

Physiologie de la reproduction

ÉTUDE DU FONCTIONNEMENT TESTICULAIRE CHEZ LE HÉRISSON D'ALGÉRIE (*ATELERIX ALGIRUS*)

par

Chafika MOUHOUH-SAYAH¹, Karima BENMOUHOUH HACHEMAOUI¹,
Hafsa DJOUDAD KADJI¹, Aouba MOUZAIA-SALHI¹, Saddek YESGUER¹,
Florian KLETTY² & Caroline HABOLD²

Des études récentes ont bien montré que le hérisson d'Algérie est considéré comme un vrai hibernant, manifestant une variation saisonnière de sa température corporelle. Ce mécanisme physiologique nous incite à rechercher chez ce petit mammifère le fonctionnement de la reproduction pendant les phases d'hibernation et de la vie active.

Dans ce contexte, une approche sur les variations pondérales, histologiques et hormonales du testicule de cette espèce a été abordée afin de mettre un nouvel éclairage sur cet aspect physiologique non connu chez *Atelerix algirus*.

Les variations pondérales testiculaires chez le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) présentent des valeurs maximales au printemps (mars [$3,60 \pm 0,35$ g] – avril [$3,08 \pm 0,41$ g] – mai [$3,10 \pm 0,54$ g]), et des valeurs minimales en automne (septembre [$2,32 \pm 0,37$ g] – octobre [$1,99 \pm 0,42$ g] – novembre [$1,95 \pm 0,55$ g]).

Les concentrations de la testostérone observées chez le Hérisson d'Algérie sont maximales durant les mois de mai ($19,30 \pm 1,63$ ng/ml) et juin ($22,15 \pm 1,50$ ng/ml), elles sont minimales au mois d'octobre ($0,54 \pm 0,16$ ng/ml) et novembre ($1,88 \pm 0,26$ ng/ml).

L'analyse des coupes histologiques effectuées sur le testicule et l'épididyme du Hérisson nous montre qu'au cours de mois d'octobre, la spermatogenèse s'est arrêtée au stade de spermatocyte primaire, les tubes séminifères sont de petite taille ($19,66 \pm 3,56$ µm).

1. Laboratoire de Zoologie Appliquée et d'Écophysiologie Animale, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia, Bejaia 06000, Algérie.

2. Université de Strasbourg, CNRS. IPHC UMR7178, F-Strasbourg, France.

Auteurs correspondants : mouhoub05@yahoo.fr, karima75ben@hotmail.fr, kadji_hafsa@yahoo.fr, salhiaouba@gmail.com, ysaddek@yahoo.fr, florian.kletty@iphc.cnrs.fr, caroline.habold@iphc.cnrs.fr.

Bulletin de la Société zoologique de France 142 (3)

Pendant les mois de mai et juin, la spermatogenèse est réactivée. Les tubes séminifères augmentent de taille ($28,27 \pm 3,28 \mu\text{m}$) et ils présentent des signes d'activité spermatogénétique.

Cette étude nous montre que le Hérisson d'Algérie présente un cycle sexuel caractérisé par un repos automnal, une reprise hivernale et une activité printanière.

Mots-clés : Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*), Reproduction, Testostérone, Testicule, Spermatogenèse.

Study of the testicular function in the Algerian Hedgehog (*Atelerix algirus*)

Recent studies have shown that the Algerian hedgehog, *Atelerix algirus*, is a true hibernator, showing seasonal variations of its body temperature. This physiological mechanism prompted us to investigate the reproductive function during the hibernation and active life phases in this small mammal.

An analysis of variations in the mass throughout the Ms, histology and hormone levels of the testis of this species was carried out in order to shed new light on this previously unstudied physiological aspect in *Atelerix algirus*.

The testicular weight showed maximum values in spring (March [3.60 ± 0.35 g], April [3.08 ± 0.41 g], May [3.10 ± 0.54 g]) and minimum values in autumn (September [2.32 ± 0.37 g], October [1.99 ± 0.42 g], November [1.95 ± 0.55 g]). Plasma testosterone levels were highest in May (19.30 ± 1.63 ng/ml) and June (22.15 ± 1.50 ng/ml), and were minimal in October (0.54 ± 0.16 ng/ml) and November (1.88 ± 0.26 ng/ml).

