

Bulletin de la Société Herpétologique de France

4ème trimestre 1999

N° 92



ISSN 0754 - 9962

Bull. Soc. Herp. Fr. (1999) 92

Bulletin de la Société Herpétologique de France

Directeur de la Publication / Editor :
Roland VERNET

Comité de Rédaction / **Managing Co-editors** :
Jean LESCURE, Claude PIEAU
Jean-Claude RAGE, Max GOYFFON

Secrétariat de Rédaction / **Secretary** :
Françoise THIOILLAY

Comité de lecture / **Advisory Editorial Board** :
Robert BARBAULT (Paris, France) ; Aaron M. BAUER (Villanova, Pennsylvania) ;
Liliane BODSON (Liège, Belgique) ; Donald BRADSHAW (Perth, Australie) ;
Maria Helena CAETANO (Lisbonne, Portugal) ; Max GOYFFON (Grenoble, France) ;
Robert GUYETANT (Chambéry, France) ; Ulrich JOGER (Darmstadt, Allemagne) ;
Michael R.K. LAMBERT (Chatham, Angleterre) ;
Benedetto LANZA (Florence, Italie) ; Raymond LECLAIR (Trois-Rivières, Canada) ;
Guy NAULLEAU (Chizé, France) ; Saïd NOUIRA (Tunis, Tunisie) ;
V. PEREZ-MELLADO (Salamanque, Espagne) ; Armand DE RICQLES (Paris, France)
Zbynek ROCEK (Prague, Tchécoslovaquie) ; Hubert SAINT-GIRONS (Paris, France)

Instructions aux auteurs / **Instructions to authors** :

Des instructions détaillées ont été publiées dans le numéro 91 (3^{ème} trimestre 1999). Les auteurs peuvent s'y reporter. S'ils ne les possèdent pas, ils peuvent en obtenir une copie auprès du responsable du comité de rédaction. Les points principaux peuvent être résumés ainsi : les manuscrits, dactylographiés en double interligne, au recto seulement, sont envoyés en double exemplaire. La disposition du texte doit respecter les instructions. L'adresse de l'auteur se place désormais après le nom de l'auteur en première page. Les figures sont réalisées sur papier calque ou bristol. Les légendes des planches, figures et tableaux ainsi que le titre en anglais sont reportés sur feuilles séparées. Les références bibliographiques sont regroupées en fin d'article.

Exemple de présentation de référence bibliographique :

Bons J., Cheylan M. & Guillaume C.P. 1984 - Les Reptiles méditerranéens. *Bull. Soc. Herp. Fr.* 29: 7-17

Tirés à part

Les tirés à part (payants) ne sont fournis qu'à la demande des auteurs (lors du renvoi de leurs épreuves corrigées) et seront facturés par le service d'imprimerie. Tous renseignements auprès du trésorier.

La rédaction n'est pas responsable des textes et illustrations publiés qui engagent la seule responsabilité des auteurs. Les indications de tous ordres, données dans les pages rédactionnelles, sont sans but publicitaire et sans engagement.

La reproduction de quelque manière que ce soit, même partielle, des textes, dessins et photographies publiés dans le Bulletin de la Société Herpétologique de France est interdite sans l'accord écrit du directeur de la publication. La S.H.F. se réserve la reproduction et la traduction ainsi que tous les droits y afférant, pour le monde entier. Sauf accord préalable, les documents ne sont pas retournés.

ENVOI DES MANUSCRITS à :

Roland VERNET

Laboratoire d'Ecologie, Ecole Normale Supérieure
46 rue d'Ulm - 75230 PARIS Cedex 05
Tél : 33 - 01 44 32 37 04 - Fax : 33 - 01 44 32 38 85
E-mail : vernet@biologie.ens.fr

Photo de couverture :

Claude GRENOT

Lacerta vivipara

regroupement des individus avant l'hivernage
(Bonnevaux)

N° commission paritaire: 59374

Imprimeur : S.A.I. Biarritz
18, rue de Folin, 64200 BIARRITZ

Dépôt légal : 4^{ème} trimestre 1999

SOCIETE HERPETOLOGIQUE DE FRANCE

Association fondée en 1971
agrée par le Ministère de l'Environnement le 23 février 1978

CONSEIL D'ADMINISTRATION (1998-1999)

Présidente : Sabine RENOUS, Laboratoire d'Anatomie Comparée, Muséum National d'Histoire Naturelle, 55, rue Buffon, 75005 PARIS

Vice-Présidents : Jacques CASTANET, Laboratoire d'Anatomie Comparée,
Université de PARIS VII, 2, place Jussieu, 75251 PARIS Cedex 05

Thierry FRETEY, Laboratoire d'Evolution des Systèmes Naturels et Modifiés,
Université de Rennes I, avenue du Général Leclerc, 35042 RENNES Cedex

Secrétaire générale : Michelle GARAUDEL, Impasse de l'Eglise, 35450 MECE

Secrétaire adjoint : Franck PAYSANT, 1, rue Jean Brulelou, 35700 RENNES

Trésorier : Frédéric TARDY, Réserve Africaine, 11130 SIGEAN

Trésorier adjoint : Francis MULLER, 2, rue de Champagne, 54470 PANNES

Autres membres du conseil : Philippe GERARD, Roland SIMON, Roland VERNET,
Alain VEYSSET

Membres d'honneur : Guy NAULLEAU (Cebas/CNRS, 79360 CHIZÉ), Gilbert MATZ (Fac.
Sciences, 49045 ANGERS), Albert RAYNAUD (81330 VABRE)

ADMISSIONS

Les admissions à la S.H.F. sont décidées par le Conseil d'Administration sur proposition de deux membres de la Société (art. 3 des statuts). N'envoyez votre cotisation au secrétaire général qu'après avoir reçu l'avis d'admission du conseil.

COTISATIONS 1999 / MEMBERSHIP

Tarifs (France, Europe, Afrique)	Taux annuel		Bulletin		Total
. adhérents de moins de 25 ans	40	+	80	=	120 FF
. adhérents de plus de 25 ans	120	+	80	=	200 FF
. bienfaiteurs : minimum				=	350 FF
. membre conjoint				=	100 FF
. club junior				=	120 FF
Tarifs (Amérique, Asie, Océanie)	25	+	25	=	50 US\$

ABONNEMENTS : SUBSCRIPTION to SHF Bulletin

France, Europe, Afrique	=	245 FF
Amérique, Asie, Océanie	=	55 US\$

Le service de la revue est assuré aux membres à jour de la cotisation.

To our members in America, Asia or Pacific area

The SHF Bulletin is a quarterly. Our rates include the airmail postage in order to ensure a prompt delivery.

Modalités de paiement

1. Chèque postal à l'ordre de la SHF, CCP 3796-24 R PARIS
2. Chèque bancaire à l'ordre de la SHF : envoi direct au secrétaire général (adresse ci-dessus).
3. Nous rappelons que les dons ou cotisations de soutien sont les bienvenus.

Changement d'adresse

N'omettez pas de signaler sans retard au secrétaire tout changement d'adresse.

BIBLIOTHÈQUE

Les périodiques obtenus par la S.H.F. en échange avec les autres sociétés (liste publiée dans le bulletin), ainsi qu'une bibliothèque des tirés à part sont regroupés au Laboratoire de Biologie Animale (Faculté des Sciences, 2, boulevard Lavoisier, 49045 Angers Cedex). Les articles de ces périodiques peuvent être consultés sur demande adressée à G. MATZ. En outre, nous demandons aux auteurs d'envoyer leurs travaux récents en 2 exemplaires à cette bibliothèque.

First announcement

1st International Scientific Meeting THE BIOLOGY AND ECOLOGY OF ALPINE AMPHIBIANS AND REPTILES

**1 - 3 September 2000
Organised by: DPPVN**

Invitation

The DPPVN are pleased to invite you to the first scientific meeting on the Biology and ecology of Alpine Amphibians and Reptiles. The meeting dates will be 1-3 September 2000, and the site will be defined in the second announcement (probably by the end of April) that will be mailed only to those who respond to this announcement.

The goals of the meeting are:

- to bring professional and amateur researchers together to exchange ideas and experiences on studies of alpine amphibian and reptiles,
- to promote amphibian and reptilian research in alpine regions and strengthen the collaboration between amphibian and reptilian specialists,
- to present results of new research on all aspects of the biology of amphibians and reptiles from alpine habitats, and
- to present new results of conservation actions focused on these organisms.

Language: The official language of the meeting will be English.

Abstracts:

Abstract of oral and poster presentation will be published. All abstracts should be submitted in English, and all participants will receive a booklet of abstracts at the start of the meeting. The informative abstracts should not exceed 250 words and should not contain tables and figures. Abstracts should be submitted by e-mail (see below) in Rich-Text Format (rtf) along with your preference for an oral or poster presentation.

Meeting fee:

Ca. 60 EURO, which will include the program and abstracts, refreshments and a meeting excursion.

Excursions:

There will be meeting excursion arranged free of charge. For those who will wish to stay longer a post-meeting excursions will also be offered.

Registration form

Those intending to participate are kindly asked to send to the organizing committee by **1st April 2000**: name, institution, address (including e-mail, fax) and the (general) title of the contribution and the abstract.

Travellers advice and information on accommodations (e.g. reservation, meals), which will probably be arranged by the organizers will be sent in the second announcement.

Contact address of the organizing committee:

DPPVN
Nuša Vogrin
Ptujška c. 91, SI-2327 Rače
Slovenia
Fax: ++386 62 788 30 51
E-mail: milan.vogrin@guest.arnes.si

Second announcement will be distributed only to those who return the registration form.

BULLETIN DE LA SOCIETE HERPETOLOGIQUE DE FRANCE

4^{ème} trimestre 1999

N° 92

SOMMAIRE

- The male sexual cycle of *Lacerta media* Lantz and Cyren in Mount Lebanon in comparison with that of *Lacerta laevis* Gray
Souad HRAOUI-BLOQUET, Riyad SADEK & Mona A. SABEH 5
- Effets de la température sur la ventilation chez *Lacerta vivipara* (Reptilia, Lacertidae).
Yann VOITURON & Claude GRENOT..... 19
- Contribution à l'étude des Grenouilles vertes de Poitou-Charentes et Vendée
Marc CARRIÈRE..... 29
- Observations du régime alimentaire de la Tortue d'Hermann en semi-liberté dans le Massif des Maures (Var)
Colette HUOT-DAUBREMONT..... 45
- NOTE
Record d'altitude en France pour le lézard hispanique *Podarcis hispanica* (Steindachner, 1870) (Squamata, Lacertidae)
Jean-Pierre VACHER 53

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ HERPETOLOGIQUE DE FRANCE

4^{ème} trimestre 1999

N° 92

CONTENTS

- The male sexual cycle of *Lacerta media* Lantz and Cyren in Mount Lebanon in comparison with that of *Lacerta laevis* Gray
Souad HRAOUI-BLOQUET, Riyad SADEK & Mona A. SABEH 5
 - The effects of temperature on the breathing pattern of *Lacerta vivipara* (Reptilia, Lacertidae).
Yann VOITURON & Claude GRENOT..... 19
 - Contribution to green frog studies in Poitou-Charentes and Vendée (France).
Marc CARRIÈRE 29
 - Observations on the diet of Hermann's tortoise (*Testudo hermanni hermanni*) (Reptilia, Chelonia) semi-captive in the Massif des Maures (Var), France
Colette HUOT-DAUBREMONT 45
- NOTE
- Altitudinal record for the Iberian wall lizard *Podarcis hispanica* (Steindacher, 1870) (Squamata, Lacertidae) in France
Jean-Pierre VACHER 53

The male sexual cycle of *Lacerta media* Lantz and Cyren in Mount Lebanon compared with that of *Lacerta laevis* Gray

par

Souad HRAOUI-BLOQUET ⁽¹⁾, Riyad SADEK ⁽²⁾
& Mona A. SABEH ⁽³⁾

⁽¹⁾Lebanese University, Faculty of Science, P.O.Box 90656,
Jdeidet-El-Maten (Lebanon)

⁽²⁾Biology Department, American University of Beirut, P.O.Box 11-0236,
Beirut (Lebanon)

⁽³⁾ Lebanese University, Faculty of Science, Hadat (Lebanon)

Summary - Some important differences were observed in the reproductive cycles, which are seasonal and are of the mixed type, in the two sympatric lizards *Lacerta media* and *L. laevis*. In *Lacerta media*, spermatocytogenesis begins at the end of summer. Spermiogenesis and mating occur in spring, after hibernation, which lasts four to five months. Secondary sexual characters (epididymis and sexual segment of kidney) also develop in spring. A period of sexual inactivity is observed during the warmest months of the year (July and August). In *Lacerta laevis*, males undergo a period of sexual inactivity from mid-July to end-August. Spermiogenesis is very active in the autumn from the beginning of October, start of hibernation, and in the spring following post-hibernation activity. Secondary sexual characters showing secretory activity are well developed in both autumn and spring. Mating occurs in spring.

Keywords : Lizard. *Lacerta media*. *Lacerta laevis*. Lebanon. Reproduction. High altitude.

Version française abrégée - Le cycle de reproduction mâle chez *Lacerta media* Lantz et Cyren dans la Montagne du Liban comparé avec celui de *Lacerta laevis* Gray.

Le cycle de reproduction mâle chez deux espèces de Lacertidae sympatriques (*Lacerta laevis* et *Lacerta media*) dans la montagne du Liban, 1600 m. d'altitude, appartient au type mixte décrit par Saint Girons (1963). Cependant des différences importantes caractérisent le cycle de chacune de ces deux espèces. Chez *L. media*, la spermatocytogenèse a lieu durant les mois de septembre et d'octobre, avant l'entrée en hibernation. Durant cette période, l'étude histologique des testicules de tous les mâles adultes montre la présence dans les tubes séminifères de spermatogonies et de spermatocytes de premier ordre. Les caractères sexuels secondaires (canal de l'épididyme et segment sexuel du rein) ne sont pas développés. Leur épithélium est mince et leur diamètre est réduit. Les grains de sécrétion et les spermatozoïdes sont absents de la lumière du canal de l'épididyme. Les cellules épithéliales des tubules rénaux sont de type muqueux. La spermiogenèse est vernale. De nombreux spermatozoïdes sont observés dans la lumière des tubes séminifères à partir du mois d'avril, après la sortie des individus de leur hibernation qui dure 4 à 5 mois. Cette spermiogenèse active persiste jusqu'à la mi-juillet. Le canal de l'épididyme et le segment sexuel du rein sont hypertrophiés. De nombreux spermatozoïdes mélangés à des grains de sécrétion d'origine épидидymaire sont observés dans la lumière du canal de l'épididyme et du canal déférent qui présentent un épaississement de leur épithélium et une augmentation de leur diamètre. L'épithélium des tubules du segment sexuel du rein est formé de cellules de type séreux qui sécrètent de fins granules de sécrétion. Les accouplements ont lieu à partir du mois d'avril et durent pendant toute la période d'activité sexuelle. L'évolution

du rein et du canal de l'épididyme sont synchrones. Le repos sexuel et la régression est maximale durant les mois les plus chauds de l'année (juillet et août).

Le cycle de reproduction de *L. laevis* est particulier (Hraoui-Bloquet 1985). Durant la période de repos sexuel maximal (juillet-août), les tubes séminifères sont constitués de spermatogonies et de quelques spermatocytes de premier ordre. Les caractères sexuels secondaires sont en régression. Une spermiogenèse active est établie dès le mois d'octobre chez tous les mâles adultes et persiste jusqu'au printemps, période où les accouplements ont lieu. L'hypertrophie des caractères sexuels secondaires est aussi observée en automne, dès le mois d'octobre. Bien que les mâles soient physiologiquement prêts à l'accouplement, depuis le mois d'octobre, les femelles ne le sont pas encore. L'évolution ovarienne à l'automne ne donne que des ovocytes en début de vitellogenèse. L'étude histologique de l'oviducte des femelles de cette espèce montre l'absence de réceptacles séminaux. La présence d'ovocytes en fin de vitellogenèse est observée au printemps, dès le mois d'avril. Les femelles deviennent alors réceptives et peuvent s'accoupler.

Les cycles de reproduction des mâles et des femelles chez *L. laevis* sont asynchrones alors qu'ils sont synchrones chez *L. media*. Mais pour les deux espèces, les accouplements ont lieu au printemps (avril à juin).

Mots-clés : Lézard. *Lacerta media*. *Lacerta laevis*. Liban. Reproduction. Haute altitude.

I. INTRODUCTION

The genus *Lacerta* is distributed in the Palaearctic temperate and Mediterranean regions including Europe, North Africa, South West Asia, Mesopotamia and Russia. The various species occupy a wide variety of habitats and exhibit wide variation in their reproduction. The reproductive cycles of many *Lacerta* species, mainly in Europe, have been studied, but data for some species are incomplete.

Most of the studies on the cycles of *L. muralis* and *L. vivipara* were conducted in the field and in laboratory. Herlant (1933) and Saint Girons (1963) studied cyclic variations in testes and evolution of secondary sexual characters in both species. There have also been studies of the influence of temperature and photoperiod on spermatogenesis and on the evolution of secondary sexual characters in these species (Licht *et al.* 1969, Joly & Saint Girons 1975, 1981). Saint Girons and Duguy (1970) compared low and high altitude reproductive cycles in male and female *L. muralis*.

Studies of the reproductive cycles of other *Lacerta* species include those of *L. agilis* (Reiss 1923, Matthey 1929), *L. monticola* (Brana *et al.* 1990), *L. praticola* (Fuhn & Vinea 1961), *L. saxicola*, which is bisexual or parthenogenetic in Armenia (Darevsky & Kulikova 1962) and *L. sicula sicula* (Licht *et al.* 1969; Angellini *et al.* 1976). *Lacerta viridis*, studied by Rollinat (1900) and Sayer (1953) is the species closest to *L. media* in terms of habitat, adult size and colour.

Reproductive cycles in different species of Middle Eastern Lacertidae have rarely been studied. Only that of *L. laevis*, which has a large geographic distribution in Lebanon at low and high altitudes, is known (Hraoui-Bloquet 1985, 1987, 1988, Hraoui-Bloquet & Bloquet 1988). This species has a cycle distinct from other lizards of the Mediterranean regions. Mating occurs in spring starting in April, but spermiogenesis is very active from the autumn (beginning of October). Secondary sexual characters, epididymis and sexual segment of kidney are also well developed with secretory activity beginning

at around mid-October before the lizards go into hibernation. Many spermatozoa and secretory granules are observed in the lumens of the epididymis and vas deferens around that time (Hraoui-Bloquet 1985, Hraoui-Bloquet & Bloquet 1988).

In females, yolk deposition also starts in autumn at the beginning of November in the coastal populations (Hraoui-Bloquet 1988), but about a month later in the mountain population (Hraoui-Bloquet 1987). This type of reproductive cycle does not belong to any one of the three types (aestival, vernal or prenuptial or mixed type) described by Saint Girons (1984) for the moderately-warm temperate regions and subtropics. It is most similar to the mixed type, but only in that reproduction and mating occur around April. For this reason, it would generally be considered of the mixed type. This variation in cycles agrees with the views of Duellman (1978) and Witt (1986) that there is a diversity of reproductive strategies in Mediterranean lizards. Furthermore, a wide spectrum of reproductive strategies may be exhibited by sympatric lizard species. In tropical seasonal environments, lizard reproductive cycles seem to be related to rainfall (Fitch 1982) but in some cases it is more correlated with food availability (Magnusson 1987). In temperate regions, on the other hand, spermiogenesis is inhibited by low temperatures and does not appear to be affected by any other bioclimatic factor (Saint Girons 1984).

According to Licht (1984), the influence of the photoperiod is to regulate the time of the gonadal regression, whereas Ballinger (1973) suggests that the reduction of the photoperiod coincides with the onset of the gonadal activity. Guillelte and Casas-Andrew (1987) suggest that the real stimulus for the testicular recrudescence could be the photoperiod or precipitation.

In this paper, we describe the male reproductive cycle of the oviparous lizard *L. media* in nature, at high altitude, in comparison with the known cycle of the sympatric species *L. laevis*.

L. media is a ground-dwelling lizard that is rarely scansorial. It is most frequent in moist habitats or near water among herbs and bushes and in cultivated areas. It is rarely seen basking on rocks. The range of this species extends over all Lebanese territory between 400 m and 1900 m altitude (Hraoui-Bloquet 1981). The new born and juveniles have three white lines, one mid-dorsally and one on each side of the back. These lines persist in adult females but are lost in adult males above 90 mm snout-vent length (SVL).

