium*, qui sont des espèces pré-forestières, ainsi que le ciste de Montpellier *Cistus monspeliensis*, le calycotome *Calycotome spinosa*, le genêt *Genista tricuspidata*, la lavande *Lavandula stoechas*, une deuxième espèce de ciste *Cistus salvifolius*, et de jeunes plants d'essences forestières et d'oléastres.

**A Boukhalfa** (pluviométrie : 935 mm/an), les sessions de captures ont eu lieu du 20 avril 2012 au 15 septembre 2014. La physionomie de la végétation de ce milieu se compose d'une strate arborée, d'une strate arbustive et d'une strate herbacée. La strate arborée est constituée des espèces suivantes : *Eucalyptus camaldensis*, *Ceratonia silica*, *Cupressus sempervirens*, *Olea europea*, *Casuarina equisetifolia* et d'arbres fruitiers (agrumes). La strate arbustive est formée d'*Arundo donax* et *Pistacia lentiscus*. Les principales espèces herbacées sont : *Urticadioica*, *Dacus carota* et *Inula viscosa*. Des roseaux sont présents en bordure de la retenue collinaire pour l'irrigation agricole.

En avril 2014, la **région des Ouadias** (pluviométrie : 883 mm/an) a pu être échantillonnée. Le milieu correspond à une ripisylve dense à asperge *Asparagus officinalis*, aubépine *Crataegus monogyna*, *Ficus carica*, genêt *Calicotome spinosa*, grenadier *Punica granatum*, oléastre *Olea europea sylvestris*, olivier *Olea europea*, orme *Ulmus campestris* et ronce *Rubus ulmifolium*.

Le village de **Darna** (pluviométrie : 1227 mm/an) est situé sur le versant nord du mont Djurdjura. C'est un endroit avec de très anciennes occupations humaines. Les formations végétales naturelles ont été depuis fort longtemps profondément modifiées. Ses alentours ont pu être échantillonnés de juillet 2012 à janvier 2014. L'agriculture vivrière et l'élevage constituent les activités principales des populations humaines de la région. Le besoin important en bois de chauffage et de cuisson, le pacage et les cultures (notamment de figuiers, cerisiers et d'oliviers) entraînent une forte exploitation du milieu par les riverains. Cependant, de vastes zones ont bénéficié d'une protection effective, qui a permis de maintenir des milieux forestiers. La végétation se présente sous forme d'une mosaïque très complexe liée à

l'hétérogénéité topographique du milieu. Nous pouvons distinguer plusieurs unités paysagères : les forêts, les maquis, les broussailles, les oliveraies, les vergers et les ripisylves. La diversité des milieux qu'offre le site d'étude et sa position centrale dans le massif de Djurdjura en font un habitat de choix pour une faune riche et variée (Bensidhoum, 2010).

Situé sur le versant sud du mont Djurdjura, **Tala Guilef** (Mars 2014 et octobre 2014) (pluviométrie : 1060 mm/an) est caractérisé par un milieu rocailleux (calcaire) avec deux faciès : une forêt mixte dominée par le cèdre sans sous-bois, et l'autre côté rocailleux avec surtout des buissons de ronce (*Rubus ulmifolius*), *Rosa secula*, aubépine (*Crataegus monogyna*) et le prunier couché (*Prunus prostrata*) qui couvre les roches et les pierres. Notons, également, quelques pieds de cèdres, d'érables de Montpellier (*Acer monspessulanum*), ainsi que la présence d'un cours d'eau.

La réserve naturelle du lac de **Réghaia** (précipitations : 600 mm/an) a été échantillonnée en mai 2013. Le lac Réghaia, un des rares lacs d'eau douce d'Algérie, correspond à l'estuaire de l'oued Réghaia qui constitue l'unique vestige de l'ancienne Mitidja marécageuse. L'interaction de la mer et des eaux douces au niveau de la réserve naturelle du lac de Réghaia, se traduit par une grande diversité des milieux, utile pour sa propre régénération et pour les populations qui y vivent, avec des écosystèmes marécageux, lacustre, forestier et dunaire.

Le Centre Cynégétique de **Zéralda**, (pluviosité annuelle : 700 mm) a été échantillonné en mai 2013. Avant 1970, le Centre Cynégétique de Zéralda était un arboretum ou station d'essai des planteurs. Nous retrouvons, ainsi, aussi bien des espèces spontanées telles que *Pinus halepensis*, *Quercus suber*, que des espèces introduites telles que *Pinus canariensis*, *Pinus pinea*, *Pinus brucia*, *Gervillea robusta*, *Taxodium distichum*, *Cupressus sempervirens*, *Eucalyptus gunili*, *Fraxinus oxyphylla*, *Casuarina equisetifolia*, *Acacia cyanophylla* et *Celtis australis*.

#### Méthodes de capture et d'étude

Nous avons utilisé deux types de pièges : les pièges Sherman et les pots enterrés (pitfalls). Les pièges Sherman ont été appâtés avec de la farine, de l'huile d'olive, des sardines et des figues sèches. Les appâts étaient vérifiés tous les matins et remplacés de façon systématique au moins tous les 3 jours. Les pots enterrés, ou pitfalls, sont des pièges à interception et ne nécessitent pas d'appât. Pour chaque session de piégeage, nous avons utilisé 30 Sherman et 20 pitfalls disposés en ligne de 100 à 150 m avec un espace entre chaque piège d'environ 5 m. Les pièges Sherman sont restés en place 6 nuits chaque mois pour la localité de Boukhalfa et 12 nuits consécutives lors de chaque session de piégeage pour les autres localités. Au Cap Djinet, une centaine de pièges Shermans ont été posés (A.H. comm Orale) pendant trois nuits de piégeage pour chaque mois. Les pots enterrés ont été installés de 6 à 12 nuits par session. Le but des lignes de pièges était de traverser l'essentiel des habitats et micro-habitats présents sur le site échantillonné et d'avoir une idée de la structure globale de son peuplement.