The analysis of the histological sections of the testis and the epididymis of the Hedgehog showed that during the month of October, spermatogenesis is stopped at the primary spermatocyte stage and the seminiferous tubes are small ($19.66 \pm 3.56 \mu\text{m}$). During the months of May and June, spermatogenesis was activated. The seminiferous tubules increased in size ($28.27 \pm 3.28 \mu\text{m}$) and showed signs of spermatogenetic activity.

This study shows that the Algerian Hedgehog has a sexual cycle characterized by an autumnal rest, a winter recovery and spring activity.

Keywords: Algerian hedgehog (*Atelerix algirus*), Reproduction, Testosterone, Testis, Spermatogenesis.

Introduction

Le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) est un mammifère insectivore de petite taille. Il est solitaire à activité crépusculaire et nocturne. Ce petit insectivore occupe pratiquement tout le Nord de l'Algérie. Il est répandu sur la bande située entre les plateaux sahariens et les chaînes montagneuses de l'Atlas Tellien jusqu'au littoral méditerranéen (SAHRAOUI-BRAHIM, 1984).

La reproduction du Hérisson d'Algérie est très peu connue. Quelques observations faites sur des animaux montrent que les mâles sont plus abondants que les femelles (BOUKHEROUFA *et al.*, 2015) et que les accouplements se produisent à partir du mois d'avril (MOUHOU-B-SAYAH, 2009). Après 5 à 7 semaines de gestation, les femelles mettent bas et les portées sont de 3 à 5 petits (MOUHOU-B-SAYAH, 2009) ou de 2 à 7 petits (KHALDI *et al.*, 2011).

La reproduction chez *Atelerix algirus*

Selon l'étude de la température corporelle effectuée chez le hérisson d'Algérie par MOUHOU-B-SAYAH (2009), il a été bien montré que cet animal présente toutes les caractéristiques d'un hibernant saisonnier. Les études approfondies du cycle du fonctionnement testiculaire chez les hibernants tels que le hérisson d'Europe (SABOUREAU, 1979 ; CASTING, 1985 ; EL OMARI, 1987), la marmotte (COURRIER, 1927 ; DELLA TORRE *et al.*, 2001), le hamster (PEVET *et al.*, 1987) ont permis de confirmer la portée adaptative de l'évolution saisonnière qui permet aux hibernants d'être aptes à la reproduction dès la fin de la séquence hivernale de repos. À partir de ces considérations, il nous a paru intéressant, à l'instar de tous les hibernants, d'étudier la physiologie de la reproduction chez le hérisson d'Algérie en relation avec des données de l'hibernation récemment décrites.

Dans le but de mettre un nouvel éclairage sur cette fonction physiologique chez un modèle hibernant – le Hérisson d'Algérie –, nous avons tenté d'aborder pour la première fois une approche sur les variations pondérales, histologiques et hormonales du testicule de cet animal durant l'hibernation et la reprise de l'activité.

Matériels et méthodes

Animaux

Les Hérissons sont capturés dans la vallée de la Soummam (Nord-Est algérien) par des fournisseurs bénévoles. Ces animaux sont directement déparasités, sexés, pesés et mis individuellement dans des parcs (140 x 70 x 90 cm) au sol à l'intérieur d'une pièce où ils sont soumis à des conditions climatiques proches de celles de l'environnement extérieur (lumière température, humidité). Les Hérissons sont alimentés quotidiennement avec de la viande pour chats et chiens et l'eau est fournie *ad libitum*.

Dosage de la testostérone plasmatique

Les expériences engagées sur le dosage hormonal ne se font qu'après une période d'adaptation d'une semaine dans le lieu expérimental.

Les prélèvements sanguins sont effectués par ponction intracardiaque en fin de journée qui correspond au début du rythme nocturne de l'animal. Le sang récupéré sur héparine est immédiatement centrifugé (5000 tours/min pendant 15 min). Le plasma est conservé au congélateur à -25°C jusqu'aux dosages. Le dosage est réalisé par le test Electrochimiluminescence Elecsys, Testostérone II (Roche Diagnostics).