II. MATERIAL AND METHODS

Specimens of *L. media* were collected between April and October in 1983 and 1986 in Mahrouka, Mount Lebanon (35°50'E-33°57'N) at an altitude of 1600- 1800 m, in a hyperhumid zone with a cold winter (see Hraoui-Bloquet 1985). At this altitude, the hibernation period for *L. media* lasts 4-5 months from November to the end of March, which coincides with the duration of the snow cover (fig. 1).

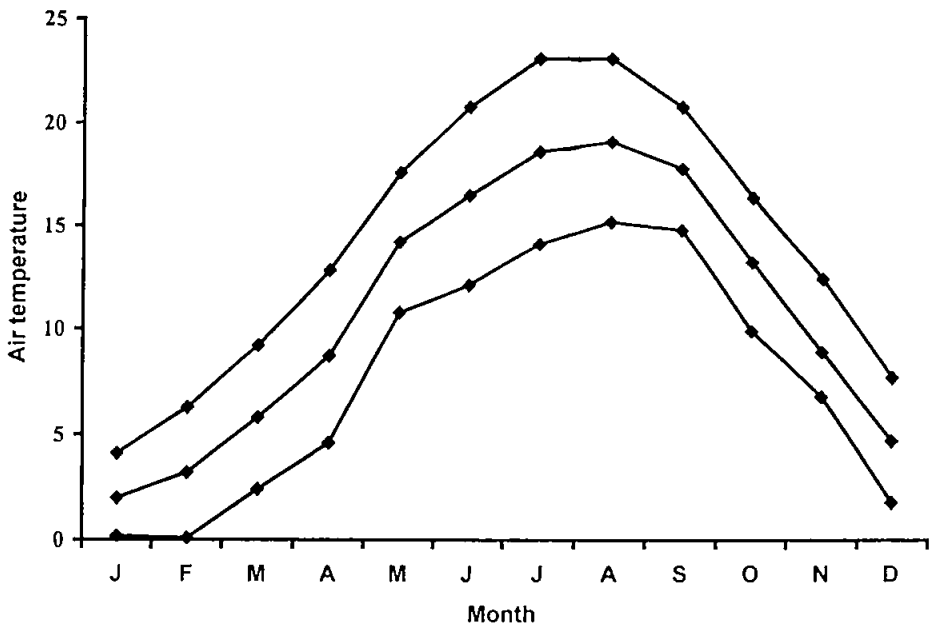


Figure 1 : The annual variation in mean air temperature and mean minima and maxima in Laqlouq area at 1700m altitude, 20 kms north of the study area. The values are climatic normals for the years 1948-78. (Data obtained from the Lebanese Meteorological Department).

Forty three adult *L. media* males were collected using an airgun. The lizards' SVL were immediately measured to the nearest 1 mm. The reproductively active males collected ranged in size between 85 to 125 mm SVL (mean = 101.48, N=43). They were then dissected, the testis, epididymis and kidney with vas deferens removed, and stored in Bouin. Later in the laboratory, these were dehydrated in ethanol, cleared in xylene, embedded in paraffin, sectioned at 6 microns (and stained with hematoxylin-eosin). Sections were used to determine the spermatogenic stages and evolution of secondary sexual characters.

Gonads were weighed with an analytical balance to the nearest 0.001 g after their storage in Bouin.

In this study, we examined sections of the testis, the epididymis at the level of the testis, the vas deferens at the level of the kidney and the sexual segment in the distal third of the kidney. Spermatogenic stages were established based on the most advanced cells of the germinative epithelium. Presence of spermatozoa and secretions in the lumen of the epididymis and vas deferens were also determined. Histological variations of the kidney tubules were also described.

Minimum size at sexual maturity was determined by the presence of spermatozoa for males in testis and epididymis.

Diameter of the seminiferous tubules, of the epididymis, vas deferens and sexual segment of kidney were measured with an ocular micrometer.

III. RESULTS

Testis mass and histological study of testis, epididymis, kidney and vas deferens were studied in *Lacerta media*.

1 - Testis mass (fig. 2)

Testes mass was smaller during the non reproductive period. Their lowest weight is in August (Mean=17.71g, SE=1.82, N=7). Testicular weight begins to increase in autumn, from October (Mean= 62.66g, SE=6.96, N= 3). Testis mass attains its maximum in spring. The weight reached a peak in May (Mean: 180.4g, SE=16.86, N=5). The testes are reduced during the sexual repose and they look yellow. They are developed during the reproduction period and look white.

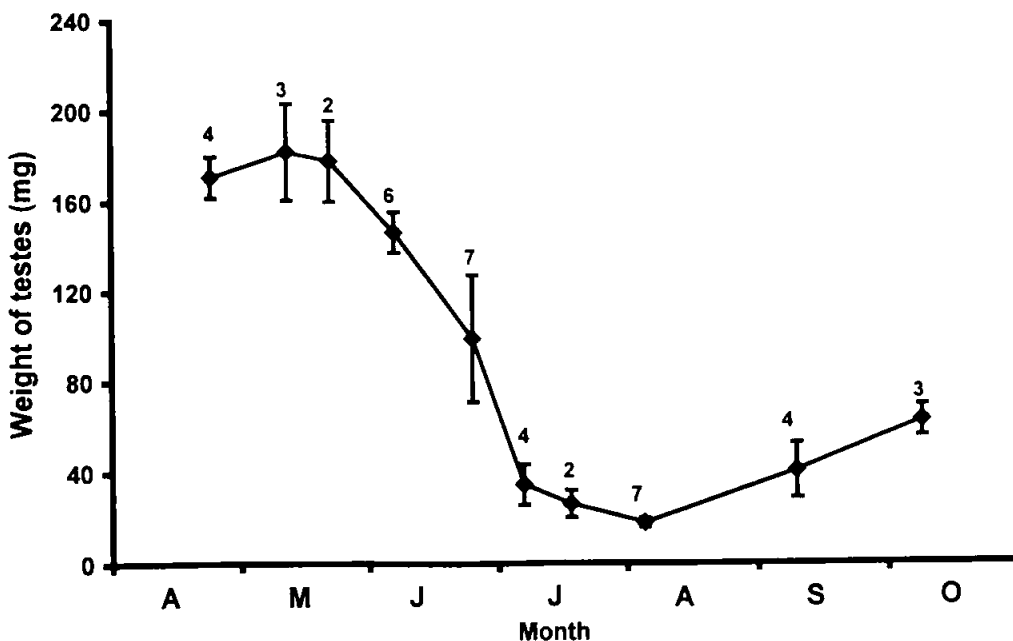


Figure 2 : Annual variation in the mean weight of testes in *Lacerta media*. The numbers refer to the number of lizards examined.

2 - Seminiferous tubules (fig. 3 and table I)

Seminiferous tubules showed essentially the same pattern as that of the evolution of the testis mass. Apparently the males have a synchronized testicular activity. Evolution of seminiferous tubules from each month can be observed in Figure 3.

Table 1 - Histological variations of the testis, epididymis and sexual segment of kidney in *Lacerta media* and *Lacerta laevis*. (+=Rare, +=Numerous, +++ =Very numerous, Inv. =Involution, Hyp.=Hypertrophy, Muc.=Mucous, Nb =Number, S=Secretion, S=Spermatoocyte I, Ser=Serous, Sgonia=Spermatogonia, SVL=Snout Vent Length, Szoa=Spermatozoa)

Month	Adult males of <i>L. media</i> ranged from 85 to 125 mm. SVL				Adult males of <i>L. laevis</i> ranged from 55 to 82 mm. SVL			
	Nb	Testis	Epididymis	Kidney	Nb.	Testis	Epididymis	Kidney
Jan.	-	-	-	-	-	-	-	-
Feb.	-	-	-	-	4	Szoa +++	Hyp. with Szoa & S.	Hyp. with Ser. cells & S
Mar.	-	-	-	-	5	Szoa +++	Hyp. With Szoa & S.	Hyp. with Ser. cells & S
Apr.	4	Szoa +++	20th Hyp. with Szoa & S.	20th Hyp. With Ser. cells & S.	8	Szoa +++	Hyp. with Szoa & S.	Hyp. with Ser. cells & S
May	5	Szoa +++	Hyp. with Szoa & S.	Hyp. with Ser. cells & S.	11	Szoa +++	Hyp. with Szoa & S.	Hyp. with Ser. cells & S
June	13	Szoa +++	Hyp. with Szoa & S.	Hyp. with Ser. cells & S.	10	Szoa +++	Hyp. with Szoa & S.	Hyp. with Ser. cells & S
July	7	Sgonia or Sgonia & SI +	15 th Inv.	15 th Inv. Muc cells	13	Sgonia & SI +	15 th Inv.	15 th Inv. Muc cells
Aug.	7	Sgonia or Sgonia & SI +	Inv.	Inv. Muc cells	14	Sgonia & SI +	Inv.	Inv. Muc cells
Sep.	4	Sgonia & SI ++	Inv.	Inv. Muc cells	14	Szoa +++	Inv.	Inv. Muc cells
Oct.	3	Sgonia & SI +++	Inv.	Inv. Muc cells	10	Szoa +++	Hyp. with Szoa & S.	Hyp. with Ser. cells & S
Nov.	-	-	-	-	10	Szoa +++	Hyp. with Szoa & S.	Hyp. with Ser. cells & S
Dec.	-	-	-	-	1	Szoa +++	Hyp. With Szoa & S.	Hyp. with Ser. cells & S

During July and August, the hottest months of the year, the seminiferous tubules showed maximal regression and the lumen is absent. Histological investigations in fourteen adult males showed that only five have seminiferous tubules with spermatogonia. The others show spermatogonia with some spermatocytes I.

In autumn, a period of slight renewal occurs. In September, in the seminiferous tubules of all adult males studied, we observed spermatogonia with more numerous spermatocytes I. The lumen of seminiferous tubules is not well-developed. In October, the seminiferous tubules show an active spermatocytogenesis. The spermatocytes I are found at different stages. Spermatids and spermatozoa are completely absent. The mean diameter of seminiferous tubules increases from about 115 in August to about 206 in early October.

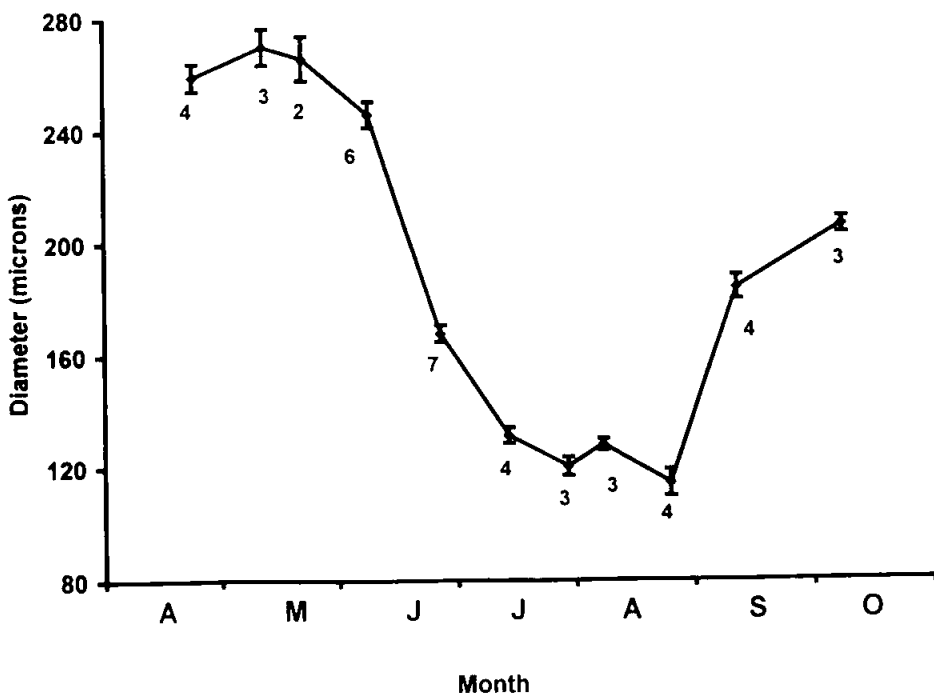


Figure 3 - Annual variation in the diameters of the seminiferous tubules in *Lacerta media*. The numbers refer to the number of lizards examined.

Autumnal germ cells already present in the testis, which had remained blocked during the winter, continue their maturation in spring after hibernation. The spermiogenesis is observed in all adult males studied in April-May. Until 20 June, a great number of spermatozoa is observed in the well-developed lumen of the seminiferous tubules and all the stages of spermatogenesis are present. The diameter of the seminiferous tubules reaches an average of 270 around mid-May.

We have not been able to observe testes from March, but we think that spermiogenesis began during that month or in early April because all the males examined after mid-April have an active spermiogenesis with the sexual secondary characters very hypertrophied. This indicates that the lizards began their spermiogenesis in or near their burrows in March.

3 - Epididymis (Fig. 4 and table I)

The epididymis reaches its maximum involution from July to October. The recrudescence of epididymis occurs in spring, with pronounced development just after emergence from hibernation. Epididymis of all adult males studied after the 15th of April were hypertrophied with mature spermatozoa and secretion granules in their lumen. The histological investigation revealed that this hypertrophy lasts until the end of June.

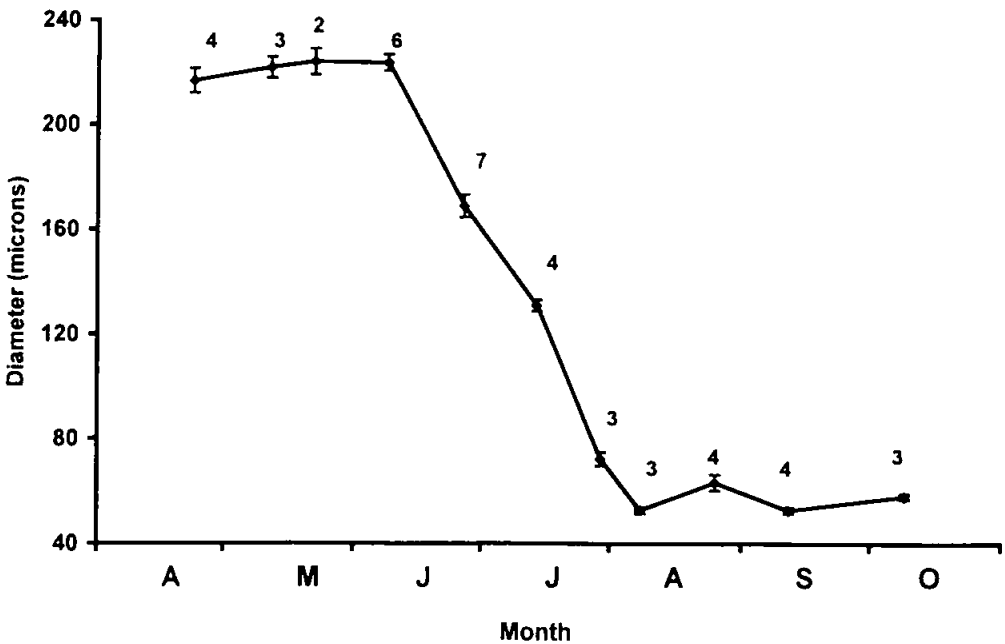


Figure 4 - Annual variation in the diameter of the epididymis in *Lacerta media*. The numbers refer to the number of lizards examined.

4 - Sexual segment of kidney (Fig. 5 and table I)

The sexual segment of kidney shows a synchronic evolution with that of the epididymis. During the period of rest, lasting from July to October, the tubule epithelium is composed of mucous cells. During the period of sexual activity in spring (from April to late June), it is hypertrophied. The serous cells of the tubule epithelium secrete glycoprotidic substances which accumulate in the apical pole of the cells. Some granules are observed in the lumen.

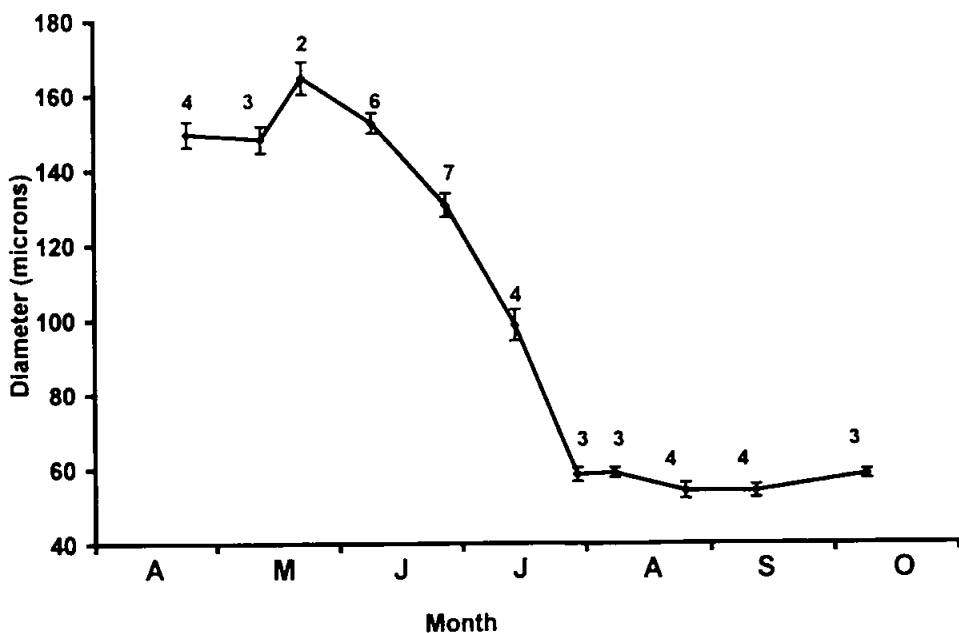


Figure 5 - Annual variation in the diameter of the sexual segment of the kidney in *Lacerta media*. The numbers refer to the number of lizards examined.

5 - Vas deferens

The vas deferens at the level of kidney is involuted after mid-July. Its epithelium looks thin and the lumen is reduced and empty. The vas deferens becomes hypertrophied in spring but it develops from April to July where the lumen contains many spermatozoa and secretion granules coming from the epididymis.

IV. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The reproductive cycles in the two sympatric Lacertidae *L. laevis* and *L. media*, are seasonal and belong to the mixed type described by Saint Girons (1963, 1984). In spite of their cycles belonging to the same type, clear differences between the two species can be observed upon histological examination.

The mixed type cycle has been observed for *L. muralis* in France (Saint Girons & Duguy 1970), *L. perspicillata* and *L. lepida* in Morocco (Bons & Saint Girons 1981), in *L. monticola cantabrica* in Spain (Brana *et al.* 1990), in *Podarcis sicula campestris* in Italy (Angellini *et al.* 1979) and in many iguanid species in North America (Fox 1974). This type is characterised by the pre-hibernation onset of spermatogenesis. The spermatogenesis regresses or halts during winter and revives in spring when males come out of hibernation. This

spermiogenesis becomes very active with the development of the secondary sexual characters. Reproduction and mating occur in spring. In this reproductive type, the testes never go into total rest.

We can say that there are two periods of activity in *L. media* compared with *Podarcis sicula campestris* as observed by Angellini *et al.* (1979). The first one occurs in the spring-summer (April to late June) and the other in the summer-autumn (September and October). Only spring-summer recrudescence serves reproductive purposes whereas the summer-autumnal one is considered abortive being accompanied neither by development of the secondary sexual characters, epididymis and sexual segment of the kidney nor by spermiation. Angellini *et al.* (1979) used the term "thermorigostatic spermatogenesis" instead of the term "mixed spermatogenesis" proposed by Saint Girons (1963) to designate this type of spermatogenesis.

The mixed type cycle of *L. media* in the Lebanese mountains at 1600 m altitude, approaches the vernal or prenuptial type (Saint Girons 1963), which is characterised by the multiplication of spermatogonia in the summer. The spermiogenesis in prenuptial type occurs in spring before mating. The secondary sexual characters develop in the spring. They regress in summer as in many iguanids of North America (Fox 1974), in *Varanus griseus* (Kehl 1944) and in *Scincus scincus* (Kehl 1944, Badir 1958). The mixed type of *L. media* is similar to that of *Chalcides ocellatus* (Badir 1958), *Chalcides mionecton*, *Chalcides polylepis* (Bons & Saint Girons 1981), *Ophisaurus koellikeri* (Bons & Saint Girons 1981) and *Anguis fragilis* (Herlant 1933, Saint Girons 1963). The secondary sexual characters of all these species, as in *L. media*, develop only during the mating period in the spring. The spermiogenesis does not appear in the autumn but after hibernation. Spermatogonia and spermatocyte I were very numerous before males went into hibernation, whereas in *L. laevis*, a species sympatric with *L. media*, spermiogenesis is very active and the secondary sexual characters are developed and secretory in autumn. This activity persists during hibernation and in spring (Hraoui-Bloquet 1985). There is one period of mating, courtship and copulation from April to late June. A short period of regression is observed in summer during the warmest months of the year (July and August).