Une fois capturés, tous les animaux ont été euthanasiés par dislocation cervicale. Cette étape était nécessaire à l'identification spécifique des individus à partir de l'étude de

leurs caractéristiques morphologiques externes (coloration du pelage, mensurations standards, poids) et d'analyses crânio-dentaires et/ou moléculaires (séquençage d'ADN). Les spécimens ont ensuite été conservés en formol et tous les crânes de micromammifères ont été préparés au Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) de Paris pour étude. Les identifications ont été effectuées par comparaison avec les spécimens du MNHN, certains individus de *Crocidura* ont été séquencés pour préciser leur attribution (Nicolas et al. 2013).

De plus, des captures à la main ont été réalisées, en particulier pour les amphibiens et les reptiles.

## RESULTATS

### Résultats globaux

Nos sessions de piégeage totalisent 15396 nuits pièges (11880 en Sherman et 3516 en pitfalls), avec un rendement de piégeage variable de 0,1 à 15,00 %. Le rendement, est toujours supérieur en pitfall (3,8 à 27%) par rapport aux Sherman (0,1 à 8.6 %), et est très variable d'une localité à l'autre (Tab. I). Ces valeurs sont à nuancer en fonction du type d'habitat, du type de pièges employé et de l'effort de piégeage.

Les espèces capturées sont listées dans les tableaux II, III, IV. Au total, 35 espèces ont été recensées (7 rongeurs, 1 hérisson, 3 musaraignes, 6 amphibiens, 1 chélonien, 10 sauriens, 7 ophidiens) totalisant 510 spécimens (Tab. II, III et IV ; Fig. 2). Toutes les *Crocidura pachyura* recensées ont fait l'objet d'identifications génétiques.

### Résultats par localité

A **Cap Djinet** (Ferme pilote de Boumlih), le rendement de capture des micromammifères a été assez faible (moins de 0,1%) pour les deux techniques de piégeage. Cela pourrait s'expliquer par l'utilisation intensive de pesticides dans la zone. Au total, 104 individus appartenant à 6 espèces ont été capturés (5 espèces de rongeurs, 1 espèce de musaraigne). C'est la souris domestique, *Mus musculus*, qui prédomine largement dans le peuplement, suivie par *Crocidura pachyura*.

Dans la région de **Boukhalfa**, les rendements de piégeage ont été faibles : 2 à 3% selon le type de piège. Une fois encore, cela pourrait être expliqué par l'utilisation de pesticides dans les champs et les vergers, et aussi à notre période d'échantillonnage qui coïncide à chaque fois avec des périodes où les températures étaient soit très élevées, soit très basses, ce qui n'est pas favorable à la capture des animaux. Au total, 101 individus appartenant à 19 espèces ont été capturés (9 espèces de mammifères, 3 amphibiens et 5 squamates). De plus, une espèce additionnelle de mammifère (*Atelerix algirus*) et d'amphibien (*Pseudepidalea boulengeri*) ont été observées. Parmi les rongeurs, trois espèces sont co-dominantes (*Mus spretus*, *Apodemus sylvaticus* et *Rattus rattus*). La musaraigne *Crocidura pachyura* y est également abondante.