Prélèvement des testicules

Afin de suivre l'étude pondérale et histologique des gonades mâles et vu l'hétérogénéité des hérissons reçus, nous avons récupéré des animaux sacrifiés pour le dosage hormonal ainsi que les animaux victimes du trafic routier. L'examen des Hérissons d'Algérie victimes de ce trafic en relation avec le sexe et l'âge montre clairement que les mâles adultes sont les principales victimes par rapport aux femelles

Bulletin de la Société zoologique de France 142 (3)

(sex-ratio m/f = 1,45) (MOUHOU-B-SAYAH, 2009). Les testicules sont prélevés chez des animaux n'ayant pas subi une détérioration par le passage répété des véhicules.

La position des testicules est intra-abdominale. Leur récupération se fait après une incision pratiquée latéralement dans la paroi abdominale, et en avant de la ceinture pelvienne. Les testicules sont pesés puis fixés dans le formol à 10 % pour une coupe histologique ultérieure.

Nous avons effectué des coupes histologiques sur des testicules et de l'épididyme prélevés durant l'hibernation (octobre-février) et pendant la reprise d'activité de l'animal (mai-juin). La lecture des lames histologiques est effectuée à l'aide d'un microscope Binoculaire Digital Mod : DM-15,2M PIXELS: Optika, doté d'un appareil photo.

Après un traitement des photos, la mensuration des tubes séminifères est réalisée à l'aide du logiciel *Image tools*.

Résultats

Variations du poids des testicules

Nous notons que le cycle des variations pondérales du testicule présente quatre séquences bien distinctes (Figure 1) :

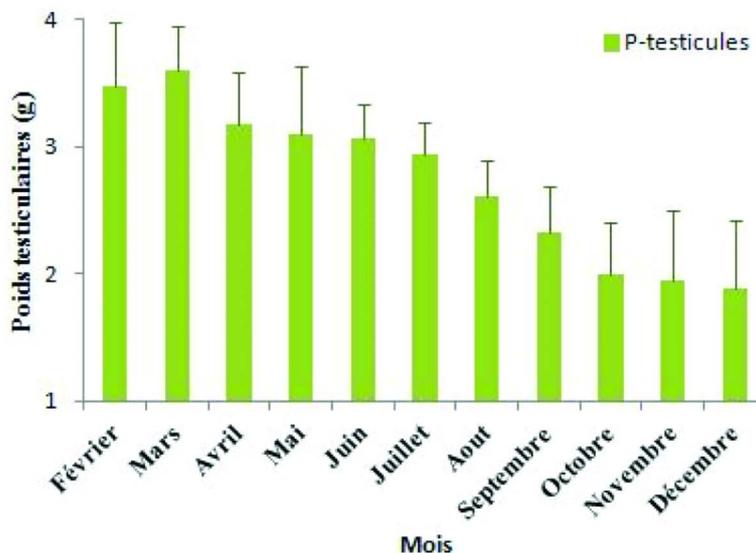


Figure 1

Variations mensuelles pondérales des testicules chez le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*).
Monthly weight changes of the testes in the Algerian Hedgehog (Atelerix algirus).

La reproduction chez *Atelerix algirus*

- de février à mars : le poids du testicule est le plus élevé, un pic est atteint au mois de mars avec une valeur de $3,6 \pm 0,35$ g ;
- d'avril à juin : le poids des gonades diminue légèrement par rapport à la séquence précédente, une stabilité pondérale est observée avec un plateau toujours élevé ;
- de juillet à septembre : une régression marquée et progressive du poids testiculaire ($2,90 \pm 0,25$ g ; $2,62 \pm 0,27$ g ; $2,32 \pm 0,37$ g) ;
- d'octobre à décembre : le poids des testicules est faible avec des valeurs extrêmement réduites ($1,99 \pm 0,42$ g ; $1,95 \pm 0,55$ g ; $1,88 \pm 0,54$ g) ;
- au mois de janvier, les données pondérales du testicule sont absentes, vu qu'aucun animal n'a été capturé.