The feature common to both *L. media* and *L. laevis* is that there is only one period of mating and copulation per year which lasts from April to July as in *L. muralis* (Saint Girons & Duguy 1970), *L. perspicillata* and *L. lepida* (Bons & Saint Girons 1981), *L. monticola cantabrica* (Brana *et al.* 1990) and *Podarcis sicula campestris* (Angellini *et al.* 1979).

The differences are that, in *L. media*, the period characterised by active spermiogenesis and hypertrophy of the secondary sexual characters lasts 3 to 4 months whereas in *L. laevis* this period is very long and lasts 8 to 9 months.

L. media is similar to *L. muralis* (Saint Girons & Duguy 1970), *L. monticola cantabrica* (Brana *et al.* 1990) and *Podarcis sicula campestris* (Angellini *et al.* 1979) in having two periods of stasis during the warmest months of the year (July and August) and the coldest months (November to February). In these

species, however, there is an autumnal abortive spermiogenesis not observed in *L. media* whose fall spermatogenesis does not exceed the stage of spermatocytes I.

We agree with Licht (1971, 1972) that the testicular recrudescence is stimulated by the increase or decrease in temperature. In the case of lizards belonging to the mixed type, it seems that a decrease in temperature at the beginning of the autumn, would start the spermatogenesis and that the final periods of testicular recrudescence require the high temperatures of spring.

The reproductive activities in male and female of *L. media* are synchronous, where both spermatogenesis and vitellogenesis occur in spring as of early April. It is asynchronous in *L. laevis* because the adult males are reproductively ready for copulation as of late October, whereas in females the follicles are in previtellogenesis (Hraoui-Bloquet 1987, 1988). Their vitellogenesis is halted in the winter under the coldest temperatures and re-starts in spring (Hraoui-Bloquet 1987). According to Saint Girons (1984), mating occurs only when secondary sexual characters are developed. This is true for *L. media* but not for *L. laevis* because the females of the latter are not yet ready for copulation despite development of the secondary sexual characters in males. Furthermore, there is no storage of spermatozoa in the oviduct as in many Palaearctic snakes which have an autumnal and a spring copulation (Saint Girons 1982).

The asynchronous cycle is observed in reptiles of intertropical regions. The males have a continuous sexual activity but females have a seasonal reproduction (Saint Girons 1984).

According to Fox and Dessauer 1985, Mayhew 1961, Licht 1971, 72, 73, the reproductive activity is under the control of many factors such as temperature, photoperiod and precipitation. We conclude that the sexual cycle of *L. media* is more influenced by the exogenous factors (temperature and photoperiod) than in *L. laevis*, which seems more under endocrine stimuli.

Acknowledgements. The research work for this paper was funded by the Lebanese National Council for Scientific Research to whom we are very grateful.

V. REFERENCES

- Angellini F., Picariello O. & Botte, V. 1976 - Influence of photoperiod and temperature on the testicular activity of the lizard *Lacerta sicula sicula*. *Boll. Zool.*, 43 : 111 -123
- Angellini F., Brizzi R. & Barone C. 1979 - The annual spermatogenetic cycle of *Podarcis sicula campestris* De Betta (Reptilia : Lacertidae). The spermatogenic cycle in nature. *Monitor Zool. Ital. (N.S.)*, 13 : 279 - 301.
- Badir N. 1958 - Seasonal variation of the male urogenital organs of *Sincus sincus* L. and *Chalcides chalcides* Forsk. *Z. wiss. Zool.*, 160 : 290 -351.
- Ballinger R.E. 1973 - Comparative demography of two ovoviviparous iguanid lizards (*Sceloporus jarrovi* and *Sceloporus poinsetti*). *Ecology*, 54 : 269-283.
- Bons J. & Saint Girons H. 1981 - Le cycle sexuel des Reptiles mâles au Maroc et ses rapports avec la répartition géographique et le climat. *Soc. Zool. de Fr. Sexualité*, 71- 86.

- Brana F., Arrayago M.J., Bea A. & Barahona A. 1990 - Ciclo reproductor y de Cuerpos grasos en los machos de *Lacerta monticola cantabrica*. Comparacion entre dos poblaciones situadas a diferente altitud. *Amphibia-Reptilia*, 11 : 41- 52.
- Darevsky I.S. & Kulikova V.N. 1962 - Sistematicheskie priznaki i nekotorye osobennosti oogeneza gibridov mezhdou odoepoloi partenogeneticheskoi formani skol noi yoshcherity. *Tistologiya*, 4 : 160 -170.
- Duellman W.E. 1978 - The biology of an equatorial herpetofauna in amazonian Equador. *Univ. Kansos Mus. Nat. Hist. Misc. Publ.*, 65 : 1- 352.
- Fitch H.S. 1982 - Reproductive cycles in tropical reptiles. *Univ. Kansas Mus. Nat. Hist.*, 96 : 1- 53.
- Fox W. 1974 - The urogenital system of reptiles. In : *Biology of the Reptilia*, Gans co., Academic Press, London, 6 : 1-157.
- Fox W. & Dessauer H.C. 1958 - Response of the male reproductive system of lizards (*Anolis carolinensis*) to unnatural daylengths in different seasons. *Biol. Bull. Woods Hole Mass.*, 115 : 421- 439.
- Fuhn I.E. & Vancea S. 1961 - Fauna Republicii populare Romine. Reptilia, Editura Academisi Republica Populaire Romine. Vol. XIV, Fasc. 2. 349 p.
- Guillette L.J. & Casas-Andrew G. 1987 - The reproductive biology of the high elevation mexican lizard *Barisia imbricata*. *Herpetologica*, 43 : 29-38.
- Herlant M. 1933 - Recherches histologiques et expérimentales sur les variations cycliques du testicule et des caractères sexuels secondaires des Reptiles. *Arch. Biol. Liège*, 44 : 347-468.
- Hraoui-Bloquet S. 1981 - Les reptiles du Liban. 1- Nomenclature et notes écologiques. *Ecologia Mediterranea*, 7 : 93 - 101.
- Hraoui-Bloquet S. 1985 - Le cycle sexuel des mâles chez *Lacerta laevis* (Reptilia, Lacertidae) dans les montagnes du Liban. *Amph. Rept.*, 6 : 217 -227.
- Hraoui-Bloquet S. 1987 - Le cycle sexuel des femelles chez *Lacerta laevis* Gray 1838, dans la montagne du Liban. *Amph. Rept.*, 8 : 143-152.
- Hraoui-Bloquet S. 1988 - Le cycle sexuel des femelles chez *Lacerta laevis* en plaine au Liban. *Lebanese Science Bulletin*, 4 : 31- 39.
- 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. *Amph. Rept.*, 9 : 189 -195.
- Joly J. & Saint Girons H. 1975 - Influence de la température sur la vitesse de la spermatogenèse, la durée de l'activité spermatogénétique et l'évolution des caractères sexuels secondaires du lézard des murailles, *Lacerta muralis* L. (Reptilia, Lacertidea). *Arch. Anat.Micr.*, 64 : 317 - 336
- Joly J. & Saint Girons H. 1981 - Influence de la température sur la vitesse de la spermatogenèse de *Lacerta vivipara* et comparaison avec *Lacerta muralis* (Reptilia, Lacertidae). *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 106 : 337 - 340.
- Kehl R. 1944 - Etude de quelques problèmes d'endocrinologie génitale chez certains Reptiles du Sud Algérien. *Rev. Canad. Biol.*, Montreal, 3 : 131-219.
- 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. *Gen. Comp. Endocrinol. Suppl.*, 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. 1984 - Reptiles. In : *Marshall's Physiology of reproduction. Reproductive cycles of Vertebrates*. Vol. 1. G.E. Lammig (Cd.). pp. 206-282. 4th ed. Churchill Livingstone, Edinburgh.

- 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*. *J. Zool. Lond.*, 157 : 469 -501.
- Magnusson W.E. 1987 - Reproductive cycles of teiid lizards in Amazonian savanna. *J. Herpet.*, 21 : 307-316.
- Matthey R. 1929 - Caractères sexuels secondaires du lézard mâle (*Lacerta agilis*). *Bull. Soc. vaud. Sci. Nat.*, 57 : 71- 81.
- Mayhew W.W. 1961 - Photoperiodic response of female fringe toed lizards. *Science*, 134 : 2104-2105.
- Reiss P. 1923 - Le cycle testiculaire du lézard (*Lacerta agilis*). *C.R. Soc. Biol.*, 88: 445 - 448.
- Rollinat R. 1900 - Mœurs et reproduction du lézard vert. *Men. Soc. Zool. France*, 13 : 5-30.
- Saint Girons H. 1963 - Spermatogenèse et évolution cyclique des caractères sexuels secondaires chez les squamates. *Ann. Sci. Nat. Zool.*, 12 : 461-478.
- Saint Girons H. 1982 - Reproductive cycles of males snakes and their relationships with climatic and female reproductive cycles. *Herpetologica*, 38 : 5-15.
- Saint Girons H. 1984 - Les cycles sexuels des lézards mâles et leur rapports avec le climat et les cycles reproducteurs des femelles. *Ann. Sci. Nat. Zool.*, 13th Ser., 6 : 221- 243.
- Saint Girons H. & Duguy R. 1970 - Le cycle sexuel de *Lacerta muralis* en plaine et en montagne. *Bull. Hist. Nat.*, 42 : 609 - 635.
- Sayer P. 1953 - Breeding of the green lizard (*Lacerta viridis*) in England, *British J. Herpetology*, 148 -149.
- Witt L.J. 1986 - Reproductive tactics of sympatric gekkonid lizards with a comment on the evolutionary and ecological consequences of invariant clutch size. *Copeia* 1986 : 773-786.

Manuscrit accepté le 29 octobre 1999

Effets de la température sur la ventilation chez *Lacerta vivipara* (Reptilia, Lacertidae)

par

Yann VOITURON et Claude GRENOT

Ecole Normale Supérieure, Laboratoire d'Ecologie, U.M.R. 7625,
46 rue d'Ulm, 75230 Paris cedex 05 (France).

Résumé – *Lacerta vivipara* est un reptile des zones tempérées qui fait face, dans les différents biotopes humides qu'il colonise, à des températures relativement froides tout au long de l'année. Les variations de différents paramètres ventilatoires comme la ventilation pulmonaire (V_E), la fréquence respiratoire (F_R), le volume courant (V_T) et les temps de pause (P) sur une gamme de température allant de 2 à 30°C. F_R et V_E augmentent de façon linéaire avec la température tandis que V_T présente une corrélation linéaire négative avec la température. En dessous de 10°C, un mécanisme ventilatoire très différent apparaît (les pauses ventilatoires augmentent et des phases de polypnées, appelées "bursts", apparaissent). Ce changement radical constitue le reflet d'un seuil physiologique pour *Lacerta vivipara* qu'il est possible de corréler avec l'efficacité du comportement prédateur de cette espèce.

Mots-Clés : Ecophysiologie. Adaptations ventilatoires. Reptile. Température. Mécanisme respiratoire.

Summary – The effects of temperature on the breathing pattern of *Lacerta vivipara* (Reptilia, Lacertidae). *Lacerta vivipara* is a temperate region reptile that must cope with cold temperature throughout the year in the humid biotopes that it inhabits. The variations in various parameters of ventilation such as pulmonary ventilation (V_E), breathing frequency (F_R), tidal volume (V_T) and non ventilatory period (P) over a temperature range of 2-30°C. F_R and V_E show a positive linear correlation with temperature, whilst V_T exhibits a negative linear correlation with temperature. Below 10°C, a new ventilatory pattern appears (characterized by an increase of non ventilatory period and the appearance of ventilatory bursts). This radical change reflects the occurrence of a physiological switch for *Lacerta vivipara*, that may be correlated with the predatory behaviour of this species.

Key-words : Ecophysiology. Ventilatory adaptations. Reptile. Temperature. Breathing mechanism.

I. INTRODUCTION

Le faible métabolisme des reptiles leur permet d'utiliser peu d'oxygène et évite à ces animaux une respiration continue. De nombreuses études descriptives de l'appareil respiratoire reptilien (Drummond 1946) et de sa mécanique (Boelaert 1941, Serfaty & Peyraud 1960, Jammes & Grimaud 1976) ont été réalisées. Plusieurs paramètres de la ventilation ont été définis : la fréquence respiratoire (F_R), le volume courant (V_T), la ventilation pulmonaire (V_E) défini comme étant la résultante de $F_R \times V_T$ et les pauses respiratoires

(P). Pour chaque température, il existe une combinaison particulière de V_T et F_R permettant un travail mécanique minimum de l'appareil ventilatoire (Milsom 1984) afin de répondre aux besoins métaboliques de l'animal. Deux types de mécanismes respiratoires ont été mis en évidence chez ces animaux (Milsom 1988). Le premier consiste en des respirations régulières et espacées de périodes d'apnée, le second en des inspirations-expirations groupées pour former ce que l'on appelle des "bursts". Si beaucoup de travaux ont tenté de mettre en évidence l'effet de la température sur ces phénomènes de régulation ventilatoires (Nielsen 1961, Jackson 1971, Bennett 1973, Cooper & Veale 1986), la gamme thermique utilisée ne couvrait que les températures d'activité et restait donc restreinte. Seules quelques études ont été effectuées en dessous de 10°C (De Vera Porcelle & Gonzalez 1986). Cependant différentes espèces comme *Lacerta vivipara* survivent dans les régions arctiques et sub-arctiques où ils sont régulièrement confrontés à des basses températures. Le lézard vivipare (*Lacerta vivipara* Jacquin) a développé deux mécanismes de tolérance au froid : la congélation et la surfusion (Grenot & Heulin 1993, Costanzo *et al.* 1995, Grenot *et al.* 1996). Cette capacité unique d'utiliser deux stratégies de tolérance au froid permet d'expliquer en partie sa vaste répartition géographique qui s'étend de l'Ecosse aux îles Sakhaline et du Nord de l'Espagne jusqu'au cercle polaire Arctique.

Il nous a paru intéressant d'étudier la ventilation de cette espèce dans une gamme de températures incluant des températures basses voisines de celles qu'il rencontre fréquemment même pendant les périodes d'activité dans les différents biotopes qu'il colonise.

Par quantification de différents paramètres de la ventilation entre 2°C et 30°C sur des individus non immobilisés - ceci pour éviter un stress qui pourrait affecter le pattern respiratoire (Glass *et al.* 1983) -, nous apportons des éléments pour mieux comprendre comment cette espèce répond aux conditions thermiques si différentes dans son biotope.

II. MATERIELS ET METHODES

Les expériences ont été conduites sur 16 individus (10 mâles et 6 femelles ; masse moyenne $3,9g \pm 0,3$) capturés au mois d'avril dans les tourbières de l'Est de la France (Frasne, Doubs; Latitude : 46°48'7 N ; Longitude : 6°11'1 E ; Altitude: 850 m). Cette région est caractérisée par un climat très rigoureux (Pernot-Visenti 1978) où des températures négatives sont fréquemment relevées au cours des nuits, même pendant l'été (observations personnelles).

Pendant les 4 jours précédant les expérimentations, les lézards étaient maintenus en terrarium avec de l'eau *ad libitum* mais sans nourriture, assurant ainsi un métabolisme équivalent pour chaque individu lors de l'étude.

Nous avons mesuré, par pléthysmographie barométrique différentielle (méthode de Drorbaugh), le volume courant (V_T) et la fréquence respiratoire (F_R) dans une gamme de température allant de 2 à 30°C. Le matériel utilisé

lors de ces expérimentations est celui décrit par Jammes & Grimaud (1976) et Longepierre & Grenot (1998).

Chaque animal est placé dans une cellule où il peut se déplacer. Cette cellule communique par un orifice réduit avec une chambre de référence. Chaque chambre est connectée à un électromanomètre (Schlumberger, précision ± 2 mbar) qui détecte les variations de pression et les convertit en variations de volumes. Les informations sont ensuite envoyées à un enregistreur (Dynograph Beckman). Il est possible d'installer, en série après l'électromanomètre, un système Résistance-Capacitance (RC) qui permet d'éliminer le "bruit de fond" et ainsi d'obtenir un tracé plus net.

Le pléthysmographe est immergé dans un bain thermostaté à la température déterminée pour l'expérience. Pour chaque série de mesures, la calibration de l'appareil est directe et se réalise par injection de 50 μ l d'air grâce à une microseringue Hamilton. Avant tout enregistrement, la température de la chambre est stabilisée et l'animal est laissé 60 minutes au repos afin d'atténuer les perturbations dues à sa manipulation.

L'ensemble des données a été traité avec le logiciel de statistique SAS (SAS 1994). Le test de Kolmogorov-Smirnov permet de vérifier la distribution normale et unimodale pour chaque paramètre étudié. Avant les analyses, les variables sont transformées en logarithme népérien puis traitées par des méthodes de régression linéaire ou courbe de tendance. Les valeurs des facteurs de corrélation, des probabilités, ainsi que les équations sont précisées pour chaque paramètre. Si aucune transformation ne permet l'obtention de la normalité des données, un test non-paramétrique de corrélation (test de Wilcoxon) est alors utilisé.

III. RESULTATS

Les tracés obtenus par la pléthysmographie montrent parfaitement le mouvement triphasique (fig. 1) de la respiration des Sauriens décrit par Nielsen (1961), Jammes & Grimaud (1976) et Cragg (1978): une première phase expiratoire appelée E1 suivie d'une phase inspiratoire appelée I puis d'une seconde phase expiratoire appelé E2.

Les effets de la température sont multiples et affectent les différents paramètres impliqués dans la ventilation des lézards. Il est important de noter que chaque point présent dans les différentes régressions linéaires correspond à une moyenne sur 5 minutes d'enregistrement par individu.

L'augmentation de la fréquence respiratoire avec celle de la température se corrèle également bien avec une régression linéaire (fig. 2). Les valeurs à 30°C sont plus de 30 fois supérieure de celles à 2°C (respectivement 1.09 ± 0.19 et 34.50 ± 3.22 inspirations.minute⁻¹).