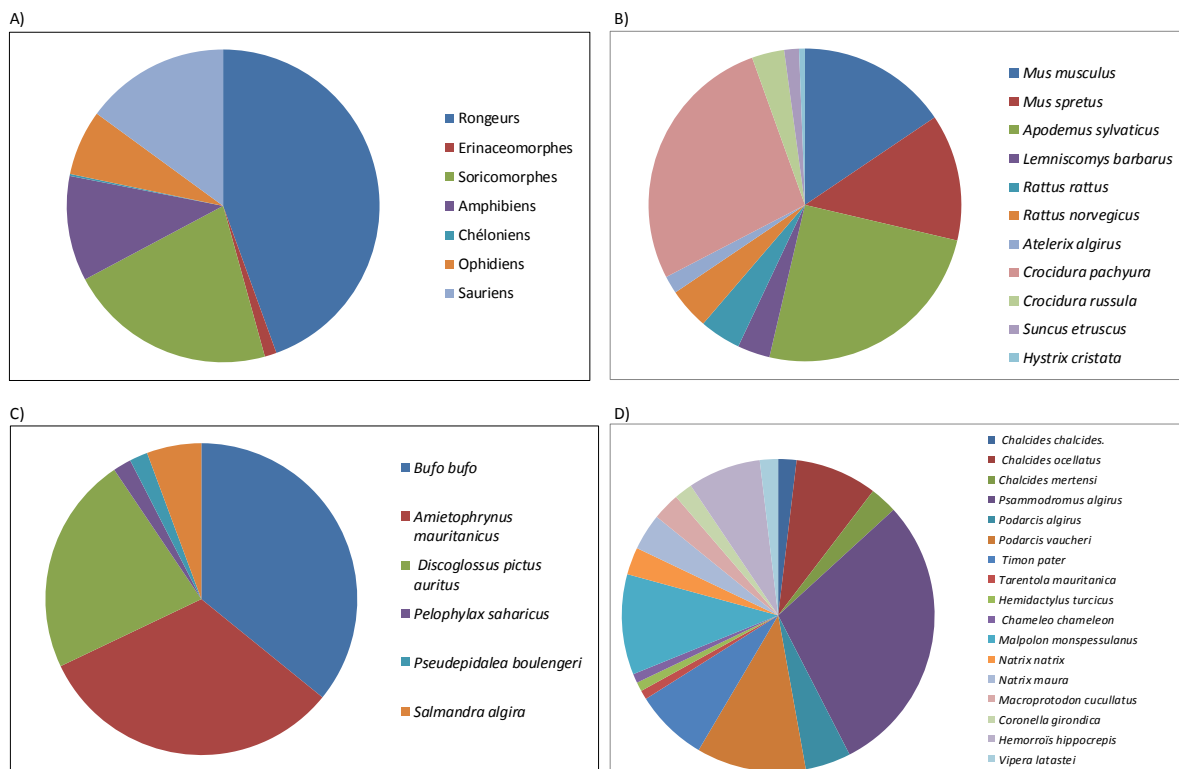


Figure 2. Abondance relative des espèces capturées et/ou observées pour chaque taxon : A) = totalité des espèces ; B) = micromammifères ; C) = amphibiens ; D) = squamates.

Figure 2. Relative abundance of captured and observed species for each taxon : A : all species ; B : micromammals ; C : amphibians, D : squamates.

Tableau I. Description des localités, efforts de piégeages et rendements de piégeage (nombre d'individus capturés divisé par le nombre total de nuis-pièges x 100) pour chaque localité. Tous les individus capturés (micromammifères, amphibiens et squamates) ont été retenus dans ce tableau.

Table I. Habitat, GPS coordinates, altitude, trapping effort and success for the different localities sampled in that study. The trapping success is calculated by dividing the number of captured specimens on the number of night-traps x 100. All specimens captured have been considered here.

Localité	coordonnées géographiques/altitude	Milieu : description des lignes de pièges	Nb de nuits- pièges	Rendement de piégeage
Cap Djinet	36°49'N. 3°42'E Altitude : 20 m	Ligne A : champ de blé Ligne B : pépinière d'oliviers Ligne C : jachère	Sherman 72000 Pitfalls	0,1 0
Tigzirt	36°89'N. 4°12' E Altitude : 338 m	Maquis dégradé de chêne vert	Sherman 0 Pitfalls 30	10
Boukhalfa	36°42'N. 3°59'E Altitude : 150 m	Ligne A : le long d'une haie d'eucalyptus, de casuarina et d'aubépine séparant un verger d'agrumes et une retenue collinaire Ligne B : champ de trèfle Ligne C : champ de fèves Ligne D : le long de la retenue collinaire, essentiellement roseau, oléastre et quelques pieds d'eucalyptus.	Sherman 2160 Pitfalls 1440	2,2 3,8
Ouadias	36°31' 'N. 4°06'E Atitude : 624 m	Ripisylve dense	Sherman 0 Pitfalls 30	0 27
El Misser	36°38'N. 4°15'E Altitude : 667m	Ligne A : forêt dense chêne vert Ligne B : maquis dégradé de chêne vert, parsemé de quelques pieds de chêne liège, figuier et entouré d'un verger d'olivier	Sherman 720 Pitfalls 336	2,1 10
Darna	36°29 'N. 4 °17' E Altitude :1319 m	Le secteur Darna-Lahouana, orienté vers l'ouest Ligne A, Agni N Sman : clairière avec chêne vert, aubépine, ronce, Calycotome, églantier, fougère royale Ligne B, Eghil El Bir : <i>Quercus ilex</i> , <i>Calicotome spinosa</i> , <i>Crataegus monogyna</i> et <i>Robus ulmifolium</i>	Sherman 1080 Pitfalls 960	3 4,5
Tala Guilef	36°28'N. 3°59' Altitude : 1390m	Milieu rocailleux (calcaire) avec deux faciès : forêt mixte dominée par le cèdre sans sous bois et l'autre côté rocailleux avec surtout des buissons de ronce, rosier, aubépine et prunier couché qui couvre les roches et les pierres ; quelques pieds de cèdre et d'érable de Montpellier et un cours d'eau	Sherman 0 Pitfalls 240	0 1,7
Réserve du lac de Réghaia	36°45'- 36°48'N. 3°20' E Altitude :35 m	Ligne A : fruticée thermophile ouverte à lentisques et oliviers Ligne B : matorral et zones ouvertes Ligne C : maquis d'oléastre et de lentisque, ainsi que quelques bosquets d'eucalyptus Ligne D : abords du lac (altitude 4m)	Sherman 360 Pitfalls 240	3,9 15
Centre cynégétique de Zéralda	36°42'N. 2°51' E Altitude : 50 m	Station dominée par <i>Olea europea</i> , <i>Quercus suber</i> , <i>Pinus halepensis</i> , <i>Quercus suber</i> , + espèces introduites	Sherman 360 Pitfalls 240	8,6 8,3

Tableau II. Liste des espèces de petits mammifères et nombre de spécimens capturés pour chaque localité. X : espèce observée ou capturée à la main, puis relâchée.

Table II. Number of small mammals captured per locality and species. X : species observed or hand collected and released.