Variations de la testostérone plasmatique

Le dosage hormonal n'a pas été réalisé au cours d'un cycle annuel mais néanmoins, nous avons retenu des échantillons mensuels pendant deux périodes essentielles : hibernation (octobre-novembre) et fin d'hibernation-reprise d'activité (avril-mai-juin) :

- fin d'hibernation-reprise d'activité : d'avril à juin, la concentration plasmatique de la testostérone augmente progressivement d'avril à mai ($12,32 \pm 1,45$ ng/ml, $19,3 \pm 1,6$ ng/ml) pour atteindre une valeur élevée au mois de juin qui est de l'ordre de $22,15 \pm 1,50$ ng/ml ;
- hibernation : le taux plasmatique de testostérone est très bas en période automnale, des valeurs minimales de $0,54 \pm 0,16$ ng/ml et $1,88 \pm 0,26$ ng/ml sont observées respectivement pour les mois de novembre et d'octobre.

La projection simultanée des résultats mensuels de la testostérone ainsi que ceux des poids testiculaires nous permet de noter une tendance vers une corrélation entre ces deux paramètres. En effet, durant les mois de mai et juin, le taux élevé de la testostérone fait augmenter l'activité gonadique et par conséquent le poids du testicule. Par contre, les valeurs les plus faibles de testostéronémie sont observées entre octobre et novembre, correspondant à une involution gonadique.

Étude histologique des gonades mâles à différentes périodes de l'année (hibernation et activité)

L'examen de l'ensemble des coupes histologiques des testicules et de l'épididyme permet de définir un profil commun du cycle de fonctionnement sexuel pour tous les Hérissons mâles, marqué par trois phases : a) phase de repos (octobre) ; b) phase de reprise d'activité (février) ; c) phase d'activité (mai, juin).

L'analyse des coupes histologiques effectuées sur les gonades des animaux au cours du mois d'octobre (phase de repos) montre que le tissu interstitiel n'est pas développé. Les tubes séminifères sont de petite taille ($171,71 \pm 23,37$ µm). La spermatogenèse est arrêtée au stade spermatocyte primaire, la lumière de ces tubes séminifères est vide. L'investigation des coupes histologiques réalisée sur l'épididyme montre aussi l'absence des spermatozoïdes au niveau du canal de l'épididyme (Figure 2).

Bulletin de la Société zoologique de France 142 (3)

Au cours du mois de février (phase de reprise d'activité), les données histologiques du testicule et de l'épididyme indiquent que cette période est caractérisée par un tissu interstitiel bien développé. Les tubes séminifères augmentent de taille ($203,02 \pm 47,45 \mu\text{m}$) et ils présentent des signes d'activité spermatogénétique, allant jusqu'au stade de spermatide. Les coupes histologiques sur l'épididyme montrent aussi l'absence des spermatozoïdes au niveau du canal de l'épididyme (Figure 3).

Au cours de la séquence de pleine activité (mai, juin), le tissu interstitiel est très développé. Le diamètre des tubes séminifères est stable ($199,21 \pm 63,13 \mu\text{m}$). La spermatogénèse est complète jusqu'aux spermatozoïdes qui sont présents aussi dans l'épididyme en grand nombre (Figure 4).