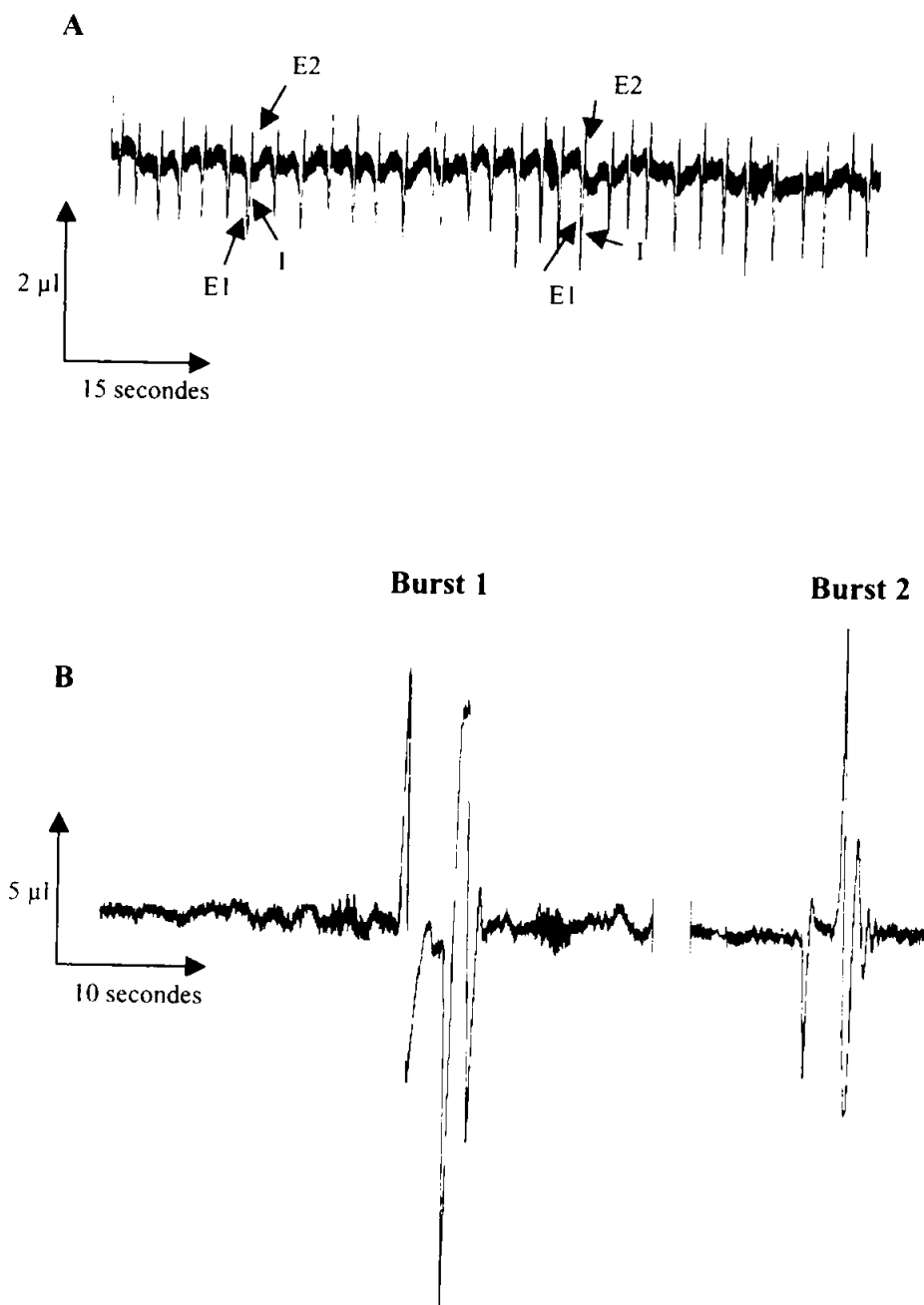


Figure 1 : A : Exemple de réponse ventilatoire d'un lézard vivipare (*Lacerta vivipara*) maintenu à 25°C. E1 = Phase expiratoire, I = Phase inspiratoire, E2 = Phase expiratoire. B: Exemple de réponse ventilatoire d'un lézard vivipare (*Lacerta vivipara*) maintenu à 2°C. Pour des raisons pratiques, l'échelle du temps a été interrompue (l'apnée entre les deux "bursts" respiratoires dure plus d'une minute).

ln (Fréquence respiratoire) en insp.min⁻¹

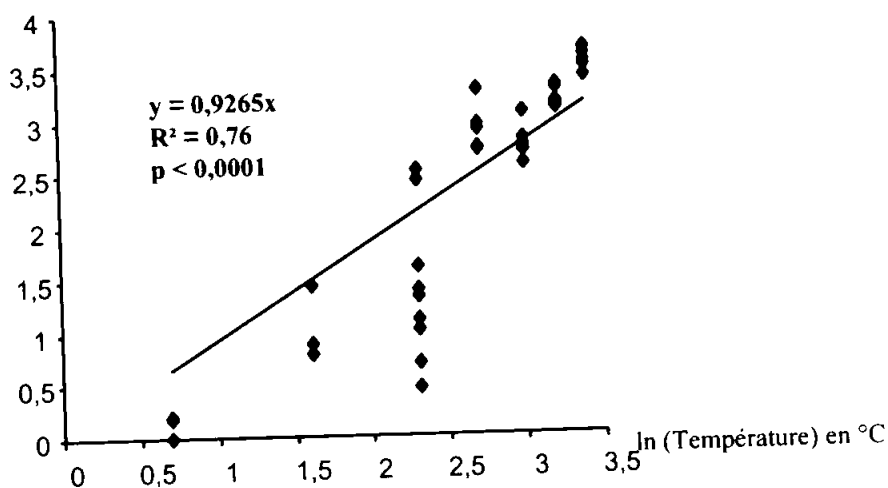


Figure 2 : Evolution de la fréquence respiratoire (exprimé en nombre d'inspirations minute⁻¹) en fonction de la température chez *Lacerta vivipara*.

Le volume courant présente une corrélation linéaire négative avec la température (fig. 3). Les moyennes s'échelonnent entre $1,95 \pm 0,28 \mu\text{l}$ à 30°C et $6,67 \pm 1,52 \mu\text{l}$ à 2°C .

ln (Volume courant) en μl d'air

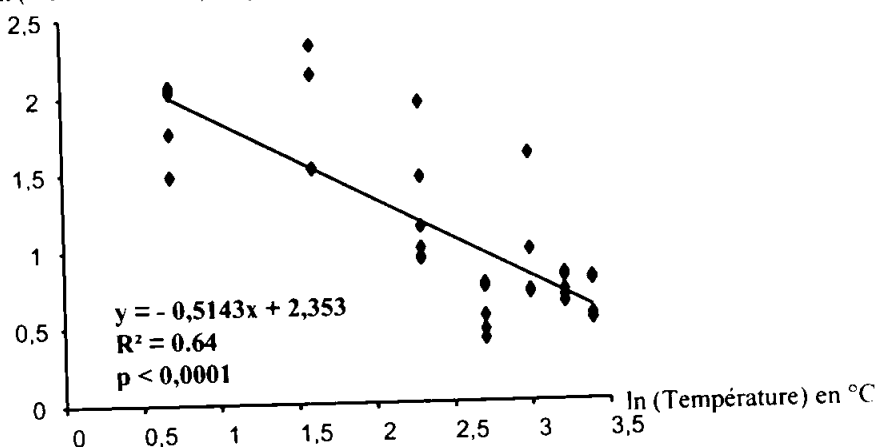


Figure 3 : Variation du volume courant en fonction de la température chez *Lacerta vivipara*.

La gamme de température permet de montrer une augmentation linéaire de V_E en fonction de la température (voir fig. 4). Un facteur 8 existe entre les moyennes à 2°C et à 30°C (respectivement $2,72 \pm 0,17$ et $20,97 \pm 2,93 \mu\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$).

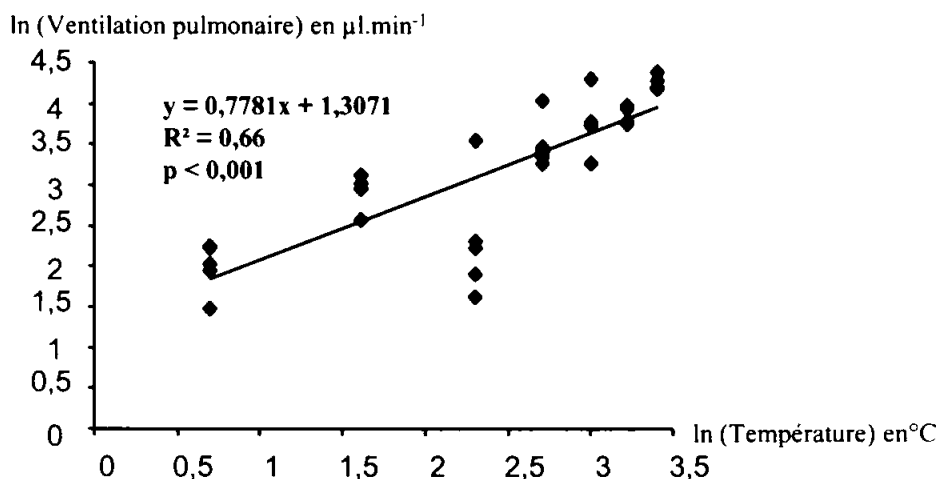


Figure 4 : Evolution de la ventilation pulmonaire (V_E) en fonction de la température chez *Lacerta vivipara*.

L'effet de la température sur les temps d'apnée est très important (valeur minimale à 30°C : 1.2s et valeur maximale à 2°C : 336s). La normalité n'ayant pas été obtenue par les différentes transformations possibles, le graphique présenté sur la figure 5 ne fait que représenter les variations des temps Pauses respiratoires (s)

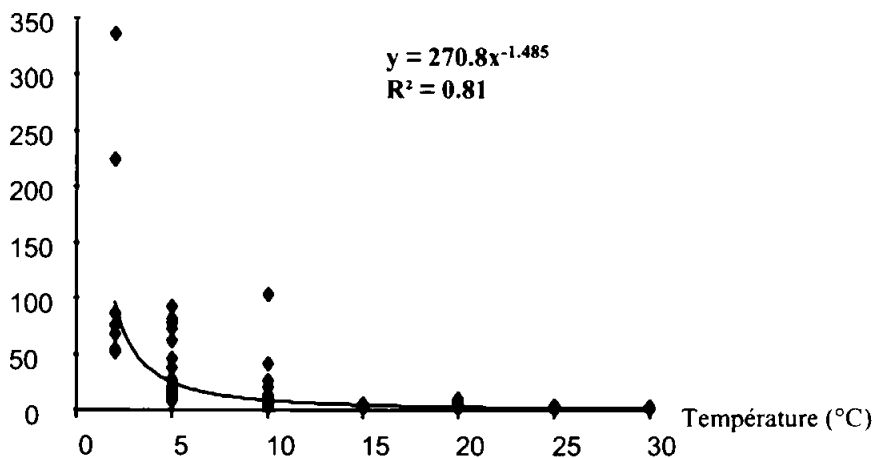


Figure 5 : Evolution de la durée des pauses respiratoires en fonction de la température chez *Lacerta vivipara*.

d'apnées en fonction de la température mais n'a pas de valeur statistique. Le test de Wilcoxon détecte une différence extrêmement significative (CHISQ = 203,18; DF = 6; $p < 0,0001$).

De façon générale, les valeurs suivent une loi exponentielle avec un décrochement en dessous de 10°C (fig. 5). C'est d'ailleurs à cette même température que le mécanisme ventilatoire se modifie avec l'apparition de "bursts" respiratoire (fig.1). Cette tendance s'accroît lorsque la température diminue.

IV. DISCUSSION ET CONCLUSION

L'approche statistique par les courbes de tendance permet de montrer qu'il existe une régulation continue des mécanismes ventilatoires pour chaque température chez le lézard vivipare. Nos résultats confirment une corrélation positive entre la température et la ventilation pulmonaire souvent décrite chez les lézards (Glass & Wood 1983). De plus, le fait que la ventilation pulmonaire suive la même tendance que celle de la fréquence respiratoire (régression linéaire positive) semble indiquer que cette dernière constitue la principale voie de régulation (Nielsen 1961). Les autres mécanismes (régulation du volume courant et des temps de pauses) seraient alors des mécanismes plus fins probablement utiles en cas de faibles températures. Il est tout à fait intéressant de noter que le lézard vivipare peut présenter, en théorie, une valeur nulle en fréquence respiratoire. En effet, pendant les phases de congélation (Costanzo *et al.* 1995) en période hivernale, les poumons sont gelés comme tous les organes à l'exception du cerveau. Le fait que la droite de régression coupe l'axe des abscisses n'est donc pas impossible. En revanche, le choix de la faire passer par le point zéro est tout à fait arbitraire.

L'augmentation significative des pauses respiratoires aux alentours de 10°C s'accompagne de la perte de la régularité des mouvements respiratoires et l'apparition des "bursts". Même le mouvement triphasique caractéristique de la respiration des reptiles est modifiée (fig. 1). Ce changement radical dans le mécanisme ventilatoire à cette température pourrait constituer le reflet d'un seuil physiologique pour le lézard vivipare. Il est d'ailleurs possible de corréler cette température avec un élément écologique qui est l'efficacité du comportement prédateur chez cette espèce. En effet, Avery *et al.* (1982) et Avery & Mynott (1990) montrent, par l'intermédiaire de deux caractéristiques (le "Handling time" et le "Successful feeding"), qu'un lézard vivipare ne se nourrit quasiment plus en dessous de 10°C. On peut donc penser qu'en dessous de cette température, plus aucun gain énergétique n'étant possible (plus de thermorégulation ni de nourrissage possible), le lézard entre dans un état physiologique de torpeur qui se traduit par un changement du mécanisme respiratoire. Malheureusement, le manque de données sur les patterns respiratoires en dessous de 10°C rend les comparaisons difficiles.

Nielsen (1961) ne trouvait aucune différence significative pour les volumes courants entre 10°C et 30°C chez *Lacerta sicula* et *Lacerta viridis* et pensait que la fréquence respiratoire suivait une loi exponentielle. *Lacerta vivipara* répond lui aux variations thermiques via la régulation continue de la fréquence et le volume courant. Cette régulation du volume courant n'a pas été montrée chez d'autres lézards (Crawford & Kampe 1971) et pourrait expliquer en partie pourquoi et comment le lézard vivipare peut survivre au-delà du cercle polaire arctique.

Dans une gamme de températures où l'animal est actif (entre 20°C et 30°C), le volume courant atteint une valeur faible (autour de 0,4 $\mu\text{l.g}^{-1}$). On peut penser qu'il n'augmente pas de façon significative avant le seuil d'halètement ("panting threshold") observé chez beaucoup d'espèces (Chong *et al.* 1973, Crawford & Kampe 1971).

Il est pourtant important de préciser les limites de ces expérimentations. En effet, la régulation des phénomènes respiratoires s'opère sur 4 plans :

- 1) la régulation de la respiration externe et transfert de l'O₂ de l'air au sang.
- 2) régulation des propriétés de transport de l'O₂ par le sang.
- 3) régulation de la circulation sanguine.
- 4) régulation au niveau des tissus et organes.

Or, avec l'appareillage utilisé, on ne détecte que les régulations qualifiées de "rapides" (1 et 3) probablement mises en place lors des nuits de printemps et d'automne où les amplitudes thermiques sont importantes. Les autres régulations, plus lentes à se mettre en place car nécessitant des synthèses biochimiques, n'apparaissent pas dans ces expérimentations mais sont probablement présentes lors de l'hivernage de l'animal.

De plus, des phénomènes plus fins tels que la capacité sanguine en O₂ ou l'extraction de l'O₂ qui varient en fonction de la température (Pough 1980) ne sont pas prises en compte car considérés négligeables.

Il est évident que les mesures de la fréquence respiratoire, du volume courant et de ventilation pulmonaire ne suffisent pas pour une description complète de l'adaptation métabolique du lézard vivipare face à un changement d'environnement thermique. En effet, les reptiles possèdent de grandes capacités vis-à-vis du métabolisme anaérobie et il est parfaitement envisageable que cette autre voie de production d'énergie augmente avec l'abaissement de la température. Les besoins énergétiques moindres ajoutés au métabolisme anaérobie pourraient expliquer l'extraordinaire chute de ventilation pulmonaire observée lors de cette étude.

Il est maintenant nécessaire de pratiquer des expériences similaires sur des espèces sympatriques au lézard vivipare telles que *Vipera berus* ou *Rana temporaria* qui subissent les mêmes conditions climatiques. Ces expériences mettraient probablement en évidence une convergence physiologique entre ces espèces.

Remerciements : Nous tenons à remercier le Pr. Yves Jammes pour nous avoir permis de réaliser les expériences dans son laboratoire de physiopathologie respiratoire à Marseille. Par ailleurs, un grand merci au Dr. B. Heulin pour ses nombreuses informations.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Avery R.A., Bedford J.D. & Newcombe C.P. 1982 – The role of thermoregulation in lizard biology : predatory efficiency in a temperate diurnal basker. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 11 : 261-267.
- Avery R.A. & Minott A. 1990 – The effect of temperature on prey handling time in *Lacerta vivipara*. *Amphibia-Reptilia*, 11 : 111-122.
- Bennett A. 1973- Ventilation in two species of lizard during rest and activity. *Comp. Biochem. Physiol.*, 46A : 653-671.
- Boelaert R. 1941 – Sur la physiologie de la respiration de lacertiens. *Archs int. Physiol.*, 51 : 379-436.
- Chong G., Heatwole H. & Firth B. 1973 - Panting thresholds of lizards. Diel variation in the panting threshold of *Amphibolurus muricatus*. *Comp. Biochem. Physiol. A*, 46(4): 827-829.
- Cooper K.E. & Veale W.L. 1986 – Effect of temperature on breathing. In : The respiratory system. Cherniak N.S. & Widdicombe J.G. (eds). Vol 2. American Physiologist Society, Bethesda, Md. 691 p.
- Costanzo J.P., Grenot C. & Lee R.E. 1995 - Supercooling, ice inoculation and freeze tolerance in the European common lizard, *Lacerta vivipara*. *J. Comp. Physiol. B*, 165 : 238-244.
- Cragg P. 1978 – Ventilatory patterns and variables in rest and activity in the lizard, *Lacerta*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 60A : 399-410.
- Crawford E. & Kampe G. 1971 – Physiological responses of the lizard *Sauromalus obesus* to changes in ambient temperature. *Am. J. Physiol.*, 220 : 1256-1260.
- De Vera Porcell L. & Gonzalez J. 1986 – Effect of body temperature on the ventilatory responses in the lizard *Gallotia galloti*. *Resp. Physiol.*, 65 : 29-37.
- Drummond F. 1946 - Pharyngeal-oesophageal respiration in the lizard *Trachysaurus rugosus*. *Proc. Zool. Soc. Lond.*, 116 : 225-228.
- Glass M. & Wood S. 1983 – Gas exchange and control of breathing in reptiles. *Physiol. Rev.*, 63 : 232-260.
- Grenot C. & Heulin B. 1993 - Emploi de radioisotopes pour la localisation de *Lacerta vivipara* et l'étude de son métabolisme au cours de l'hivernage. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 307 (3) : 307-310.
- Grenot C., Garcin L. & Tséré-Pagès H. 1996 - Cold-hardiness and behavior of the European Common Lizard, *Lacerta vivipara*, from French populations during the winter. In : Adaptations to the Cold. Tenth International Hibernation Symposium, Geiser, F., Hulbert, A. J., & Nicol, S. C. (eds). pp. 115-121. Univ. New England Press, Armidale.
- Jackson D. 1971- The effect of temperature on the ventilation in the turtle *Pseudemys scripta elegans*. *Resp. Physiol.*, 12: 131-140.
- Jammes Y. & Grimaud Ch. 1976 – Ventilation, pulmonary and cutaneous gas exchange in the awake lizard *Lacerta viridis*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 55A : 279-285.
- Longepierre S. & Grenot C. 1998 - Etude préliminaire de la réponse ventilatoire à différentes températures de *Testudo hermanni hermanni* (Chéloniens, Testudinidae). *Bull. Soc. Herp. Fr.*, 87-88 : 63-70.

- Nielsen B. 1961- On the regulation of respiration in reptiles. *J. Exp. Biol.*, 39 : 107-117.
- Milsom W. 1984 - The interrelationship between pulmonary mechanics and the spontaneous breathing pattern in the Tokay lizard, *Gekko gecko*. *J. Exp. Biol.*, 133 : 203-214.
- Milsom W. 1988 - Control of arrhythmic breathing in aerial breathers. *Can. J. Zool.*, 66 : 99-108.
- Pernot-Visentin O. 1978 - Climatologie et microclimatologie de quelques biotopes caractéristiques de la région de Bonnevaux-Frasne-Bouverans. *Publ. Du CUER*, n° 2 : 67-107.
- Pough F.H. 1980 - Blood oxygen transport and delivery in reptiles. *Am. Zool.*, 20 : 173-185.
- SAS 1994 - SAS-User's Guide. Vols 1 & 2. Language and procedure. Vols 1 & 2. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Serfaty A. & Peyraud C. 1960 - La mécanique respiratoire chez les reptiles et sa régulation. *Bull. Soc. Nat. Toulouse*, 95 : 145-170.

Manuscrit accepté le 26 octobre 1999

Contribution à l'étude des Grenouilles vertes de Poitou-Charentes et Vendée

par

Marc CARRIÈRE

*Association pour l'Information et la Recherche en Ecologie (A.I.R.E.)
17, rue des Renaudins, 17350 Taillebourg (France)*

Résumé - Après un bref rappel sur la systématique, la répartition, et les possibilités d'identification des Grenouilles vertes françaises, l'auteur présente les résultats d'une étude sur les émissions sonores de différents taxons présents en Poitou-Charentes et Vendée. Les caractéristiques des émissions sonores sont exposées, et une clé de détermination est proposée pour distinguer les cinq types de chants qu'il est possible d'entendre dans la région. Une comparaison avec les sources de documentation sonore est effectuée.

Mots clés : Grenouilles vertes. Emissions sonores. Poitou-Charentes. Vendée.

Summary - **Contribution to green frog studies in Poitou-Charentes and Vendée, France.** After briefly recalling the systematics, distribution and identification of green frogs in France, results of a frog-call study are reported on in the Poitou-Charentes and Vendée regions. The components of vocalization are described, and an identification key proposed to distinguish five regional call types, which are compared with existing sound guides.

Key words : Green frogs. Calls. Poitou-Charentes and Vendée regions (West France).