Espèce	Cap Djinet	Boukhalfa	Tigzirt	Ouadhia Site Ait al kaid	El Misser	Darna	Tala guilef	Réserve du lac de Réghaia	Centre cynégétique de Zéralda
<b>Rongeurs</b>									
<i>Mus musculus</i> Linné, 1758	40	4	0	0	0	1	0	4	2
<i>Mus spretus</i> Lataste, 1883	18	12	0	1	1	6	0	5	0
<i>Apodemus sylvaticus</i> (Linné, 1758)	15	11	0	0	12	30	0	8	6
<i>Lemniscomys barbarus</i> (Linné, 1766)	6	5	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rattus rattus</i> (Linné, 1758)	1	10	0	0	0	0	0	3	0
<i>Rattus norvegicus</i> (Berkenhout, 1769)	0	4	0	0	0	0	0	4	6
<i>Hystrix cristata</i> Linné, 1758	0	0	0	0	X	X	X	0	0
<b>Erinaceomorpha</b>									
<i>Atelerix algirus</i> (Lereboullet, 1842)	0	X	0	0	0	X	X	0	X
<b>Soricomorpha</b>									
<i>Crocidura pachyura</i> (Kuster, 1835)	24	22	1	2	9	9	1	6	15
<i>Crocidura russula</i> (Hermann, 1780)	0	1	0	0	0	0	0	4	6
<i>Suncus etruscus</i> (Savi, 1822)	X	0	0	0	0	X	0	4	0
<b>TOTAL</b>	<b>104</b>	<b>69</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>22</b>	<b>46</b>	<b>1</b>	<b>46</b>	<b>48</b>

Tableau III. Liste des espèces d'amphibiens et nombre de spécimens capturés pour chaque localité. X : espèce observée ou capturée à la main puis relâchée.

Table III. Number of amphibians collected per locality and species. X : species observed or hand collected

Espèce	Cap Djinet	Boukhalfa	Tigzirt	Ouadhia Site Ait al kaid	El Misser	Darna	Tala Guilef	Réserve du lac de Réghaia	Centre cynégétique de Zéralda
<b>Anura</b>									
<i>Bufo bufo</i> (Linné, 1758)	0	9	0	0	4	3	1	2	1
<i>Amietophrynus mauritanicus</i> (Schlegel, 1841)	0	8	0	0	2	4	1	3	0
<i>Discoglossus pictus auritus</i> (Herón-Royer, 1888)	0	4	1	0	3	3	0	2	0
<i>Pelophylax saharicus</i> (Boulenger, 1913)	0	0	0	X	0	0	0	0	0
<i>Pseudepidalea boulengeri</i> (Lataste, 1879)	0	X	0	0	X	0	0	0	0
<b>Urodela</b>									
<i>Salamandra algira</i> (Bedriaga, 1883)	0	0	0	0	1	2	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>21</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>1</b>

Tableau IV. Liste des espèces de chéloniens et squamates et nombre de spécimens capturés pour chaque localité. X : espèce observée ou capturée à la main puis relâchée.  
 Table IV. Number of Chelonians and squamates captured per locality and species.. X : species observed or hand collected and released.

Espèce	Cap Djinet	Boukhalfa	Tigzirt	Ouadhia Site Ait al kaid	El Misser	Darna	Tala guilef	Réserve du lac de Réghaia	Centre cynégétique de Zéralda
<b>Chelonia</b>									
<i>Mauremys leprosa</i> (Schweigger, 1812)	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<b>Squamata-Sauria</b>									
<i>Chalcides chalcides</i> (Linné, 1758)	0	0	0	0	0	1	0	X	0
<i>Chalcides ocellatus</i> (Forsskål, 1775)	0	3	0	X	2	X	X	1	0
<i>Chalcides mertensi</i> (Klausewitz, 1954)	0	0	0	X	0	X	X	0	0
<i>Psammotromus algirus</i> (Linné, 1758)	0	5	0	1	11	8	1	3	2
<i>Podarcis algirus</i> (Linné, 1758)	0	0	0	0	1	4	0	0	0
<i>Podarcis vaucheri</i> (Steindachner, 1870)	0	0	0	4	5	2	X	0	0
<i>Timon pater</i> (Lataste, 1880)	0	0	0	X	3	2	X	1	0
<i>Tarentola mauritanica</i> (Linné, 1758)	0	0	0	0	X	0	0	0	0
<i>Hemidactylus turcicus</i> (Linné, 1758)	0	0	0	0	X	0	0	0	0
<i>Chamaeleo chamaeleon</i> (Linné, 1758)	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<b>Squamata-Ophidia</b>									
<i>Malpolon monspessulanus</i> (Hermann, 1804)	0	1	X	X	2	X	0	3	2
<i>Natrix natrix</i> (Linné, 1758)	0	0	X	0	X	0	X	0	0
<i>Natrix maura</i> (Linné, 1758)	0	1	X	X	1	0	0	0	0
<i>Macroprotodon cucullatus</i> (Geoffroy Saint Hilaire, 1827 dans Bons & Geniez)	0	0	X	0	X	X	0	0	0
<i>Coronella girondica</i> (Daudin, 1803)	0	0	0	0	0	X	X	0	0
<i>Hemorrois hippocrepis</i> (Linné, 1758)	0	1	X	0	3	X	0	1	1
<i>Vipera latastei</i> Bosca, 1878	0	0	0	0	1	X	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>29</b>	<b>17</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>5</b>

A **Tigzirt**, seuls les pitfalls ont été utilisés. Le rendement de piégeage a été de 6,6%, mais nous n'y avons capturé qu'une *Crocidura pachyura* et un *Discoglossus pictus auritus*. Cependant, plusieurs espèces d'ophidiens ont été observées (Tab. II, III, IV).