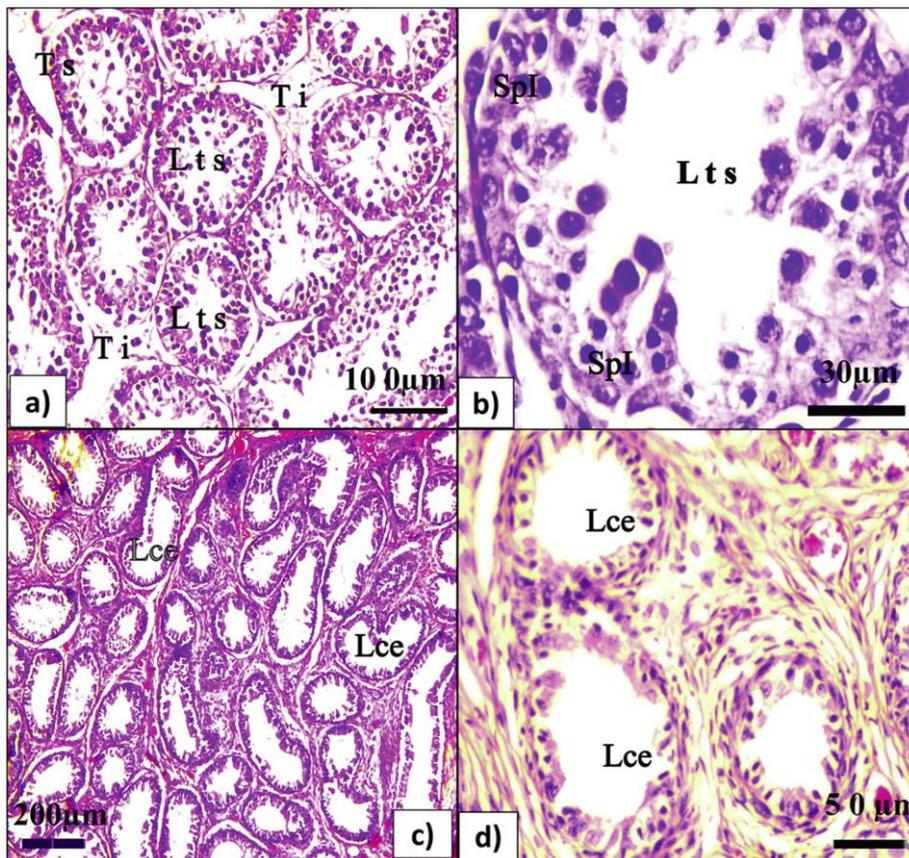


Figure 2

Structure histologique des gonades du Hérisson d'Algérie en période de repos au mois d'octobre. Tube séminifère (a, b). Épididyme (c, d). Abréviations : (Lts) Lumière des tubes séminifères, (SpI) Spermatocyte primaire, (Ts) Tube séminifère, (Ti) Tissu interstitiel, (Lce) Lumière de l'épididyme.

Histological structure of the gonads of the Algerian Hedgehog during rest period in October. (a, b) Seminiferous tubule. (c, d) Epididymis. Abbreviations: (Lts) Lumen of seminiferous tubules, (SpI) Primary spermatocyte, (Ts) Seminiferous tubule, (Ti) Interstitial tissue, (Lce) Lumen of epididymis.

La reproduction chez *Aterix algirus*

Discussion

La littérature ne fournit, à notre connaissance, aucune indication sur la biologie de la reproduction du hérisson d'Algérie, contrairement au hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus L.*), une espèce dont la répartition est différente (septentrionale : du nord au sud de l'Europe), mais dont les caractéristiques sont similaires. De nombreux travaux se sont penchés sur la physiologie de sa reproduction,