I. INTRODUCTION

La systématique des grenouilles vertes a largement évolué au cours de ces dernières décennies, en particulier grâce aux méthodes d'analyse biochimique (électrophorèse des protéines). Si les systématiciens reconnaissent aujourd'hui cinq taxons à l'échelle nationale, tous potentiellement présents dans le Centre-Ouest de la France, rares sont les batrachologues de terrain qui peuvent prétendre identifier avec rigueur les différentes espèces de grenouilles vertes, à moins d'être rompus aux techniques de l'analyse sérologique. Dans ce contexte, l'étude des émissions sonores reste une piste intéressante à suivre, pour la distinction des différents taxons présents sur notre territoire.

L'étude présentée ici tente d'apporter quelques éléments d'information, d'ordre méthodologique, pour la distinction des différentes "formes" de grenouilles vertes de Poitou-Charentes et de Vendée. Un rappel des difficultés, inhérentes à la détermination de ces Anoures, est tout d'abord effectué, puis les résultats d'une étude "artisanale", sur les chants des grenouilles vertes du Centre-Ouest, sont ensuite exposés.

II. LE "GRENOUILLAGE" DE L'IDENTIFICATION

A - La systématique des grenouilles vertes au cours du siècle

Rana esculenta (la grenouille "mangeable") était, au début du siècle, la seule espèce de grenouille verte reconnue en Europe occidentale (Dubois 1982). A cette époque, les exemplaires de grandes tailles, ou ceux à courtes pattes, prenaient, au mieux, valeur de "races", ou de "variété" (Boulenger 1891, 1910, 1918), et ce n'est qu'à partir des années 30 que la grenouille rieuse (*Rana ridibunda*) fut reconnue en tant qu'espèce. Le statut de cette dernière fit longtemps l'objet de controverses, la plupart des auteurs reconnaissant, cependant, l'existence de deux sous-espèces: la forme nominale, en Europe centrale et orientale, et la sous-espèce *perezi*, occupant le sud de la France, l'Espagne, et, "très probablement", l'Afrique du Nord (Mertens & Müller 1940).

Ce n'est qu'à partir des années 60 que cette situation quelque peu confuse évolua significativement, avec les travaux de Leszek Berger (1968, 1973), qui le premier, mit en évidence le caractère hybride de *Rana esculenta*, établissant, du même coup, la validité des espèces parentales: *Rana ridibunda*, et *Rana lessonae*. Dès lors, la systématique des grenouilles vertes allait connaître de multiples rebondissements, au fur et à mesure de la compréhension des mécanismes de l'hybridogénèse, et avec l'apparition du concept de "klepton" (Dubois & Gunther 1982), mais aussi à la suite de nombreux travaux de biochimie sur le sérum des grenouilles (Graf *et al.* 1977, Uzzell & Tuner 1983...).

Près d'un siècle après Boulenger, on peut aujourd'hui reconnaître, sur le territoire français, pas moins de cinq "espèces" de grenouilles vertes (Dubois & Ohler, 1994):

- *Rana kl. esculenta* LINNAEUS, 1758: la "grenouille verte" (Lescure 1989, Gasc *et al.* 1997...), "grenouille verte de Linnée" (Dubois 1982), ou encore la "grenouille verte de Roesel" (Dubois & Ohler 1994): klepton issu d'hybridations initiales entre *R. lessonae* et *R. ridibunda*, mais susceptible de se maintenir en populations pures (polyploidie).

- *Rana lessonae* CAMERANO, 1882: parfois appelée à tort grenouille de "Lesson", au lieu de "Lessona" (Lescure 1989), ou encore "petite grenouille verte" (Guyétant 1986).

- *Rana ridibunda* PALLAS, 1771: la "grenouille rieuse" (Lescure, 1989), ou encore "grenouille verte de Pallas" (Dubois & Ohler 1994).

- *Rana perezi* SEOANE, 1885: la "grenouille de Pérez", ou "grenouille verte de Pérez".

- *Rana* "kl. RP", ou *Rana kl. grafi*: la "Grenouille de Graf", ou "grenouille verte de Graf": autre klepton, qui possède un génome *ridibunda* et un génome *perezi*.

D'après Crochet *et al.* (1995), le nom "*Rana kl. maritima*", proposé par Dubois & Ohler (1994) pour la grenouille de Graf, semble se rapporter à des grenouilles vertes italiennes.

B - L'originalité chorologique de la région Poitou-Charentes

La répartition géographique de ces cinq taxons n'est que très partiellement connue, les données précédemment acquises devenant peu à peu caduques, au fur et à mesure des changements nomenclaturaux. La synthèse la plus récente en la matière est celle de Gasc *et al.* (1997), schématiquement représentée sur la figure 1, mais à considérer, de l'avis même des auteurs, avec quelques précautions, notamment pour l'Ouest et le Sud de la France.

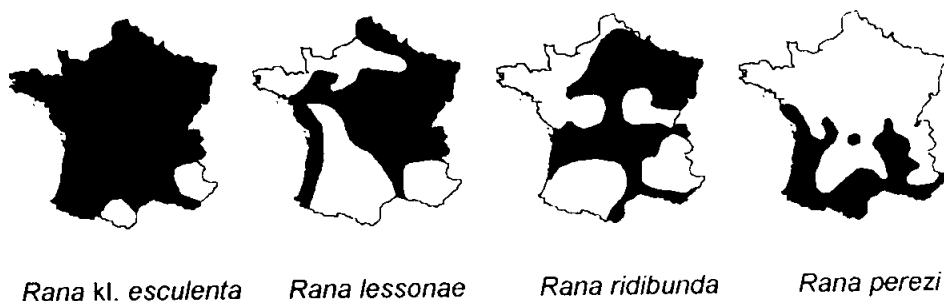


Figure 1 : Répartition schématique des grenouilles vertes françaises (d'après Gasc *et al.* 1997).

Pour la grenouille de Graf, il n'existe, semble-t-il, aucune carte de répartition à l'échelle nationale. La présence de ce taxon serait effective dans les départements du Gard, et des Bouches-du-Rhône (Crochet *et al.*, 1995), ainsi que dans la région d'Aubeterre en Charente, et dans les marais de Brouage en Charente-Maritime (Grillet & Thirion 1997). Quant à son aire de répartition "potentielle", elle est probablement assez proche de celle de *Rana perezi*, dont elle possède un génome. L'autre apport génétique (génome "*ridibunda*"), peut être théoriquement apporté soit par des grenouilles rieuses, soit par des grenouilles de type "*esculenta*"; ceci sans compter, bien sûr, les possibilités de polyploïdie...

Quoi qu'il en soit, la région Poitou-Charentes apparaît bien comme un territoire original pour l'étude des grenouilles vertes, puisqu'il s'agit d'une des rares régions de France, avec une partie de l'Aquitaine, et la vallée du Rhône, où peuvent être théoriquement rencontrées les cinq taxons nationaux.

Encore faut-il pouvoir les identifier correctement...

C - Quand le batrachologue y perd son latin

Force est de reconnaître que les batrachologues non biochimistes ont des chances assez faibles d'identifier correctement les grenouilles vertes. La discrimination taxonomique de ces dernières ayant pour base l'analyse

sérologique, le naturaliste se retrouve fort démuni pour mettre un nom sur ses observations de terrain. Le systématique, en retour, y perd quelques informations, parfois précieuses, sur l'écologie, la répartition, ou le comportement des animaux qu'il s'est attaché à décrire. Certes, l'homme de terrain pourrait, de temps en temps, effectuer quelques prélèvements, à des fins d'analyses biochimiques, histoire de "caler" ses observations. Cependant, une telle pratique demande un savoir-faire, du matériel, et des moyens financiers, sans compter qu'à grande échelle, elle pourrait s'avérer préjudiciable aux populations étudiées.

Reste les méthodes biométriques, qui consiste à prendre diverses mesures sur l'animal, et à les comparer avec les données de la littérature (Berger, 1966; Wijnands, 1978...). Certaines d'entre elles, déjà anciennes, sont peu à peu tombées en désuétude, comme le rapport "fémur / tibia" qui, en son temps, permettait de discriminer rapidement les grenouilles "rieuses" des grenouilles "vertes" (fig. 2) :

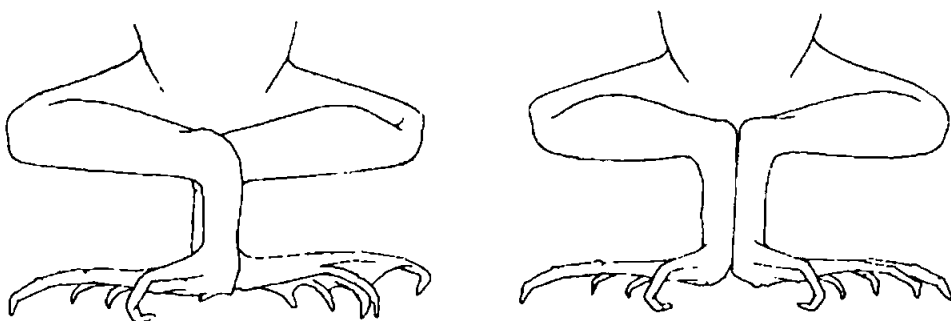


Figure 2 : Discrimination rapide des grenouilles "vertes" et "rieuses" (d'après Pasteur & Bons 1959). En plaçant les jambes dans le prolongement l'une de l'autre, celles-ci se chevauchent chez la grenouille "rieuse" (à gauche), et ne se chevauchent pas chez la grenouille "verte" (à droite).

Une autre méthode, beaucoup plus fréquemment utilisée, est celle de la morphologie du tubercule métatarsien externe, et des différents rapports métriques entre ce dernier (longueur et hauteur), et les longueurs du tibia ou du premier orteil (fig. 3) :

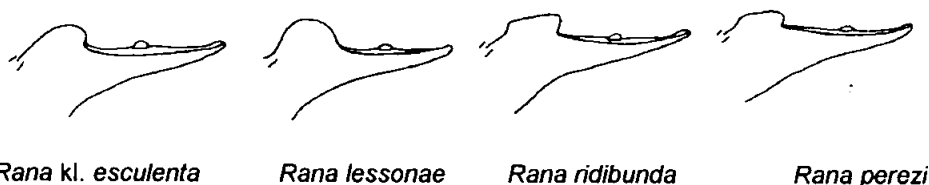


Figure 3 : Morphologie du tubercule métatarsien externe chez différentes espèces de grenouilles vertes (d'après Bouvier 1986).

Précisons, toutefois, que les mesures relatives au tubercule métatarsien doivent être faites sous loupe binoculaire, avec des animaux préalablement endormis, sans quoi la variabilité des données, liée à l'imprécision de mesure, risque d'être supérieure à la variabilité interspécifique...

De fait, différents critères morphologiques ou biométriques existent dans la littérature (une compilation des méthodes de diagnostic déjà publiées serait à faire). Mais dans la plupart des cas, les critères proposés ne conduisent qu'à un diagnostic partiel (couleur des sacs vocaux, par exemple), ou bien se rattache à une définition statistique de l'espèce (longueur du tibia / longueur du corps), qui peut parfois comporter un biais (légère dissymétrie des pattes arrière, selon Berger 1966). Par ailleurs, les travaux les plus récents dans ce domaine (Crochet *et al.* 1995: p. 27), montrent que les ratios utilisés traditionnellement pour le complexe *lessonae* - *esculenta* - *ridibunda*, "ne marchent pas" pour le complexe *perezi* - *grafi* - *ridibunda*, la différenciation, au sein de ce dernier, étant surtout basée sur la morphologie du pied et des dents vomériennes, plutôt que sur les longueurs du tibia, du tubercule métatarsien, et du premier orteil.

En résumé, identifier les grenouilles vertes, aujourd'hui, devient une tâche presque irréalisable dans le cadre de prospections traditionnelles de terrain. Seule lueur d'espoir pour le batrachologue "d'extérieur": la piste, à ce jour bien trop délaissée, des études bioacoustiques.

D - La voie prometteuse des émissions sonores

La littérature batrachologique abonde d'exemples d'identification d'espèces, sur la base du critère éthologique qu'est le chant. Le cas des Rainettes, pour la faune de France, en est une bonne illustration, avec, dès la fin du siècle dernier, la proposition faite par Héron-Royer (1884) de distinguer les formes septentrionale et méridionale de *Hyla*, proposition non retenue à l'époque, faute de représentation graphique de la voix. Il fallut attendre les travaux de Paillette (1967), et Schneider (1971), pour entériner la question. De tels exemples existent sous toutes les latitudes (Dubois 1975, Littlejohn 1959, Fouquette 1960), et nombreux sont les auteurs qui accordent aux propriétés acoustiques une valeur hautement spécifique (Duellman & Trueb 1994, Leroy 1977) :

"L'étude des émissions sonores est devenue aujourd'hui indispensable, tout autant que celle des caractères morphologiques, pour la diagnose et la détection de nouvelles espèces" (Paillette 1984).

Qu'en est-il pour le groupe taxonomique des grenouilles vertes?

Sur ce plan, la littérature n'est guère prodigue; les rares études disponibles portent le plus souvent sur une seule espèce (Schneider & Brzoska 1981, Schneider *et al.* 1979, Schneider & Sofianidou 1985, 1986, Schneider & Joermann 1988, Joermann *et al.*, 1988, Schneider & Steinwarz 1990, Schneider & Egiassardjan 1991, Schneider & Sinsh 1992, Wahl 1969, Turner & Hodl 1978...), concernant des expérimentations sur le déterminisme endocrinien du

chant (Dupont & Peltier 1977), ou sur les réponses des animaux à des stimuli artificiels (Brzoska 1980, 1982).

En d'autres termes, les chants des grenouilles vertes françaises ou européennes n'ont fait l'objet que de rares investigations scientifiques, alors qu'au sein des batrachologues, un large consensus existe sur la nécessaire prise en compte des données bioacoustiques.

Les quelques observations qui suivent tentent d'apporter une légère touche d'empirisme à cette situation quelque peu singulière.

III. DU BON SON... AU BON NOM

A - Autopsie sommaire d'un chant : de l'octave à l'octet

Pour l'ornithologue, comme pour le batrachologue, la retranscription phonétique des chants a toujours été un exercice difficile. Pour les grenouilles vertes, la plupart des grands auteurs anciens s'y sont essayés, avec plus ou moins de succès...

"*kooarr*" (Lataste 1876), "*croax*" (Boulenger 1898), "*oeck o-eck euo-eck*", "*ouock ouock*", "*koax koax*", "*ouèck euoèck couack*" (Neubaur 1952), ou encore "*brekeke*", ou "*bre ke ke ke ke ke*" (*Ibid.*).

A côté des chants de reproduction, ce langage "phonémique" n'a d'ailleurs pas épargné les cris, et leurs significations potentielles:

"*rrra rrra*" (Doumergue 1901), "*èrrèrrèrrr*", ou "*reoè*" (Neubaur 1952), "*gouarr, ooarr, coarx*" (Gadow 1901: grognements pré-choraux), "*gek gek*" (Angel 1946 : cris pendant l'accouplement), "*crouèk pouètt*" (Pasteur & Bons 1959 : cri d'angoisse ou d'alarme), ou encore "*cuic*" ou "*ouèk*" (*Ibid.*: cri sans signification précise), mais aussi "*krou-krou-krou*" (Fretey 1975 : tête immergée)...

Aujourd'hui, ces différentes interprétations ne sont plus guère utilisables, d'autant plus qu'elles ont été généralement transcrites dans la langue des auteurs, et non selon les codes de la phonétique internationale. On pourrait juste retenir, en épilogue, que le début du mot "coassement", peut aussi, en lui-même, constituer une onomatopée tout à fait valable...

Mais si les chants des Anoures restent difficiles à transcrire phonétiquement, les appareils d'enregistrement modernes permettent d'obtenir, d'une part une restitution assez fidèle du son, mais aussi, avec la technologie DAT (Digital Audio Transport), de visualiser les enregistrements effectués, et d'en analyser quelques composantes.

Pour les chants des grenouilles vertes, on peut ainsi retenir, à la suite de Duellman & Trueb (1994), les différentes composantes suivantes:

- Le motif, ou la phrase de chant ("*call*"), est la séquence acoustique entière, d'une durée de l'ordre de la seconde chez les grenouilles vertes, qui est généralement répétée un grand nombre de fois, de façon identique, lorsque l'animal chante. C'est, en d'autres termes, l'équivalent de la phrase phonétique "*bre ke ke ke ke ke*" de Neubaur (1952).

- La note (également "*note*" en anglais), est une subdivision du motif, perçue à l'oreille comme une unité sonore élémentaire (durée de l'ordre de quelques dixièmes de secondes). Pour reprendre l'exemple de Neubaur (1952), une note serait l'équivalent d'un seul "*ke*" de la phrase phonétique.

- L'impulsion, ou coup ("*pulse*"), est elle-même une subdivision de la note, inaudible pour l'oreille humaine dans le cas des grenouilles vertes, mais nettement discernable sur un enregistrement passé au ralenti (durée de l'ordre du centième de seconde).

Ces différentes composantes sonores peuvent être visualisées à partir de la représentation graphique d'un chant (fig. 4).

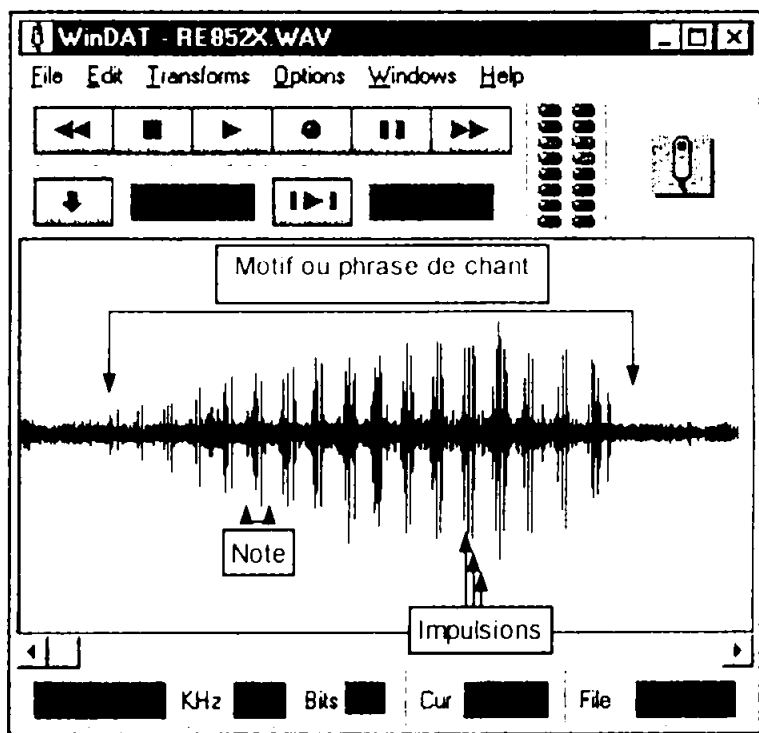


Figure 4 : Représentation graphique d'une phrase de chant.

En abscisse : le temps (1 sec. 15 centièmes, en ordonnée : l'intensité sonore

Dans l'exemple présenté ici, le motif comprend une quinzaine de notes, qui chacune, est constituée de plusieurs impulsions.

En pratique, ce type d'application permet, outre le stockage et la reproduction facile des séquences sonores, une analyse "artisanale" des chants de grenouilles vertes, qui conduit à formuler une ébauche de classification, sur la base de quelques critères acoustiques simples.

B - La clé des chants

Partant d'une cinquantaine d'enregistrements, effectués principalement en région Poitou-Charentes et Vendée, on s'est efforcé de rechercher quels pouvaient être les paramètres acoustiques, permettant de trier les chants en groupes homogènes, discernables à l'oreille. En pratique, chaque séquence sonore a été numérisée avec le logiciel "Windat" (version 2,19 G), puis étudiée au ralenti (X4 pour l'agencement des notes dans chaque motif, et X16 pour distinguer les impulsions composant les notes).

Plusieurs caractères discriminants sont ainsi apparus:

- Le nombre de notes par motif, qui permet de répartir les chants étudiés en trois principaux groupes: 5-7 notes par motif, 10-15 notes par motif, et 15-25 notes (et plus) par motif. Avec un peu d'habitude, ces différences sont nettement discernables à l'oreille.

- La structure des notes, étudiée au ralenti (X16): celles-ci peuvent être simples (1 impulsion par note), ou composées (plusieurs impulsions par note), avec, dans ce dernier cas, soit 3-4 impulsions nettement marquées (tel une baguette frappant un tambour), soit un plus grand nombre d'impulsions enchaînées à la manière d'un roulement.