A **Ouadias**, où nous avons posé uniquement des pitfalls, nous avons obtenu un rendement de piégeage de 27%. Huit individus de 4 espèces ont été capturés : 1 rongeur (*Mus spretus*), 2 musaraignes (*Crocidura pachyura*) et 5 sauriens (1 *Podarcis algirus* et 4 *Podarcis vaucheri*). De plus, 4 espèces de sauriens ont été capturées à la main (Tab. II, III, et IV).

A **El Misser**, le rendement de capture a été de 2% en Sherman et 10% en pitfalls. Au total, 23 espèces ont été recensées (3 rongeurs, 1 musaraigne, 1 hérisson, 5 amphibiens anoures, 7 sauriens et 5 ophidiens). Pour les mammifères, c'est le mulot sylvestre, *Apodemus sylvaticus*, qui domine largement, suivi par *C. pachyura*, tandis que pour les sauriens c'est *Psammotromus algirus*.

Dans la **forêt de Darna**, les captures ont un rendement de 3 à 4,5% selon le type de piège. 22 espèces sont représentées dans cette station : 4 rongeurs, 2 musaraignes, 1 hérisson, 4 amphibiens, 7 sauriens et 5 ophidiens. *Apodemus sylvaticus* est le rongeur prédominant.

Dans la localité de **Tala Guilef**, le rendement de piégeage a été de 1,7% en pitfalls, avec une musaraigne capturée, 2 amphibiens, et 1 saurien. De plus, 4 espèces de sauriens et 2 espèces d'ophidiens supplémentaires ont été observées.

Dans la **réserve du lac de Réghaia**, le rendement de piégeage a été de 3,9 % en Shermans et 15,0% en pitfalls. Au total, 18 espèces sont présentes: 5 rongeurs, 3 musaraignes, 3 amphibiens, 5 sauriens, 1 tortue et 2 ophidiens.

Dans la localité de **Zéralda**, le rendement de capture a été de 8% dans les deux types de pièges. Dix espèces sont représentées (3 rongeurs, 3 musaraignes, 1 amphibien anoure, 1 saurien et 2 ophidiens). Pour les mammifères, c'est *Crocidura pachyura*, qui prédomine largement.

## DISCUSSION

Les meilleurs rendements de capture ont été enregistrés au mois d'avril, lors de la période printanière, qui est en théorie une période favorable pour capturer les micromammifères. Ainsi, à Zéralda et Réghaia le rendement était de 3,9 à 15% selon le type de piège. Khidas et al. (1999), signalent que les piégeages effectués durant le printemps représentent 70% des captures, car cette saison correspond à la fin de la période de reproduction, donc à celle de plus forte densité de population. Il en est de même pour les travaux effectués au Maroc par Stoetzel et al. (2010, 2012). Notre protocole ne nous permet, toutefois, pas de discriminer clairement si les différences observées sont liées à la période d'échantillonnage ou à l'habitat.

Concernant l'herpétofaune, les rendements sont difficiles à estimer d'une région à l'autre et d'une mission à l'autre, étant donné que les spécimens sont majoritairement observés ou capturés à la main. Les rendements dépendent fortement

du spécialiste présent sur le terrain et de l'effort porté sur certains taxons.

De nombreuses espèces de micromammifères ont été capturées lors de cet échantillonnage, avec parfois des rendements très importants dus à un habitat et un climat favorables. *Apodemus sylvaticus* et *Mus spretus* sont des espèces largement répandues en Kabylie du Djurdjura, depuis le niveau de la mer jusqu'à 1700-1800 mètres d'altitude Khidas et al. (1999). *Apodemus* est capturé en grand nombre dans les milieux forestiers, surtout dans les chênaies (localité d'El Misser et Darna). Nos résultats corroborent ceux de Khidas (1993) et Khammes el Homsî (2008) qui avaient constaté que le mulot sylvestre et la souris sauvage sont les espèces les plus abondantes dans la Kabylie du Djurdjura, et ceux de Stoetzel et al. (2010) au Maroc. D'autres micromammifères ont été capturés comme *Lemniscomys barbarus* qui a été piégé en bordure d'un verger d'agrumes à Boukhalfa. Ce rongeur diurne fréquente habituellement des milieux peu anthropisés, mais il peut être retrouvé en bordure de vergers ou de champs cultivés (Aulagnier et al. 2008). Khidas (1993) a piégé un jeune individu le long d'un ruisseau avec une ripisylve bien développée. D'après nos observations, des restes retrouvés dans des fèces de chacal (*Canis aureus*) montrent que cette espèce existe aussi dans les forêts de Tikjda, comme dans les pelouses d'altitude. *Mus musculus*, *Rattus norvegicus* et *Rattus rattus* sont très abondants dans les milieux anthropisés. *Hystrix cristata*, le porc-épic, se retrouve dans tous les ensembles naturels de Kabylie. Il fréquente divers milieux : maquis, forêts, terrains cultivés, terrains dénudés. Un individu a été capturé par des chasseurs de sanglier à El Misser, et à Darna plusieurs indices de présence (crottes, épines, creusements de sol, traces de griffes) ont été relevés en grand nombre. Les populations d'*Hystrix cristata* ne sont pas considérées comme en danger mais, néanmoins, l'espèce se réduit drastiquement au Maroc et en Afrique du Nord (Aulagnier et al. Ce volume). Certaines espèces, précédemment recensées dans la zone explorée, n'ont pourtant pas été capturées lors de notre échantillonnage. C'est le cas du Lérot, *Eliomys munbyanus*, présent dans la forêt de Darna (Bensidhoum, 2010). Cette espèce aux mœurs arboricoles n'est généralement pas capturée dans les pièges au sol. Dans notre cas, des restes de ce micromammifère ont été identifiés dans les crottes de la genette (*Genetta genetta*) et du chacal récoltées dans la forêt de Darna. L'étude de Khidas (1993), sur les mammifères terrestres de la Kabylie du Djurdjura, indique la présence de *Gerbillus campestris*, mais nous ne l'avons ni capturé, ni observé, ni trouvé dans les pelotes de rejection ou les crottes (Amrouche Larabi et al. in prep.). Ceci est peut-être dû au fait que nous n'avons pas prospecté dans son biotope habituel. Cette gerbille fréquente surtout les endroits au sol meuble et sablonneux avec un fort recouvrement en broussailles, à dominance de pistachiers. Un grand nombre de terriers creusés au pied de pistachiers *Pistacia lentiscus*, dans les dunes littorales, a été relevé par Khidas (1993). Elle fait également des incursions dans les parcelles cultivées puisqu'elle a été piégée au Maroc dans des champs cultivés de pomme de terre ou les champs de fèves et d'arachides (Stoetzel et al. 2010, 2012). Ses populations fluctuent beaucoup avec les années ce qui rend