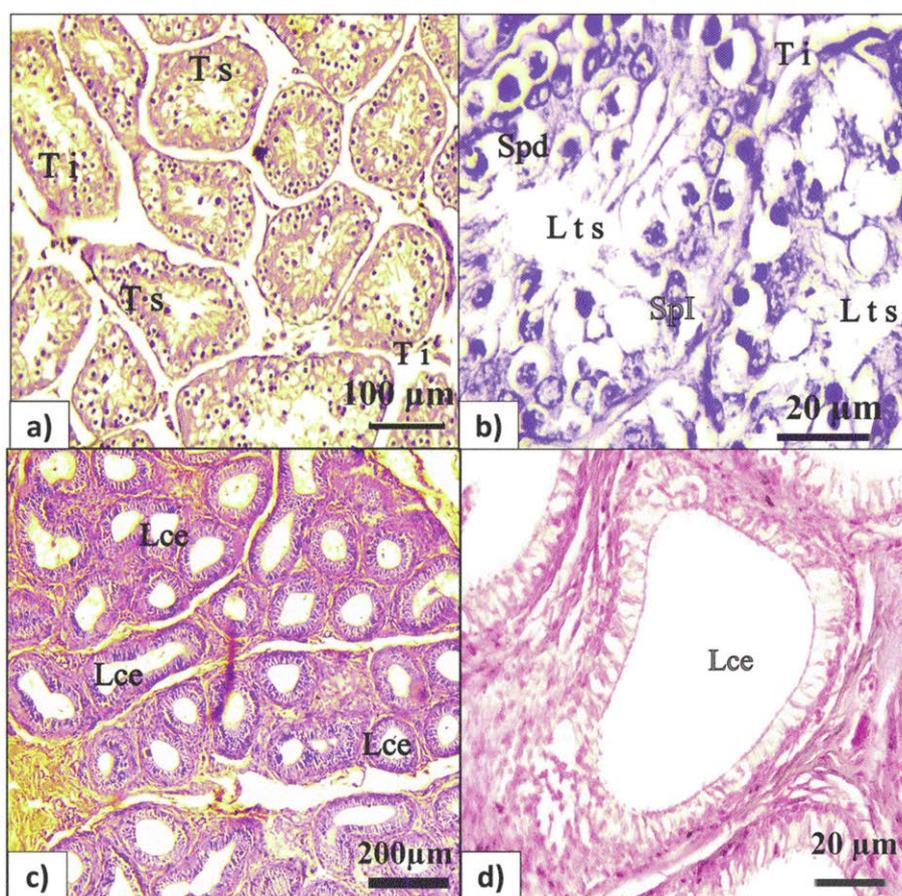


Figure 3

Structure histologique des gonades du Hérisson d'Algérie en période de reprise d'activité au mois de février. Tube séminifère (a, b). Épididyme (c, d). Abréviations : (Lts) Lumière des tubes séminifères, (SpI) Spermatoocyte primaire, (Spd) Spermatoïdes, (Ts) Tube séminifère, (Ti) Tissu interstitiel, (Lce) Lumière de l'épididyme.

Histological structure of the Gonads of the Algerian Hedgehog during period of resumption of activity in February. (a, b) Seminiferous tubule. (c, d) Epididymis. Abbreviations: (Lst) Lumen of seminiferous tubules, (SpI) Primary spermatocyte, (Spd) Spermatids, (Ts) Seminiferous tubule, (Ti) Interstitial tissue, (Lce) Lumen of the epididymis.

(MARCHAL, 1911 ; ALLANSON, 1934 ; SAURE, 1969 ; SABOUREAU, 1979 ; SABOUREAU *et al.*, 1981 ; CASTING, 1985 ; FOWLER, 1988a,b ; VAN DER COLF *et al.*, 1992). Ces études corroborent la thèse sur le profil du cycle de fonctionnement testiculaire par un repos automnal, une reprise hivernale et une séquence d'activité maximale printanière.

Les variations pondérales testiculaires chez le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) présentent des valeurs maximales au printemps ($3,296 \pm 0,271$ g), et minimales en automne ($2,09 \pm 0,202$ g). Ces résultats concordent avec ceux obtenus chez le Hérisson d'Europe (SABOUREAU *et al.*, 1981). Ces variations pondérales ont été aussi observées chez les *Microcebus murinus* par PETTER-ROUSSEAU (1972).

Les présents résultats montrent que le poids le plus important du testicule est atteint lorsque le diamètre de tubule séminifère augmente aussi de taille. Cela reflète une activité spermatogénétique qui est en relation avec une augmentation du niveau