- La forme générale de l'enveloppe sonore, autrement dit la consonance harmonique du chant, avec deux cas de figures distincts:

- les motifs *decrecendo*, dont l'intensité sonore maximale est située en début ou en milieu de motif (à l'oreille, le chant commence par une attaque forte, puis diminue d'intensité);
- les motifs *crescendo*, avec une intensité sonore maximale située en fin de motif (l'impression auditive est alors celle d'un chant commençant doucement, puis augmentant en intensité (et en fréquence).

- Le nombre de notes par unité de temps, ou la durée totale du motif: caractère moins discriminant, dans la mesure où la durée des émissions sonores peut varier avec la température, et avec la présence de congénères (choeurs). Ce critère peut néanmoins être utilisé lorsque les conditions de milieu sont connues (météorologie, population...).

A partir de ces quelques critères, il est possible de proposer une clé de détermination, permettant de classer les grenouilles vertes du Centre-Ouest, en cinq grands types de chant (fig. 5) :

Cette clé pourrait recevoir diverses améliorations, notamment en prenant en compte les variations de la fréquence des émissions sonores au cours du temps, paramètre considéré par de nombreux auteurs comme étant fortement discriminatoire.

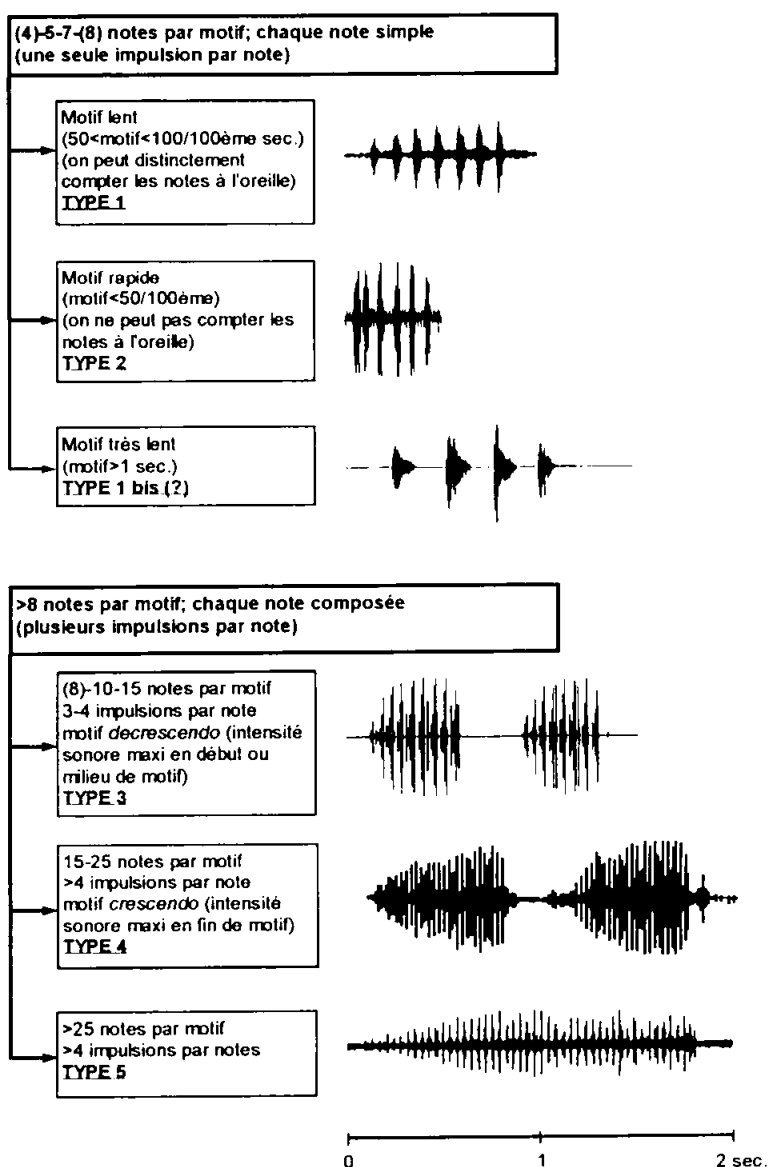


Figure 5 : Clé de détermination des différents types de chant.

Dans un premier temps, la classification proposée conduit à distinguer les cinq (ou six) types de chants qu'il est possible d'entendre dans la région, mais ne permet pas d'attribuer ces chants à des catégories taxonomiques particulières. Les quelques informations supplémentaires, notées sur le terrain à l'occasion des enregistrements, peuvent donc s'avérer utiles.

C - Les échos du Centre-Ouest

La figure 6 indique la localisation des observations effectuées pour la région Poitou-Charentes et pour la Vendée :

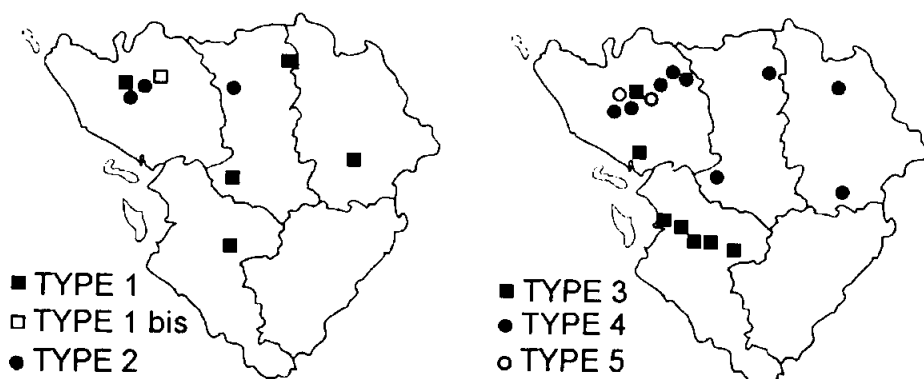


Figure 6 : Localisation des observations pour la région Poitou-Charentes et la Vendée.

TYPE 1: peu commun mais assez bien réparti dans la région (est de la Charente-Maritime, sud de la Vienne, nord et sud des Deux-Sèvres, centre de la Vendée). Semble être par contre plus commun en région Ile-de-France (vallée de la Marne, à l'est de Paris, vallée du Loing, au sud de la Seine-et-Marne, vallée de l'Yvette en Essonne). Les quelques observations directes effectuées montrent qu'il s'agit d'une grenouille très robuste, d'aspect massif, dépassant facilement le décimètre de longueur.

TYPE 1 BIS: détecté uniquement au centre de la Vendée (commune de St-André-Goule-d'Oie), sur une mare récemment aménagée (aire de loisirs). Les individus observés, dont la voie forte et rauque rappelle celle des grenouilles de type 1, mais avec un motif beaucoup plus lent, sont également très robustes.

TYPE 2: semble rare dans la région; détecté dans le bas-bocage vendéen (région de la Roche-sur-Yon, et de La Chaize-le-Vicomte), et au nord-ouest des Deux-Sèvres (vallée de la Sèvre Nantaise à Moncoutant); pas de données hors du Centre-Ouest. Individus observés robustes, proches de ceux du TYPE 1 par leur aspect général, atteignant le décimètre.

Notons qu'à l'oreille, les chants des types 1, 1bis, et 2, se distinguent nettement des trois autres types de chants.

TYPE 3: statut difficile à préciser (la distinction avec le type 4 n'ayant été faite que récemment, de nombreuses données restent à vérifier). Semble être l'espèce dominante, en Charente-Maritime, et au sud-ouest de la Vendée (commun à très commun au sud de la région). Période de chant assez longue, débutant dès la fin mars, et pouvant s'étendre jusqu'au mois d'août. Pas de

données personnelles hors du Centre-Ouest. Type morphologiquement proche du suivant (taille moyenne).

TYPE 4: commun à très commun au nord et à l'est de la région (nord-Vendée, Deux-Sèvres, Vienne); semble aussi très fréquent en Ile-de-France. Les individus observés sont de taille moyenne (inférieure au décimètre).

TYPE 5: très peu de données pour ce type de chant, qui reste difficile à caractériser, par rapport au type 4. Les observations vendéennes mentionnées sur la carte correspondent au bois du Défens, commune de Mesnard-la-Barotière, et aux environs de Château-Fromage, commune de la Roche-sur-Yon. Détecté également en Ile-de-France, non loin de Fontainebleau (Seine-et-Marne). Ce type de chant gagnerait à être étudié avec du matériel plus performant; taille moyenne.

En résumé, on peut regrouper les quelques observations, effectuées de façon complémentaire à l'analyse des chants, de la manière suivante :

- Répartition:

- . Type 1: présent sur l'ensemble du Poitou-Charentes, et en Ile-de-France.
- . Types 1 bis, 2, 4, et 5: répartis plutôt au nord de la région, avec pour les types 4 et 5, diverses observations en Ile-de-France.
- . Type 3: réparti plutôt au sud de la région Poitou-Charentes, et de la Vendée.

- Rareté:

- . Types 1 bis et 2 apparemment rares en Poitou-Charentes et Vendée; type 1 peu commun à assez commun dans le Centre-Ouest, plus commun en Ile-de-France.
- . Type 3 commun en Charente-Maritime et sud-Vendée; à rechercher ailleurs.
- . Type 4 apparemment commun, au moins en Vienne, Deux-Sèvres, et nord-Vendée (mais aussi en Ile-de-France).
- . Type 5: rare? (à confirmer).

- Morphologie: le seul critère qui peut être utilisé ici est la taille:

- . Types 1, 1bis, et 2: individus de grande taille (≥ 10 cm).
- . Types 3 à 5: individus de taille moyenne (< 10 cm).

D - Retour aux sources

Il est bien sûr très tentant d'essayer de faire correspondre un nom d'espèce à chacun des types de chants présentés précédemment. En l'absence de données biochimiques et biométriques sur les grenouilles vertes enregistrées, la seule option possible consiste à comparer les types de chants 1 à 5, avec les sources de documentations sonores qui sont disponibles. Celles-ci sont au nombre de cinq :

- 1- "Stimmen der Amphibien Mitteleuropas": cassette éditée par le Muséum d'Histoire Naturelle de Bern (Suisse), 1987.
- 2- "Grenouilles et crapauds": Roché & Guyétant, (1987): cassette éditée par Sittelle.

3- "Guide sonore du naturaliste: les Batraciens": cassette réalisée par Nashvert Production, éditée par la Fédération nationale des clubs CPN (Connaître et Protéger la Nature), 1996.

4- "Au pays des grenouilles (Frog talk)": Roché (1997): CD audio édité par Sittelle.

5- "Guia sonora de las Ranas y Sapos de Espana y Portugal": Marquez & Matheu (1998): CD audio édité par Alosa (Barcelone), en collaboration avec les sociétés herpétologiques espagnole et portugaise.

A l'écoute, on s'aperçoit que certains chants de grenouilles vertes, présentés comme représentatifs d'une même espèce, diffèrent d'une référence sonore à l'autre. Ainsi, le chant de la grenouille de Pérez, présenté dans la cassette de Sittelle, ressemble, à l'oreille, au chant de la grenouille rieuse n° 1 de la cassette du CPN, et à celui de la grenouille de Graf (index N° 36), dans le Compact Disque de Sittelle...

Sur la base des critères utilisés dans la clé de détermination (cf. supra), on peut tenter d'établir une correspondance entre nos différents types de chant, et les séquences sonores, présentées dans les cinq sources de documentation (tableau I).

Tableau I : Correspondances entre les types de chant, et les différents guides sonores existants (pour chaque guide sonore, les espèces sont numérotées par ordre d'apparition)

Type de chant	K7 suisse 1987	K7 Sittelle 1987	K7 CPN 1996	CD Sittelle 1997	CD espagnol 1998	Hypothèses
Type 1	rieuse n°1 rieuse n°2	rieuse n°1 rieuse n°2	rieuse n°2	rieuse n°2		rieuse
Type 1bis				rieuse n°1 (Albanie)		rieuse introduite?
Type 2		Pérez	rieuse n°1	Graf		Graf(?)
Type 3	Pérez		Pérez n°1 Pérez n°2	Pérez n°1 Pérez n°2	Pérez n°1 (Pérez n°2) (Pérez n°3) Pérez n°4	Pérez
Type 4	verte	(verte n°1?) verte n° 2	verte	verte n°1 verte n°2?		verte
Type 5	Lessona n°1 Lessona n°2	(verte n°1?) Lessona	Lessona	Lessona		Lessona

Bien que certains enregistrements, comprenant de nombreux cris, ou effectués au sein de chœurs, soient difficiles à interpréter, on remarque que certains guides sonores ne couvrent pas tous les types de chant. Ainsi le type 3, commun à très commun, au moins en Charente-Maritime et au sud de la Vendée, n'est pas présenté dans la cassette Sittelle, d'où d'éventuels problèmes d'identification pour les batrachologues qui utilisaient cette référence à la fin des années 1980. Par ailleurs, certains enregistrements semblent couvrir deux espèces (cas de la grenouille verte n°1 de la cassette Sittelle).

Qu'en déduire, par rapport aux différents types de chants qu'on s'est efforcé de caractériser?

En premier lieu, les indications mentionnées dans le tableau I, laissent supposer qu'il n'existe pas, à l'heure actuelle, de documentation sonore qui soit complètement fiable. De l'avis même des éditeurs, certaines identifications, au moins pour les références sonores anciennes, pourraient porter à confusion (Roché, com. pers.).

En supposant que la version la plus récente est sans doute la plus fiable, on peut essayer de rapprocher les différents types de chants, caractérisés précédemment, avec les noms d'espèces proposés dans la documentation sonore, et formuler les hypothèses suivantes:

Type 1: bonne correspondance avec la grenouille rieuse (K7 Suisse, CD et K7 Sittelle, et chant N° 2 de la cassette CPN). Cette hypothèse serait conforme avec les données de répartition (type assez commun en Ile-de-France), et avec les observations directes (grenouilles de forte taille).

Type 1 bis: ressemblance notable avec la grenouille rieuse n°1, présentée dans le CD Sittelle (index n°33), qui a été enregistrée en Albanie. L'hypothèse d'une grenouille rieuse introduite peut être formulée, compte tenu de la présence de centres de maintien en captivité dans le département de la Vendée.

Type 2: correspondances possibles avec la grenouille de Graf (CD Sittelle), la grenouille rieuse (K7 CPN), ou la grenouille de Pérez (K7 Sittelle). La première hypothèse serait à retenir, après vérification de la part des auteurs (Lescure, com. pers.); elle serait, de plus, en conformité avec les données acoustiques (analogie de structure entre les chants de type 1 et 2), et morphologiques (individus observés de forte taille).

Type 3: bonne correspondance avec la grenouille de Pérez (K7 Suisse, K7 CPN, CD Sittelle, et CD Espagnol). Hypothèse d'autant plus vraisemblable que les enregistrements présentés par Alosa (CD espagnol), et par Sittelle (CD), ont été effectués en Espagne, où *Rana perezi* est la seule grenouille verte.

Type 4: bonne correspondance avec la grenouille verte (K7 Suisse, CD et K7 Sittelle, K7 CPN). Hypothèse compatible avec les observations sur la morphologie (taille moyenne), et avec les données de répartition (commun en Ile-de-France, et au nord de la région Poitou-Charentes).

Type 5: assez bonne correspondance avec la grenouille de Lessona (K7 Suisse, CD Sittelle, K7 CPN). Hypothèse également compatible avec les données de répartition (détectée en Ile-de-France, et au centre de la Vendée).

IV. CONCLUSION

La systématique des grenouilles vertes a évolué rapidement au cours de ces dernières décennies, laissant, au passage, le batrachologue de terrain, dans une incertitude grandissante face à ses déterminations. Longtemps oubliés des systématiciens, les critères acoustiques semblent pouvoir aujourd'hui apporter "un plus" dans l'étude des grenouilles vertes, voire même contribuer à fixer certaines limites entre espèces.

Véritable carrefour des aires de répartition spécifiques, la région Poitou-Charentes constitue, à ce titre, un territoire privilégié pour l'étude des grenouilles vertes, en général, et de leurs émissions sonores, en particulier.

Les lignes qui précèdent ont pour but de sensibiliser les batrachologues régionaux au problèmes d'identification des grenouilles vertes. Effectuée avec les moyens du bord, cette petite étude conduit à proposer quelques critères pour distinguer, au chant, les différentes "formes" présentes dans la région. Les premiers résultats obtenus restent hésitants, mais il ne tient qu'aux âmes courageuses d'y apporter leur "écot", ne serait-ce que sous la forme de quelques décimètres de bandes magnétiques...

Enfin, en prévision de l'atlas des amphibiens de Poitou-Charentes (à paraître en 2002), il serait peut-être quelque peu incongru d'avoir à identifier près du quart de la batrachofaune régionale, sous la forme d'un "sp." !

V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Angel F. 1946 - Faune de France. 45. Reptiles et amphibiens. Lechevalier, Paris. 204 p.
- Berger L. 1966 - Biometrical studies on the population of green frogs from the environs of Poznan. *Ann. Zool.*, 23 : 303-324.
- Berger L. 1968 - Morphology of the F1 generation of various crosses within *Rana esculenta* complex. *Acta Zool. Crac.*, 3 : 301-324.
- Berger L. 1973 - Systematics and hybridization in European green frogs of *Rana esculenta* complex. *J. Herpetol.*, 7: 1-10.
- Boulenger G.A. 1891 - A contribution to the knowledge of the races of *Rana esculenta* and their geographical distribution. *Proc. Zool. Soc.*, London, 593-627.
- Boulenger G.A. 1898 - The tailless Batrachians of Europe. Ray Society, London, 2 vol. III+376 p.
- Boulenger G.A. 1910 - Les Batraciens et principalement ceux d'Europe. Encyclopédie Scientifique. Doin, Paris. 305 p.
- Boulenger A.G. 1918 - On the races and variations of the edible frog, *Rana esculenta* L. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, (9), 2, 10 : 241-257.
- Bouvier V. 1986 - Approche écologique des populations de Grenouilles vertes du marais de Moëze (Charente-Maritime). Mém. DEA Écol. Gén., option Hydrobio., Univ. Paris XI. 49 p.
- Brzoska J. 1980 - Quantitative studies on the elicitation of the electrodermal response by calls and synthetic acoustical stimuli in *Rana lessonae* Camerano, *Rana ridibunda* Pallas and the hybrid *Rana esculenta* L. (Anura, Amphibia). *Behav. Processes*, 5 : 113-141.
- Brzoska J. 1982 - Vocal response of male European water frogs (*Rana esculenta* complex) to mating and territorial calls. *Behav. Processes*, 7 : 37-47.