parfois son piégeage aléatoire (Benazzou oral comm.). *Crocidura pachyura* a été capturée dans la plupart des localités inventoriées de 0 à 1390m (sauf Tizirt et Tala Guilef) ce qui indique que cette espèce fréquente un grand nombre d'habitats.

Aucun des micromammifères capturés lors de cette étude ne présente de risque d'extinction. Il n'en est pas de même pour l'Urodèle *Salamandra algira* qui est classée dans la catégorie IUCN Vulnérable. Les populations de cette espèce sont très fragmentées et son habitat menacé par la déforestation, le surpâturage, l'irrigation et le commerce car il est utilisé comme animal de compagnie. Nous avons obtenu un spécimen à El Misser (667m) dans une forêt de chêne vert en Avril 2007 et deux autres à Darna (à 1319m également dans une forêt de chêne vert (juin 2014), ce qui confirme qu'elle est toujours présente dans l'atlas algérien (Mts Djurdjura). De même, l'ophidien *Vipera latastei* est également classé comme vulnérable par l'IUCN sur la base de sa rareté et de sa distribution fragmentée. Nous l'avons retrouvé à El Misser (667m) dans une forêt mixte de chêne vert et chêne liège à dominance de chêne vert (très escarpée pente supérieure à 50%) et à Darna à 1280 m dans un habitat forestier peuplé de chênes verts. *Salamandra algira* et *Vipera latastei* ont été signalées par Bensidhoum (2010) dans les mêmes altitudes et habitats forestiers.

### CONCLUSION

Ce travail, met en évidence la diversité des petits vertébrés de la zone étudiée (large bande littorale du nord-est algérien). Un effort de connaissance de la faune vivant en Algérie est à consentir, notamment en ce qui concerne leur statut taxinomique, leur biologie, leur écologie et leur distribution géographique. Les espèces vivant dans les milieux naturels (en dehors des aires protégées) devraient constituer une priorité en termes d'investigations de terrain, car c'est autour de celles-ci que des programmes spécifiques de conservation sont à développer.

### REMERCIEMENTS

Nous remercions Arnaud Delapré pour l'aide apportée à la préparation des crânes. Emmanuelle Stoetzel et Stéphane Aulagnier pour leur relecture attentive de ce manuscrit. Une partie de ce travail a été réalisée grâce au projet Tassili PHC - 09mdu755 : Biodiversité des petits vertébrés des régions littorales d'Algérie et du Maroc : implications environnementales et nous remercions le Prof. S. Doumandji (INA Alger) qui en était le responsable algérien pour son soutien.

### REFERENCES

Aulagnier S. 1992. *Zoogéographie des Mammifères du Maroc : de l'analyse spécifique à la typologie de peuplement à l'échelle régionale*. Thèse d'Etat, Univ. Montpellier 2, 236 p.

Aulagnier S. & Thévenot M. 1986. Catalogue des mammifères sauvages du Maroc. *Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat, Série Zoologie*, 41, 1-163.

Aulagnier S., Bayed A., Cuzin F et al. 2015. Mammifères du Maroc : extinctions et régressions au cours du XXe siècle. *Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat*, Ce volume

Aulagnier S., Haffner P., Mitchell-Jones A.J et al. 2008. *Guide des Mammifères d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient*. Delachaux & Niestlé, Paris, 271 p.

Bensidhoum M. 2010. *Stratégie d'occupation de l'espace et écologie trophique de la Genette Genetta genetta L. 1758 dans la forêt de Darna. Djurdjura oriental, Algérie*. Mémoire de Magistère de l'Université de Tizi-Ouzou, 101p.

Bernard J. 1969. Les mammifères de Tunisie et des régions voisines. *Bulletin de la Faculté Agronomique de Tunis*, 24/25, 38-160.

Bons J. & Geniez P. 1996. *Amphibiens et Reptiles du Maroc (Sahara Occidental compris)*. Atlas biogéographique. Asociación Herpetológica Española. Barcelona, 319 p.