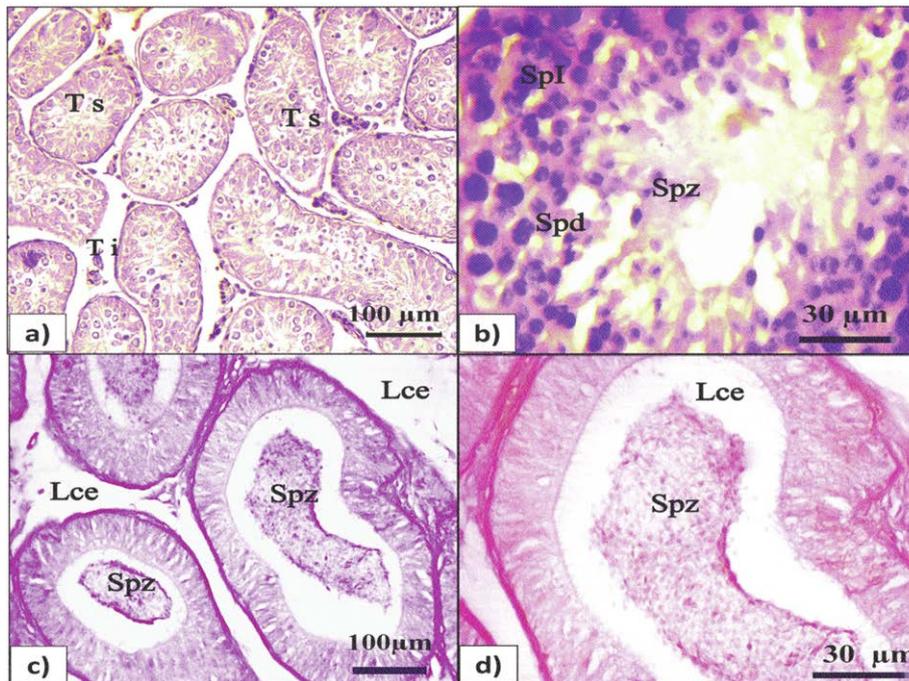


Figure 4

Structure histologique des gonades du Hérisson d'Algérie en période d'activité aux mois de mai/juin.

Tube séminifère (a, b) Épididyme (c, d). Abréviations : (Lts) Lumière des tubes séminifères, (Spz) Spermatozoïdes, (SpI) Spermatocyte primaire, (Spd) Spermatides, (Ts) Tube séminifère, (Ti) Tissu interstitiel, (Lce) Lumière de l'épididyme.

Histological structure of the Gonads of the Algerian Hedgehog during period of activity in months of May and June. (a, b) Seminiferous tubule. (c, d) Epididymis. Abbreviations: (Lts) Lumen of seminiferous tubules, (Spz) Sperm, (SpI) Primary spermatocyte, (Spd) Spermatids, (Ts) Seminiferous tubule, (Ti) Interstitial tissue, (Lce) Lumen of the epididymis.

La reproduction chez *Aterix algirus*

de la testostérone plasmatique. Des corrélations similaires ont été indiquées chez le Hérisson d'Europe. (SABOUREAU, 1979; FOWLER, 1988a).

La diminution du poids du testicule est associée à la diminution de la concentration en testostérone, ces résultats sont aussi observés chez le Hamster d'Europe (PEVET *et al.*, 1987) et chez le Hérisson d'Europe (SABOUREAU, 1979 ; SABOUREAU *et al.*, 1981).

Les valeurs des taux en testostérone obtenues chez le Hérisson d'Algérie sont maximales durant les mois de mai-juin et minimales aux mois d'octobre-novembre. Ces données sur les variations de la concentration plasmatique en testostérone sont très préliminaires, mais elles sont en accord avec celles obtenues chez le Hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*) (SABOUREAU, 1979 ; CASTING, 1985 ; EL OMARI, 1987 ; SABOUREAU *et al.*, 1993). Dans ce sens, FOWLER (1988b) rapporte aussi que, chez ce dernier, le taux de la testostérone plasmatique augmente rapidement au printemps pour être bas à la moitié de l'hiver.

L'étude histologique effectuée sur le testicule du Hérisson d'Algérie nous montre qu'il y a une variation saisonnière de la spermatogenèse presque similaire à l'espèce hibernante *Erinaceus europaeus* (SABOUREAU, 1979 ; FOWLER, 1988a).

En effet, nous distinguons trois phases : (a) la phase de repos (octobre) ; (b) la phase de reprise d'activité (février) ; (c) la phase d'activité (mai à juin).

La testostéronémie élevée chez le Hérisson d'Algérie apparaît avec la durée de la phase d'éclairement (juin), ce qui montre le rôle primordial joué par la photopériode dans l'entraînement et la synchronisation de la fonction de reproduction chez le Hérisson mâle, ce qui est signalé aussi chez le Hérisson d'Europe mâle (SABOUREAU, 1979 ; CASTING, 1985 ; EL OMARI, 1987 ; FOWLER, 1988a).