- Crochet P.A., Dubois A., Ohler A. & Tunner H. 1995 - *Rana (Pelophylax) ridibunda* Pallas, 1771, *Rana (Pelophylax) perezi* Seoane, 1885, and their associated klepton (Amphibia, Anoura): morphological diagnoses description of a new taxon. *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.*, Paris, 4^e sér., 17(1-2) : 11-30.
- Doumergue F. 1901 - Essai sur la faune herpétologique de l'Oranie. *Bull. Soc. Géogr. Archéol. Oran*, XIX-XXI. Imprimerie Fouque, Oran. 404 p.
- Dubois A. 1975 - Un nouveau complexe d'espèces jumelles distinguées par le chant: les Grenouilles du Népal voisines de *Rana limnocharis* Boie (Amphibiens, Anoures). *C.R. Acad. Sc.*, Paris, sér. D : 1717-1720.
- Dubois A. 1982 - Notes sur les Grenouilles vertes (groupe de *Rana* Kl. *esculenta* Linné, 1758). I- Introduction. *Alytes*, 1(3) : 42-49.
- Dubois A. & Gunther R. 1982 - Klepton and synklepton : two new evolutionary systematics categories in zoology. *Zool. Jb. Syst.*, 109 : 290-305.
- Dubois A. & Ohler A. 1994 - Frogs of the subgenus *Pelophylax* (Amphibia, Anoura, genus *Rana*): a catalogue of available and valid scientific names, with comments on name-bearing types, complete synonymies, proposed common names, and map showing all types localities. *Zoologica Poloniae*, 39(3-4): 139-204.
- Duellman W.E. & Trueb L. 1994 - Biology of Amphibians. J. Hopkins University Press, Baltimore & London. 670 p.
- Dupont W. & Peltier J. 1977 - Variations temporelles des activités interrénaliennes et vocales. Etude expérimentale du rôle de l'environnement sonore chez la Grenouille verte (*Rana esculenta*). *Bull. Soc. Zool. Fr.*, suppl. 2 : 193-201.
- Fouquette M.J. jr. 1960 - Isolating mechanisms in three sympatric tree frogs in the canal zone. *Evolution*, 14 : 484-497.
- Fretey J. 1975 - Guide des reptiles et amphibiens de France. Hatier, Paris. 239 p.
- Gadow H. 1901 - Amphibia and Reptiles. Macmillan, Londres. XIII+668 p.
- Gasc J.-P., Cabela A., Crnobrnja-Isailovic J., Dolmen D., Grossenbacher K., Haffner P., Lescure J., Martens H., Martinez Rica J.P., Maurin H., Oliveira M.E., Sofianidou T.S., Veith M. & Zuiderwijk A. (eds.) 1997 - Atlas of Amphibians and Reptiles in Europe. Societas Europaea Herpetologica & Muséum National d'Histoire Naturelle (IEGB/SPN), Paris. 496 p.
- Graf J.D., Karch F. & Moreillon M.C. 1977 - Biochemical variation in the *Rana esculenta* complex: a new hybrid form related to *Rana perezi* and *Rana ridibunda*. *Experimenta*, 33 : 1582-84.
- Grillet P. & Thirion J.M. 1997 - Répartition des Amphibiens et des Reptiles en Poitou-Charentes. Poitou-Charentes Nature, Poitiers. 31 p.
- Guyetant R. 1986 - Les amphibiens de France. *Rev. fr. d'Aquariologie*, n° 1 et 2. 60 p.
- Héron-Royer 1884 - Note sur une forme nouvelle de Rainette pour la faune française (*Hyla barytonus*). *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 9 : 221-228.
- Joermann G., Baran I. & Schneider H. 1988 - The mating call of *Rana ridibunda* (Amphibia: Anura) in western Turkey: bioacoustic analysis and taxonomic consequences. *Zoologischer Anzeiger*, 220 (5/6) : 225-232.
- Lataste F. 1876 - Essai d'une faune herpétologique de la Gironde. *Actes Soc. Linn. Bordeaux*. XXX. 352 p.
- Leroy Y. 1977 - Etho-écologie des communications chez les Amphibiens. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, suppl. n° 2. 258 p.
- Lescure J. 1989 - Les noms scientifiques français des amphibiens d'Europe. *Bull. Soc. Herp. Fr.*, 49 : 1-12.
- Littlejohn M.J. 1959 - Call differentiation in a complex of seven species of *Crinia*. *Evolution*, 13 : 452-468.

- Mertens R. & Müller L. 1940 - Die Amphibien und Reptilien Europas (zweite Liste). *Abhandl. Senckenb. Naturf. Gesells.*, 451 : 3-56.
- Neubaur F. 1952 - Die Stimmen der einheimischen Froschlurche. *Jb. Nass. Ver. Naturk.*, 90 : 125-131.
- Paillette M. 1967 - Valeur taxonomique des émissions sonores chez les *Hyla* (Amphibiens, Anoures) de la faune française. *C.R. Acad. Sc., Paris, sér. D*, 264 : 1626-1628.
- Paillette M. 1984 - La communication acoustique chez les amphibiens. In : *Traité de zoologie. Amphibiens. Tome XIV, fasc. 1B*. Grasse P. (ed.). pp. 389-416. Masson, Paris.
- Pasteur G. & Bons J. 1959 - Les Batraciens du Maroc. *Travaux de l'Inst. Scient. Chérifién*, Rabat, sér. Zool. n° 17. 240 p.
- Schneider H. 1971 - Die Steuerung des täglichen Rufbeginns beim Laubfrosch, *Hyla arborea arborea* (L.). *Oecologia* (Berl.), 8 : 310-320.
- Schneider H. & Brzoska J. 1981 - Die Befreiungsrufe der mitteleuropäischen Wasserfrösche. *Zool. Anz.*, Jena, 206 : 189-202.
- Schneider H. & Egiarajan E.M. 1991 - The structure of the calls of lake frogs (*Rana ridibunda*: Amphibia) in the terra typica restricta. *Zool. Anz.*, 227 : 121-135.
- Schneider H. & Joermann G. 1988 - Mating calls of water frogs (Ranidae) from lake Skutari, Yugoslavia, and the relationship to water frogs of other regions. *Zeitschrift für zoologische Systematik und Evolutionforschung*, 26 (4) : 261-275.
- Schneider H. & Sofianidou T.S. 1985 - The mating call of *Rana ridibunda* (Amphibia, Anura) in northern Greece as compared with those of Yugoslavian and Israeli populations : proposal of a new subspecies. *Zoologischer Anzeiger*, 214 (5/6) : 309-319.
- Schneider H. & Sofianidou T.S. 1986 - Bioacoustic study of water frogs (Ranidae) in Greece. In : *Studies in herpetology*. Rocek Z. (ed.). pp. 561-564. Charles University, Prague.
- Schneider H. & Sinsch U. 1992 - Mating call variation in lake frogs referred to as *Rana ridibunda* Pallas, 1771. Taxonomic implications. *Z. zool. Syst. Evol.-forsch.*, 30 : 297-315.
- Schneider H. & Steinwarz D. 1990 - Mating calls and territorial calls of the Spanish lake frog, *Rana perezi* (Ranidae, Amphibia). *Zoologischer Anzeiger*, 225 (5/6) : 265-277.
- Schneider H., Tunner H.G. & Hödl W. 1979 - Beitrag zur Kenntnis des Paarungsrufes von *Rana lessonae* Camerano, 1882 (Anura, Amphibia). *Zool. Anz.*, Jena, 202 : 20-28.
- Tunner H.G. & Hödl W. 1978 - Warn-oder Alarmruf und Schreckruf bei *Rana ridibunda ridibunda* (Salientia, Ranidae). *Zool. Anz.*, Jena, 200 : 386-390.
- Uzzell T. & Tunner H.G. 1983 - An immunological analysis of Spanish and French water frogs. *J. Herp.*, 17 : 320-326.
- Wahl M. 1969 - Untersuchungen Zur Bio-Akustik des Wasserfrosches *Rana esculenta* (L.). *Oecologia*, (Berl.), 3 : 14-55.
- Wijnands H.E.J. 1978 - Plasma albumin and biometrical characteristics of different forms of *Rana esculenta* complex. *Zool. Jb. Syst.*, 105 : 337-346.

Manuscrit accepté le 11 octobre 1999

Observations du régime alimentaire de la Tortue d'Hermann en semi-liberté dans le Massif des Maures (Var)

par

Colette HUOT-DAUBREMONT

Laboratoire d'Ecologie, ENS, 46 rue d'Ulm,
75230 Paris cédex 05 (France)

Adresse actuelle : 6 place de la Rave, 10000 Troyes (France)

Résumé - La tortue d'Hermann (*Testudo hermanni hermanni*) est la seule tortue terrestre française. Objet d'un programme de conservation, l'étude de son régime alimentaire paraît primordiale pour la composition floristique des enclos, et pour le choix des zones de relâchage. En semi-liberté, l'alimentation se compose surtout de nourriture artificielle (salade), puis de graminées, et de fagacées, et à l'automne, de champignons. Il a, aussi, été relevé une consommation épisodique d'insectes morts, et de coquilles d'œufs de tortues. Il est, maintenant, nécessaire de développer des suivis *in natura* du régime alimentaire.

Mots-Clés : Alimentation. Elevage. Tortue d'Hermann.

Summary - Observations on the diet of Hermann's tortoise (*Testudo hermanni hermanni*) (Reptilia, Chelonia) semi-captive in the Massif des Maures (Var), France. Hermann's tortoise (*Testudo hermanni hermanni*) is the only tortoise in France. It is the subject of a conservation programme, and studies on the diet are important for food plant make-up in captivity and choice of reintroduction site. In semi-captive conditions, food is artificial (lettuce), followed by grasses and Fagaceae, and in autumn, mushrooms. On occasions, dead insects and tortoise egg shell are eaten. Studies on diet should now to be conducted in the field.

Key-words : Feeding. Captive breeding. Hermann's tortoise.

I. INTRODUCTION

La prise alimentaire est un comportement propre du règne animal, et il pourrait en être une définition (Le Magnen 1984). Chez les ectothermes, comme les Reptiles, de la qualité de l'alimentation dépendront les performances digestives, le budget énergétique, et l'allocation d'énergie pour les différentes activités, dont la reproduction (Dunham *et al.* 1989). Ainsi, la connaissance précise du régime alimentaire d'une espèce joue un rôle important dans tout programme de conservation (Dhondt 1996).

La tortue d'Hermann (*Testudo hermanni hermanni*) est la seule espèce de tortue terrestre française. En forte régression, en raison notamment des incendies et de la modification des méthodes agro-pastorales (Stubbs & Swingland 1985), elle ne vit plus que dans le Var (densité globale estimée à 0.4

tortue à l'hectare ; Stubbs et coll. 1991), et en Corse où la densité serait plus importante (Cheylan 1984, Joubert & Cheylan 1989). En réponse à cette diminution des effectifs un plan de sauvegarde a été mis en place avec la création d'une association, la S.O.P.T.O.M. (Station d'Observation et de Protection de la Tortue des Maures), et d'un centre d'étude et de repeuplement de la tortue d'Hermann (Village des Tortues, à Gonfaron, Var) (Devaux *et al.* 1986, Stubbs & Swingland 1986).

Dans le cadre de ce plan, un élevage a été réalisé à Gonfaron. Pour la composition floristique des enclos, il apparaît primordial de connaître les caractéristiques alimentaires des animaux. Or, si le régime alimentaire de la tortue d'Hermann en milieu naturel a déjà fait l'objet d'observations sur l'ensemble de la période de vie active des animaux (Cheylan 1981), les observations en semi-liberté sont rares, et se concentrent sur le printemps (Guyot & Lescure 1994, Muszynski 1995, Longepierre 1996). Dans le cadre d'une étude approfondie des principales caractéristiques écophysiologiques de la tortue d'Hermann (Huot-Daubremont 1996), nous avons réalisé différentes observations sur le régime alimentaire, en semi-liberté, au cours de l'ensemble de l'année.

II. MATERIEL ET METHODES

A. Site d'étude et animaux

L'étude a porté sur les vingt mêmes tortues d'Hermann (*Testudo hermanni hermanni*) adultes : huit mâles (masse corporelle comprise entre 326 et 647 g, longueur de la carapace entre 110 et 150 mm), et douze femelles (masse corporelle comprise entre 280 et 962 g, longueur de la carapace entre 110 et 175 mm). Les animaux, originaires du Massif des Maures, ont été apportés au Village des Tortues par des visiteurs qui venaient de les trouver dans la nature. Ces tortues n'ont donc pas subi de captivité préalable. Elles ont été réparties dans quatre parcs situés au Village des Tortues (altitude 140 m, latitude 43°19'N, longitude 6°18'E). L'enclos I a une surface de 80 m² (deux mâles et trois femelles), le II de 65 m² (un mâle, et trois femelles), le III de 119 m² (trois mâles, et trois femelles), le IV de 83 m² (deux mâles et trois femelles). La sex-ratio est en faveur des femelles, sauf pour l'enclos III où elle est de un, afin de respecter les conditions du milieu naturel (Cheylan 1981, Stubbs et coll. 1991). La végétation des enclos (figures 1) est un maquis bas de la classe des *Cisto-lavanduleta*. La strate herbacée, non représentée sur le plan, est constituée essentiellement de graminées (*Briza maxima*, *Anthoxanthum sp.*), de composées (*Hieracium sp.*, *Taraxacum sp.*, *Bellis sp.*), d'orchidées (*Serapias vomeracea*, *Serapias neglecta*) et en automne de champignons (*Amanita caesarea*, *Boletus appendiculatus*).

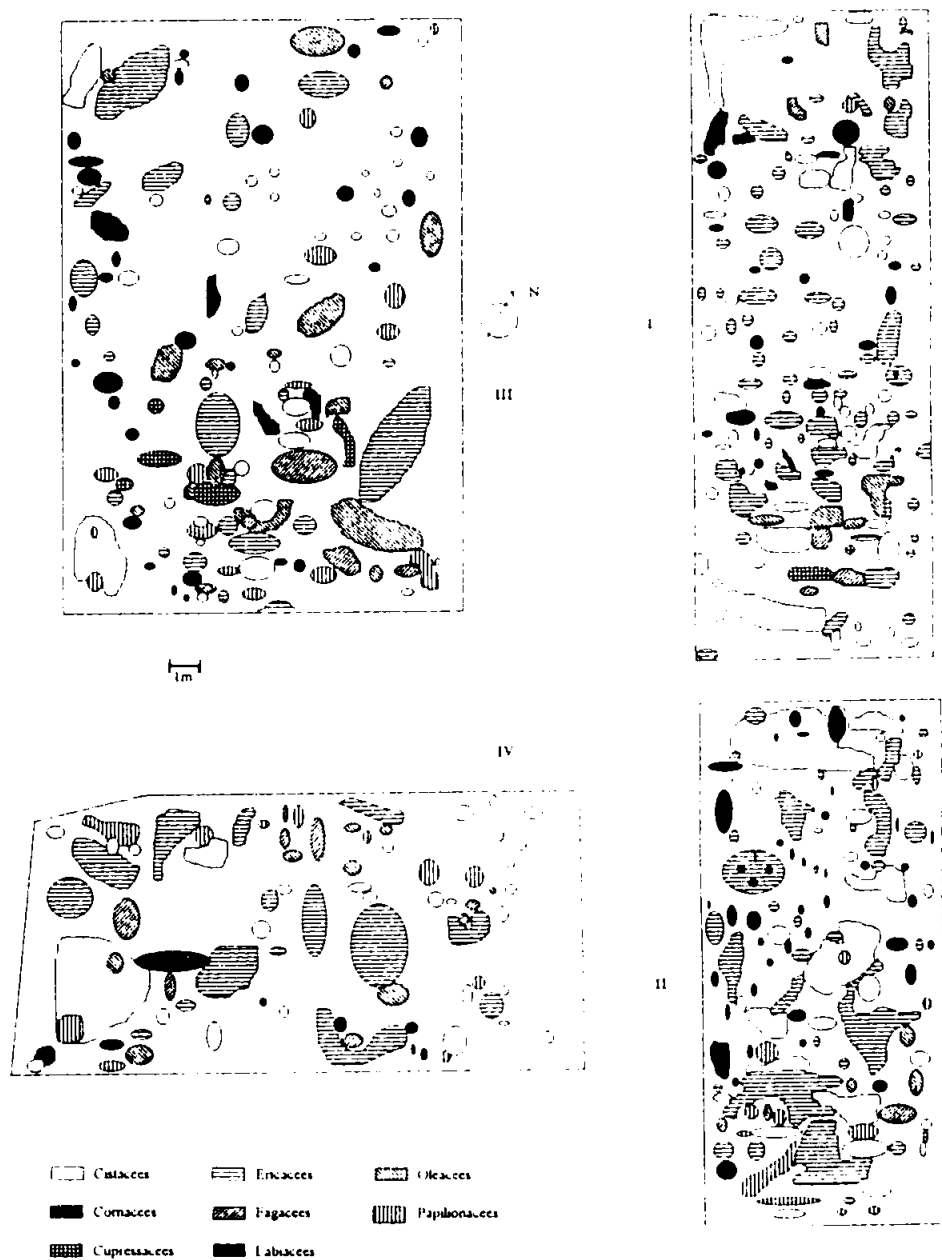


Figure 1 : Plan de la végétation des enclos avec les principales familles de plantes.

B. Protocole expérimental

Le rythme d'activité des vingt tortues a été suivi du 12 avril 1993 au 12 avril 1996 (Huot-Daubremont 1996, Huot-Daubremont & Grenot 1997). Lors des comportements alimentaires observés au cours de la période de vie active des animaux (mars à novembre), la nature de l'aliment consommé a été notée. Les tortues disposaient des plantes des enclos, (Figure 1, en cas de prise alimentaire de ce type, la famille du végétal est notée), et d'un complément d'alimentation "artificielle" (fruits et légumes frais : salades à 80%, tomates, pommes...), pour compenser la déshydratation de la végétation des enclos malgré un arrosage régulier. Cet apport est préparé le matin, et distribué avant le début de l'activité des animaux, après avoir enlevé les restes de la veille, tous les deux jours de mars à juin et de septembre à octobre, et tous les jours en juillet et août. Nous avons réalisé 1692 observations de prises alimentaires. Les résultats, calculés en pourcentage, sont regroupés, les deux sexes confondus, selon les cinq périodes du rythme annuel d'activité, de novembre à février, la période d'hivernage, de mars à avril, la période de sortie d'hivernage, de mai à juin, la période vernale, de juillet à août, la période estivale, de septembre à octobre: la période pré-hivernale (Cheylan 1981).

III. RESULTATS

Les données obtenues sur le régime alimentaire des tortues sont regroupées dans le Tableau 1. L'alimentation artificielle est globalement préférée aux plantes des enclos (colonne T1: 85,09% *versus* 14,91%). Parmi elles, les graminées (8,62%), et les fagacées (3,08%) sont préférées. Ces dernières sont surtout constituées de feuilles sèches de *Quercus suber*, donc un aliment coriace.

La prise alimentaire est importante pendant les périodes vernales et estivales, et très faible en novembre, juste avant l'entrée en hibernation (ligne T2 : P. vernale : 36,60%, P. estivale : 43,70%, P. hivernale : 0,06%).

L'ensemble des familles de plantes présentes dans l'enclos a été consommé au moins une fois lors de nos trois années d'études, à l'exception des labiacées (*Lavandula stoechas* et *Thymus vulgaris*), des papilionacées (*Calicotome spinosa*), des mousses et des lichens. La diversité alimentaire est plus grande au printemps (10 types d'aliments), qu'en été (5 types). Toutefois, cette dernière période se caractérise par des aliments "originaux": des débris d'oeufs de tortues, prédatés par une fouine, et laissés dans l'enclos, ainsi qu'un criquet mort, dont l'abdomen a été dévoré par une des tortues.

A la sortie de l'hivernage (P.s.h.), une alimentation naturelle est préférée à l'apport de nourriture artificielle (67%, dont 50% de graminées, *versus* 33%). Les graminées restent l'aliment naturel préféré, sauf à la période pré-hivernale, où ce sont les champignons (4,76% *versus* 3,04%).

Tableau I : Pourcentage de la prise alimentaire des tortues par période et par type d'aliment (famille pour les plantes naturelles) lors des cinq périodes du rythme annuel d'activité (P.s.h. période de sortie de l'hivernage, P.vernale période vernale, P.estivale période estivale, P.p.h. période pré-hivernale, P.hiv. période hivernale; pour la période hivernale, seul le mois de novembre (nov.) a été pris en compte; artificielle: fruits et légumes distribués aux animaux; Coq. oeufs: coquille d'oeuf; T1: pourcentage annuel de la consommation de l'aliment, et T2: répartition de l'alimentation lors des périodes étudiées)

	P.s.h.	P. vernale	P. estivale	P.p.h.	P. hiv. (Nov.)	T1
Artificielle	33	76,46	98,50	88,31	-	85,09
Campanulacées	-	0,48	-	-	-	0,17
Champignons	-	-	-	4,76	-	0,65
Cistacées	1	1,46	-	2,16	-	0,89
Composées	4	0,48	-	-	-	0,42
Ericacées	6	0,81	-	-	-	0,65
Fagacées	5	6,49	0,40	1,73	-	3,08
Graminées	50	13,34	0,67	3,04	100	8,62
Linacées	-	0,16	-	-	-	0,06
Oléacées	-	0,16	-	-	-	0,06
Ombellifères	-	0,16	-	-	-	0,06
Orchidées	1	-	-	-	-	0,06
Coquilles oeufs	-	-	0,27	-	-	0,13
Insectes	-	-	0,16	-	-	0,06
T2	5,94	36,60	43,70	13,70	0,06	

IV. DISCUSSION

En semi-liberté, l'alimentation est importante aux périodes vernales et estivales. En considérant les sexes, les mâles mangent autant que les femelles en mars, davantage d'avril à juin, et d'octobre à novembre. Par contre, de juillet à septembre, ce sont les femelles qui mangent le plus fréquemment. (Huot-Daubremont & Grenot 1997). En milieu naturel, l'alimentation semble surtout importante à la période vernale (Huot-Daubremont 1996).

Le régime alimentaire de la tortue d'Hermann est essentiellement herbivore, avec toutefois, un apport carné possible. Dans cette étude, il se compose d'insectes morts. Cheylan (1981) l'a également observé avec la consommation d'arthropodes indéterminés, de gastéropodes et de myriapodes. *Gopherus agassizii* présente, aussi, cette particularité (Hansen *et al.* 1976).