Boulenger G. A. 1891. Catalogue on the reptiles and batrachians of Barbary (Morocco, Algeria, Tunisia). *Transactions of the Zoological Society, London*, 3(6), 93-164.

Brahmi K. 2011. *Bioécologie de deux peuplements de mammifères prédateurs dans la zone montagneuse de Bouzégouène et du nord-est du Sahara "fluctuation des compétitions trophiques"* Thèse Doctorat soutenue, Université de Ouargla.

De Smet K. 1989. *Etude de la distribution et du choix biotope des grands mammifères en Algérie dans le cadre de la protection de la nature*. (en Néerlandais). Thèse de doctorat d'Etat, Université de Gent., Belgique, 355 p.

Doumergue F. 1901. *Essai sur la faune herpétologique de l'Oranie*. Imprimerie L. Fouque, Oran. 404 p.

Gharaibeh B. M. 1997. *Systematics, Distribution and Zoogeography of Mammals of Tunisia*. Thèse de Doctorat, Graduate Faculty of Texas Tech University, USA.

Gaubert P., Bloch C., Benyacoub S. et al. 2012. Reviving the African Wolf *Canis lupus lupaster* in North and West Africa: A Mitochondrial Lineage Ranging More than 6,000 km Wide. *Plos One*, 7,8, e42740.

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

Gervais P. 1835. Communication orale sur l'énumération de quelques Reptiles envoyés de Barbarie. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de France*, 1, 112-114.

Gervais P. 1836. Énumération de quelques espèces de Reptiles provenant de Barbarie. *Annales de Sciences Naturelles*, 6 (2), 308-313.

Grenot C. & Vernet R. 1972. Place des reptiles dans l'écosystème du désert pierreux au Sahara Occidental. *Les Naturalistes Orléanais*, 5(3), 25-48.

Grenot C. & Vernet R. 1973. Les lézards héliophiles du Sahara, facteurs écologiques et conditions d'élevage. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, 64, 53-78.

Hufnagl E. 1972. *Libyan mammals*. Oleander Press, Cambridge. 85 pp.

Khammes el Homsî N. 2008. *Fragmentation de Population de Rongeurs Muridés en Méditerranée Occidentale : de l'échelle stationnelle à l'aire de répartition*. Thèse Doctorat Université. Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 169 p.

Khammes el Homsî N. & Aulagnier S. 2010. Unexpected morphometric differentiation of the Algerian mouse, *Mus spretus* (Rodentia: Muridae) from Kabylie of Djurdjura (Algeria). *Mammalia*, 74,199-207.

Khammes N., Lek S. & Aulagnier S. 2006. Identification biométrique des deux espèces sympatriques de souris *Mus musculus domesticus* et *Mus spretus* en Kabylie du Djurdjura (Algérie). *Revue suisse de Zoologie*, 113 (2), 411-419.