La tortue d'Hermann en enclos montre une nette préférence pour l'alimentation artificielle, comme l'ont observé Guyot et Lescure (1994). Cette alimentation est surtout composée de salade qui apporte beaucoup d'eau et de calcium, mais peu d'énergie (Guyot & Lescure 1994, Muzsynski 1995).

A la période estivale, cette préférence peut s'expliquer par le fait que les plantes des enclos sont sèches. Contrairement aux animaux sauvages, ces tortues n'ont pas de "trous d'eau" où elles pourraient boire, ni la possibilité de se réfugier dans les endroits les plus frais de leurs domaines vitaux, comme des sous-bois. De tels déplacements, courants chez *Gopherus agassizii* (Gibbons

1986), ont été observés chez les tortues d'Hermann, en Grèce (Wright *et al.* 1988), et dans le Var (Huot-Daubremont 1996).

En semi-liberté, parmi la végétation naturelle, le choix de la tortue d'Hermann est éclectique et elle consomme de tout, hormis les labiacées, plantes aromatiques, les mousses et les lichens. Elle montre une nette préférence pour les graminées, les fagacées ou les composées (Muzsynski 1995). En milieu naturel, le choix est similaire, avec, entre autres, la consommation de papilionacées, de graminées, de rosacées, et d'importantes quantités de composées (Cheylan 1981, Meek 1985, 1989, Huot-Daubremont 1996). En Italie, elle consomme des mousses et des lichens (Calzolari & Chelazzi 1991), tandis qu'en Yougoslavie, la place prépondérante des champignons en automne a aussi été observée (Meek 1989).

A part l'ingestion d'insectes, une autre particularité du régime alimentaire de nos animaux est la consommation de coquilles d'œufs de tortues. Elles sont constituées de membranes protéiques (96,88%) dont la partie la plus externe s'imprègne de calcite (Beaumont & Cassier 1987, Linley & Mushinsky 1994). Cette "oophagie partielle" n'a jamais été observée pour la tortue d'Hermann, ni, a-priori, chez d'autres Chéloniens. Elle est à rapprocher de la consommation de cailloux observée pour *Gopherus agassizii* (Esque & Peters 1994, Germano *et al.* 1994) et la tortue d'Hermann (Cheylan 1981). Des radiographies de tortues d'Hermann montrent, d'ailleurs fréquemment, la présence de cailloux dans le système digestif (Huot-Daubremont 1996). D'après Esque et Peters (1994), ils sont constitués de calcite, comme les coquilles d'œufs. Leur rôle reste incertain : apport d'éléments minéraux, ingestion accidentelle ou, comme pour le gésier des oiseaux, un rôle de meule broyeuse (Esque & Peters 1994).

V. CONCLUSIONS

Cette étude sur le régime alimentaire de la tortue d'Hermann en semi-liberté confirme les précédents résultats, avec une nette préférence pour une alimentation artificielle (Guyot & Lescure 1994, Muszynski 1995). Toutefois, "l'oophagie partielle" paraît un élément nouveau chez les Chéloniens, et nécessite la poursuite des observations. De même, il serait maintenant primordial de passer à une étude *in natura* par une analyse des fèces, et des contenus stomacaux, comme cela a été initié sur *Testudo hermanni*, par Cheylan (1981), et réalisé chez *Emydoidea blandingii*, dans l'Illinois (Rowe 1982). Cela permettrait d'avoir une connaissance qualitative et quantitative du type d'aliment choisi par l'animal, notamment de connaître la proportion de l'apport carné, afin d'améliorer le régime alimentaire des animaux élevés dans les différents centres de protection de ce Reptile.

Remerciements. Cette étude a été financée par la S.O.P.T.O.M. Nous tenons à remercier Bernard Devaux pour son accueil, Denis Madec, Gérard Nouvel et toute l'équipe du Village des Tortues pour leur aide lors de la réalisation des enclos d'études.

VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Beaumont A. & Cassier P. 1987 - Biologie animale : Les cordés, anatomie comparée des Vertébrés. Dunod, Paris. 648 p.
- Calzolari R. & Chelazzi G. 1991 - Habitat use in a central Italy population of *Testudo hermanni* Gmelin (Reptilia Testudinidae). *Ethology, Ecology and Evolution*, 3 : 153-166.
- Cheyran M. 1981 - Biologie et écologie de la Tortue d'Hermann (*Testudo hermanni* Gmelin, 1789). Contribution de l'espèce à la connaissance des climats quaternaires de la France. Mém. Trav. E.P.H.E. Inst. Montpellier, 13. 404 p.
- Cheyran M. 1984 - The true status and future of Hermann's tortoise *Testudo hermanni robertmertensi* Wermuth 1952 in Western Europe. *Amphibia-Reptilia*, 5 : 17-26.
- Devaux B. Pouvreau J.P. & Stubbs D. 1986 - Programme de sauvegarde des tortues d'Hermann dans le Massif des Maures (France). SOPTOM (eds), Gonfaron. 15 p.
- Dhondt S. 1996 - La nutrition des Chéloniens. Travail de fin d'études de gradué en Agronomie, Ath. 48 p.
- Dunham A.E., Grant B.W. & Overall K.L. (1989) - Interfaces between biophysical and physiological ecology and the population ecology of terrestrial vertebrate ectotherms. *Physiol. Zool.*, 62 : 335-355.
- Esque T.C. & Peters E.L. 1994 - Ingestion of bones, stones and soil by desert tortoises. *Fish and wildlife Research*, 13 : 105-111.
- Germano D.J., Bury R.B., Esque T.C., Fritts T.H. & Medica P.A. 1994 - Range and habitats of the desert tortoise. *Fish and wildlife Research*, 13 : 73-84.
- Gibbons J.W. 1986 - Movement patterns among turtle populations : applicability to management of the desert tortoise. *Herpetologica*, 42 : 104-113.
- Guyot G. & Lescure J. 1994 - Etude préliminaire du comportement alimentaire en enclos semi-naturel chez la tortue d'Hermann (*Testudo hermanni hermanni* Gmelin, 1789). *Bull. Soc. Herp. Fr.*, 69-70 : 19-32.
- Hansen R.M., Johnson M.K. & Van-Devender T.R. 1976 - Foods of the desert tortoise *Gopherus agassizii* in Arizona and Utah. *Herpetologica*, 32 : 247-251.
- Huot-Daubremont C. 1996 - Contribution à l'étude écophysiologique de différents aspects du cycle annuel de la tortue d'Hermann (*Testudo hermanni hermanni*) dans le massif des Maures (Var). Thèse Doc. Sciences, Tours. 181 p.
- Huot-Daubremont C. & Grenot C. 1997 - Rythme d'activité de la tortue d'Hermann (*Testudo hermanni hermanni*) en semi-liberté dans le Massif des Maures (Var). *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 52 : 331-344.
- Joubert L. & Cheylan M. 1989 - La tortue d'Hermann de Corse: résultats et recherches menées en 1985 et 1986. *Trav. Sci. Parc Nat. Reg. Nat. Corse Fr.*, 22 : 1-54.
- Le Magnen J. 1984 - Bases neurobiologiques du comportement alimentaire. In : Neurobiologie des comportements. pp. 1-54. Hermann, Paris. 265 p.
- Linley T.A. & Mushinsky H.R. 1994 - Organic composition and energy content of eggs and hatchlings of the gopher tortoise. *Fish and Wildlife Research*, 13 : 112-128.
- Longepierre S. 1996 - Contribution à l'étude du régime alimentaire et de la digestion chez la tortue d'Hermann (*Testudo hermanni hermanni*) en milieu semi-naturel, dans le massif des Maures. DEA Adaptation et survie en environnements extrêmes. Lyon. 28 p.
- Meek R. 1985 - Aspects of the ecology of *Testudo hermanni* in southern Yugoslavia. *British J. Herpetology*, 6 : 437-445.
- Meek R. 1989 - The comparative population ecology of Hermann's tortoise: *Testudo hermanni* in Croatia and Montenegro, Yugoslavia. *Herpetological J.*, 1 : 404-414.

Muszynski F. 1995 - Contribution à l'étude écophysiologique de la tortue d'Hermann (*Testudo hermanni hermanni*) dans le Massif des Maures : alimentation et digestion. DEA Adaptation et survie en environnements extrêmes. Lyon. 25 p.

Rowe J.W. 1992 - Dietary habits of the blanding's turtle (*Emydoidea blandingi*) in Northeastern illinois. *J. Herpetology*, 26 : 111-114.

Stubbs D. & Swingland I.R. 1985 - The ecology of a mediterranean tortoise (*Testudo hermanni*): a declining population. *Can. J. Zool.*, 63 : 169-180.

Stubbs D. & Swingland I.R. 1986 - Recent developments in the conservation of *Testudo hermanni* in France. *In* : Studies in herpetology. pp. 739-742. Roeck Z., Prague.

Stubbs D. et collaborateurs 1991 - Recensement tortue d'Hermann continentale (plaine et massif des Maures) campagne 87-90. SOPTOM (eds), Gonfaron. 31 p.

Wright J., Steer E. & Hailey A. 1988 - Habitat separation in tortoises and the consequences for activity and thermoregulation. *Can. J. Zool.*, 66 : 1537-1544.

Manuscrit accepté le 26 octobre 1999

NOTE

Record d'altitude en France pour le lézard hispanique *Podarcis hispanica* (Steindachner, 1870) (Squamata, Lacertidae)

par

Jean-Pierre VACHER

5 rue Pons-Capdenier, 31500 Toulouse (France)

Résumé – Un nouveau record d'altitude est ici mentionné pour *Podarcis hispanica* en France. Un individu mâle a été trouvé à plus de 1600 mètres dans la partie occidentale du département des Pyrénées-Orientales (66). Cette observation ouvre de nouvelles perspectives quant à la biogéographie de cette espèce sur le versant français des Pyrénées.

Mots clés : Altitude. Pyrénées. France. *Podarcis hispanica*.

Summary – Altitudinal record for the Iberian wall lizard *Podarcis hispanica* (Steindachner, 1870) (Squamata, Lacertidae) in France. The highest altitude is recorded for *Podarcis hispanica* in France. A male was found at a height of more than 1600 m in the eastern part of the Pyrénées-Orientales department (66). The observation opens up a new perspective on the species' biogeography on the French slopes of the Pyrenees.

Key-words : Altitude. Pyrenees. France. *Podarcis hispanica*.

Le lézard hispanique *Podarcis hispanica* (Steindachner, 1870) (Squamata, Lacertidae) est un reptile de l'ouest paléarctique à répartition méridionale. On le rencontre dans l'ouest de l'Afrique du Nord (Tunisie, Algérie et Maroc), dans la péninsule Ibérique et en France dans la partie méditerranéenne à l'ouest du Rhône. Le lézard hispanique a été observé pour la première fois en France par Verbeek en 1969 (Verbeek, 1972). Il était auparavant pris pour le lézard des murailles *Podarcis muralis* (Laurenti, 1768) (Squamata, Lacertidae). Aujourd'hui encore, la confusion entre les deux espèces est fréquente.

Ce saurien affectionne, entres autres, les affleurements rocheux bien exposés. C'est pourquoi on le rencontre dans les massifs montagneux inclus dans son aire de répartition. Sa distribution altitudinale a déjà fait l'objet de plusieurs publications concernant différentes régions.

Dans le massif de l'Atlas, au Maroc, la sous-espèce *P. h. vaucheri* est notée à 3100 m d'altitude (Schleich, Kastle & Kabish 1996), mais Bons et Geniez (1996) estiment que cette altitude est douteuse, et lui préfèrent 3000 m.

Le record d'altitude mondial est mentionné par Pleguezuelos en 1986 dans la Sierra Nevada (Espagne) au sommet du Mulhacen, qui culmine à 3480 m.

En ce qui concerne le massif pyrénéen, les altitudes maximales enregistrées sont localisées dans la partie espagnole. Martinez Rica et Reiné (1988) signalent un individu trouvé au-delà de 1700 m. Le lézard des murailles, *Podarcis muralis*, lui succède alors. Les données de *Podarcis hispanica* à de telles altitudes restent cependant exceptionnelles dans les Pyrénées. Dans l'atlas herpétologique de Navarre, il n'est signalé que jusqu'à 1300 m au maximum. Enfin, en Catalogne, il est noté jusqu'à 1700 m (Llorente *et al.* 1995). L'influence méditerranéenne de la partie orientale du massif pyrénéen offre un climat plus clément, c'est donc en toute logique que la moyenne d'altitude de la répartition des reptiles y est plus élevée. De plus, il est à noter que l'amplitude altitudinale de *Podarcis hispanica* est grande. Cependant, comme l'avait constaté Martinez Rica (1983), la densité des populations à de hautes altitudes reste faible.

Sa limite d'altitude en France est notée à 1300 m dans les Cévennes par Geniez (1985) et, dans les Pyrénées, par Geniez et Cheylan (1987) et repris par Fretey (1987). En 1989, cette altitude est précisée à 1260 m par Geniez et Guillaume. Plus récemment, il a été découvert à 1580 m dans le massif du Coronat (Pyrénées-Orientales, 66), entre le col Diagre et la Bergerie de Fontfrède (Geniez, comm. pers.).

C'était la plus haute observation enregistrée alors pour l'espèce en France.

L'objet de cette note est la mention d'un nouveau record d'altitude pour *Podarcis hispanica* en France. Un spécimen mâle, dont l'habitus et la coloration correspondent à ce que Guillaume *et al.* (1985) avaient nommé "*Podarcis hispanica* gros", c'est-à-dire la forme de Catalogne aujourd'hui assimilée à *P. h. hispanica*, a en effet été trouvé par moi-même en Cerdagne à 1651 m d'altitude précisément, sur la commune d'Err (Pyrénées-Orientales, 66) le 13 juin 1998. La localisation exacte de la donnée est W 0,319 grades, N 47,150 grades (carte I.G.N. 1/50 000^{ème} 2250-3). Le milieu se caractérise par un amas de pierres en haut d'un flanc schisteux recouvert de genêts et exposé au sud-est. L'observation a été faite en fin de matinée vers 11 heures, par grand soleil, avec un faible vent. D'autres animaux ont été vus sur ce versant le jour même aux proches abords du tas de pierres où se tenait *Podarcis hispanica* : Bruant fou, *Emberiza cia* Linnaeus 1766 (Aves, Emberizidae), Pie grièche écorcheur, *Lanius collurio* Linnaeus, 1758 (Aves, Laniidae), Lézard ocellé, *Lacerta lepida* Daudin, 1802 (Squamata, Lacertidae) (entre 1550 et 1600 m), *Podarcis muralis* (Laurenti, 1768) (Squamata, Lacertidae) et Orvet, *Anguis fragilis* Linnaeus, 1758 (Squamata, Anguidae). Le lézard hispanique, sujet de cette note, qui effectuait sa thermorégulation héliothermique, a été photographié.

En outre, cette observation correspond à une nouvelle donnée pour l'espèce en France, puisque *Podarcis hispanica* n'avait jamais été mentionné dans le quadrat 3 de la carte I.G.N. 1/50 000^{ème} 2250.

D'un point de vue biogéographique, la localisation à l'est du département des Pyrénées-Orientales ainsi que l'altitude de cette observation rendent plausible une pénétration en France de l'espèce à travers la chaîne Pyrénéenne. De ce fait, nous pouvons penser que les individus observés dans les

départements de l'Ariège et de la Haute-Garonne sur les abords des rives du fleuve Ariège ne viendraient pas de la zone littorale, mais emprunteraient des couloirs montagnards favorables malgré leur altitude relativement élevée.

Il conviendrait alors d'augmenter les efforts de prospection pour cette espèce dans les Pyrénées françaises, afin d'obtenir des données suffisantes pour pouvoir affiner cette hypothèse. La systématique sub-spécifique des *Podarcis hispanica* étant encore sujette à controverse entre spécialistes, il serait souhaitable de noter entre autres pour chaque observation le "pattern" des individus, l'idéal étant de les photographier.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bons J. & Geniez Ph. 1996 - Amphibiens et Reptiles du Maroc (Sahara Occidental compris). Atlas biogéographique. A.H.E., Barcelonè. 320 p.
- Fretey J. 1987 - Guide des Reptiles de France. Paris, Hatier. 255 p.
- Geniez Ph. 1985 - Le lézard espagnol (*Podarcis hispanica*, Steindachner 1870) en France : quelques remarques d'ordre biogéographique, morphologique et comportemental. *Le Guêpier*, 2 : 69-74.
- Geniez Ph. & Cheylan M. 1987 - Atlas de distribution des Reptiles Amphibiens du Languedoc-Roussillon. Montpellier, Labo. Biogéographie et Ecologie des vertébrés, E.P.H.E. et G.R.I.V.E. (eds). 114 p.
- Geniez Ph. & Guillaume Cl. P. 1989 - *Podarcis hispanica*. In : Atlas de répartition des Amphibiens et Reptiles de France. Castanet J. & Guyétant R. (éds). p. 135. Société Herpétologique de France, Paris. 191 p.
- Gosa A. & Bergerandi A. 1994 - Atlas de distribucion de los Anfíbios y Reptiles de Navarra. *Munibe*, 46 : 109-189.
- Guillaume Cl. P., Wolff J. & Geniez Ph. 1985 - L'électrophorèse, un critère de terrain ? Nouvelles données sur *Podarcis hispanica* en France. *Bull. Soc. Herp. Fr.*, 33 : 16-34.
- Llorente G.A., Montori A., Santos X. & Carretero M.A. 1995 - Atlas dels Anfíbis y Reptils de Catalunya i Andorra. Ed. El Brau, Figueres. 191 p.
- Martinez Rica J.P. 1983 - Atlas herpetológico del Pirineo. *Munibe*, 35(1-2) : 51-80.
- Martinez Rica J.P. & Reiné A.I. 1988 - Altitudinal distribution of Amphibians and Reptiles in the Spanish Pyrenees. *Pirineos*, 131 : 57-82.
- Pleguezuelos J.M. 1986 - Distribution altitudinal de los reptiles en las Sierras Béticas Orientales. *Revista Española de Herpetología*, 1 : 65-83.
- Schleich H.H., Kastle W. & Kabish K. 1996 - Amphibians and Reptiles of North Africa. Koeltz Scientific Books, Koenigstein, Germany. 630 p.
- Verbeek B. 1972 - Über Haltung und Zucht von *Lacerta hispanica* (Sauria, Lacertidae). *Salamandra*, 8 (3/4) : 183-185.

Manuscrit accepté le 26 octobre 1999

SOCIETE HERPETOLOGIQUE DE FRANCE

Association fondée en 1971
agréée par le Ministère de l'Environnement

Siège social

Université de Paris VII, Laboratoire d'Anatomie Comparée
2, place Jussieu, 75251 PARIS Cedex 05

Secrétariat

Michelle GARAUDEL
Impasse de l'Eglise, 35450 MECE

Trésorier

Frédéric TARDY
Réserve Africaine, 11130 SIGEAN

ADRESSES UTILES

Responsable de la rédaction : R. VERNET, Ecole Normale Supérieure, Laboratoire d'Ecologie,
46, rue d'Ulm, 75230 PARIS Cedex 05

Responsable de la commission de répartition : J. LESCURE, Laboratoire Amphibiens-Reptiles,
Muséum National d'Histoire Naturelle, 25, rue Cuvier, 75005 PARIS

Responsable de la commission de protection : A. DUPRE, 181, boulevard Pasteur, 94360
BRY-SUR-MARNE

Responsable de la commission de terrariophilie : R. SIMON, 12, rue Q.M. Bondon,
29470 PLOUGASTEL DAOULAS

Responsable de la circulaire d'annonces : J. ANDRÉ, 8, rue Paul Gauguin, 77550 MOISSY
CRAMAYEL

Responsable des archives et de la bibliothèque : G. MATZ, Université d'Angers, Laboratoire de
Biologie animale, 2, boulevard Lavoisier, 49045 ANGERS Cedex

Responsable section parisienne : J.L. ROCHELET, 21, avenue de la Pommeraie, 78520 LIMAY

Responsable du groupe Cistude : A. VEYSSET, 3, rue Archimède, 91420 MORANGIS

Responsable du groupe venins : M. LIANO, 1101, rue de Nointel Autreville, Breuil-Le-Sec
60600 CLERMONT

Responsable du Club Junior : F. SERRE-COLLET, 35, rue Edouard Vaillant, 94140 ALFORTVILLE