- Khidas K. 1993. Distribution des rongeurs en Kabylie du Djurdjura (Algérie). *Mammalia*, 57(2), 207-212.
- Khidas K., Khammes N. & Khelloufi S. 1999. Répartition spatiale et sélection de l'habitat chez le mulot sylvestre (*Apodemus sylvaticus* Linnaeus, 1758) et la souris sauvage (*Mus spretus* Lataste, 1883) en Kabylie du Djurdjura (Algérie). *Sciences & Technologie* 12, 59-64.
- Khidas S., Khammes N., Khelloufi S. *et al.* 2002. Abundance of the wood mouse *Apodemus sylvaticus* and the Algerian Mouse *Mus spretus* (Rodentia, Muridae) in different habitats of Northern Algeria. *Mammalian Biology*, 67, 34-41.
- Kowalski K. & Rzebiak-Kowalska B. 1991. *Mammals of Algeria*. Ossolineum, Wroclaw, Warszawa, Krakow (Poland), 370 p.
- Lanza B., Nascetti G., Capula M. *et al.* 1986. Les Discoglosses de la Région méditerranéenne occidentale (Amphibia; Anura; Discoglossidae). *Bulletin de la Société Herpétologique de France*, 40, 16-27.
- Lataste F. 1880. Diagnoses de mammifères d'Algérie. *Le Naturaliste*, 2, 313-315.
- Lataste F. 1881a. Diagnoses de mammifères d'Algérie. *Le Naturaliste*, 3, 492-494.
- Lataste F. 1881b. Sur un rongeur nouveau du Sahara algérien (*Ctenodactylus mzabi* n.sp.) *Bulletin de la Société zoologique de France*, 6, 214-225.
- Lataste F. 1881c. Les gerboises d'Algérie. *Le Naturaliste*, 3, 474-476.
- Lataste F. 1881d. Mammifères nouveaux d'Algérie. *Le Naturaliste*, Paris, 3 : 497-500 (1 nov.); 506-508 (15 nov.).
- Lataste F. 1882. Mammifères nouveaux d'Algérie. *Le Naturaliste*, Paris, 4 : 21-23 (1 fév.); 27-28 (15 fév.); 36 (1 mars); 69-70 (1 mai); 77-78 (15 mai); 83-85 (1 juin); 101-102 (1 juil.); 126-127 (15 août).
- Lataste F. 1883a. Note sur les souris d'Algérie et description d'une espèce nouvelle (*Mus spretus*). *Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux*, 37, 13-35.
- Lataste F. 1883b. Les gerboises d'Algérie. Description d'une espèce nouvelle (*Dipus darricarrerei*). *Annali Museo.Civico della Storia naturali Giacomo Doria*, 18, 661-683.
- Lataste F. 1885. Etude de la faune des vertébrés de Barbarie (Algérie, Tunisie et Maroc). I. Catalogue provisoire des mammifères apélagiques sauvages. *Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux*, 37, 13-35.
- Lataste F. 1886. Additions et corrections à la liste des Mammifères de Berbérie. *Comptes Rendus de l' Association Française pour l'Avancement des Sciences* Nancy, 1ère partie : p. 158.
- Lataste F. 1885. Description d'un nouveau rongeur, de la famille des myoxidés, originaire de Mzab (Sahara algérien). *Le Naturaliste*, 7, (15 avr.), 61-63.
- Lataste F. 1892. Sur l'habitat algérien de l'écureuil de Barbarie. *Actes de la Société scientifique du Chili*, 2, L-LII.
- Le Berre M. 1990. *Faune du Sahara*. Vol. II : Mammifères. Lechevalier-Chabaud, Paris. 360 pp.
- Lhote V. 1858. *Catalogue des mammifères et des oiseaux observés en Algérie*. *Mammifères* : 1-32. Arthus Bertrand, Paris., b et c, 1882 a, 1886
- Loche V. 1846. *Sciences physiques, Zoologie. Histoire naturelle des mammifères. Exploration scientifique de l'Algérie pendant les années 1840, 1841, 1842*. Imprimerie royale, Paris, 123 pp.
- Mamou R., Boissinot A., Bensidhoum M., *et al.* 2014. Inventaire de l'herpétofaune du sud de la Kabylie (Bouira et Bordj Bou Arreridj). *Revue Ivoirienne Sciences et Technologie*, 23, 259 – 273.
- Miaud C. 1991. La dynamique des populations subdivisées : étude comparative chez trois amphibiens urodèles (*Triturus alpestris*, *T. helveticus*, *T. cristatus*). *Bulletin de la Société Zoologique de France, Evolution et Zoologie*, 166 (1), 75-78.
- Nicolas V., Souttou K., Gouissem K. *et al.* 2014a. First molecular evidence for the presence of *Gerbillus latastei* (Rodentia, Muridae) in Algeria. *Mammalia*, 78, 2, 267-271.
- Nicolas V., Hamani A., Amrouche L. *et al.* 2014b. First molecular evidence for the presence of *Crocidura pachyura* (Mammalia, Soricidae) in Kabylie (Algeria). *Mammalia* 78(2), 245–249.
- Panouse J.B. 1951. Les chauves-souris du Maroc. *Travaux de l'Institut Scientifique Chérifien, Série Zoologie*, 1, 1-120.
- Panouse J.B. 1957. Les mammifères du Maroc: Primates, Carnivores, Pinnipèdes, Artiodactyles. *Travaux de l'Institut Scientifique Chérifien, Série Zoologie*, 5, 1-206.
- Petter F. 1952. Note préliminaire sur l'écologie et l'éthologie de *Psammomys obesus* Cretzschmar. *Mammalia*, 16, 483-488.
- Petter F. 1953. Note préliminaire sur l'écologie et l'éthologie de *Meriones lybicus* (rongeurs, Gerbillidés). *Mammalia*, 17, 281-294.
- Petter F. 1955. Nouvelle note biologique sur le hérisson du désert. *Mammalia*, 18, 220-221.
- Petter F. 1961. Répartition géographique et écologique des rongeurs désertiques du Sahara occidental à l'Iran oriental. *Mammalia*, 25, suppl. 1-122.
- Petter F. & Saint-Girons M.C. 1965. Les rongeurs du Maroc. *Travaux de l'Institut Scientifique Chérifien, Série Zoologie*, 31 :1-58.
- Rouag R. & Benyacoub S. 2006. Inventaire et écologie des reptiles du Parc National d'El Kala. *Bulletin de la Société Herpétologique de France*, 117, 25-40.
- Rzebiak-Kowalska B. 1988. Studies on the genus *Crocidura* (Insectivora, Mammalia) in Algeria. *Acta Zoologica Cracoviensis*, 31 (4), 167-192.
- Schleich H., Kästle W. & Kabisch K. 1996. *Amphibians and reptiles of North Africa*. Koletz Scientific Books, Koenigstein. 630 p.
- Stoetzel E., El Agbani M.A., Qninba A *et al.* 2010. Inventaire taxonomique préliminaire des petits vertébrés terrestres du Nord du Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, 32 (1), 17-24.
- Stoetzel E., Ohler A-M, Delapre A. *et al.* 2012. Inventaire des petits vertébrés terrestres du centre du Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, 34 (1), 45-56.
- Vesmanis I.E. 1975. Morphometrische Untersuchungen an algerischen Wimperspitzmausen. I. Die *Crocidura russula* - Gruppe (Mammalia: Insectivora). *Senckenbergiana biologica*, 56 (1-3), 1-19.
- Vesmanis I.E. & Vesmanis A., 1980. Beitrag zur Kenntnis der Crociduren – Fauna Marokkos (Mammalia, Insectivora, Soricidae) I. Die Wimperspitzmause aus den Sammlungen des Smithsonian Institution, Washington. *Zoologische Abhandlungen. Staatliches Museum für Tierkunde in Dresden*, 36, 11-80.
- Vesmanis I.E. 1981. Über weitere Hausspitzmause (*Crocidura russula* Hermann, 1780) aus Algerien. *African Small Mammal Newsletter*, 6, 4-7.