Une reprise de l'activité testiculaire est marquée durant le mois de février où les animaux peuvent manifester des torpeurs de grande durée. En effet, les durées les plus longues des phases de torpeur (6 à 7 jours) sont observées en janvier ou février avec les plus basses températures corporelles minimales (9,7°C) (MOUHOUB-SAYAH, 2009). Durant cette période, en dépit de l'ampleur des torpeurs observées chez le Hérisson d'Algérie, on a bien noté une augmentation du poids du testicule et une activité spermatogénétique importante.

La reprise précoce hivernale (au cours de la fin d'hibernation) de l'activité testiculaire paraît très souvent la règle chez les hibernants et a été décrite ; chez la marmotte (COURRIER, 1927 ; DELLA TORRE *et al.*, 2001), chez le Hamster doré (HALL *et al.*, 1982 ; BAUMGART, 1996), chez le Spermophile (*Spermophilus auratus*) (ELLIS *et al.*, 1983) et chez le Hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*) (SABOUREAU, 1979 ; SABOUREAU *et al.*, 1981 ; CASTAING, 1985 ; EL OMARI, 1987 ; FOWLER, 1988a,b).

L'implication des facteurs de l'environnement dans la régulation des rythmes biologiques a été bien décrite par plusieurs travaux expérimentaux. Dans ce sens, EL OMARI (1987) note que la photopériode joue un rôle essentiel chez le Hérisson d'Europe dans l'entraînement et la synchronisation des fonctions gonadotrope, reproductrice, endocrino-métabolique et thermorégulatrice.

Conclusion

L'étude des variations pondérales, histologiques et hormonales du testicule chez le Hérisson d'Algérie, montre que ce mammifère présente un cycle sexuel caractérisé par un repos automnal, une reprise hivernale et une séquence d'activité maximale printanière. Ce qui montre chez cette espèce une remarquable adaptation de son cycle de reproduction aux variations de l'environnement.

La reprise d'activité gonadique est concomitante de celle du poids des testicules, elle est appuyée aussi par des données histologiques, montrant clairement une relance de la spermatogenèse. Les résultats de la dynamique de la testostérone sur un cycle annuel ne sont pas complets mais, néanmoins, ils contribuent partiellement comme support pour d'autres paramètres pris en compte. L'analyse simultanée de l'ensemble des données aboutit à la description du profil de la reproduction chez le Hérisson d'Algérie.

Le cycle de fonctionnement testiculaire manifeste une reprise spontanée durant l'hibernation. Par conséquent, il serait intéressant de tenir compte des interrelations possibles entre les deux fonctionnements. Certes, la littérature a bien démontré que l'hibernation est un phénomène cyclique endogène, mais considérer de façon intégrative les différents cycles en fonction des facteurs de l'environnement permet de mieux comprendre les mécanismes régulateurs neuroendocriniens ou métaboliques qui interviennent à l'adaptation de l'animal aux fluctuations saisonnières de son milieu.

RÉFÉRENCES

- ALLANSON, M. (1934).- The reproductive processes of certain Mammals VII – Seasonal variation in the reproductive organs of the male hedgehog. *Phil. Trans. Roy. Soc., London, Ser. B*, **223**, 277-303.
- BAUMGART, G. (1996).- *Le hamster d'Europe (Cricetus cricetus L.) en Alsace*. Office national de la chasse, Gerstheim, **67**, 267 p.
- BOUKHEROUFA, M., SAKRAOUI, F., BENTAYEB, Y. NAFIR, A. & BENYACOUB, S. (2015).- Reproduction monitoring of Algerian hedgehog *Ateleris algirus* (Lereboullet, 1842) (Erinaceidae, Mammalia) during spring, in Righia (National Park of El Kala, northeast Algeria). *Adv. Environ. Biol.*, **9** (14), 97-103.
- CASTAING, L. (1985).- *Hibernation et reproduction du hérisson. (Erinaceus europaeus L.) : interrelations et régulation par les facteurs externes*. Thèse de doctorat ès-sciences, Univ. François Rabelais, Tours, France, 123 p.
- COURIER, R. (1927).- Étude sur le déterminisme de caractères sexuels secondaires chez quelques mammifères à activité sexuelle périodique. *Arch. Biol.*, **37**, 173-334.
- DELLA TORRE, G., DEMARD, A., KRIER, A. & LITCHINKO, N. (2001).- *Les phénomènes biologiques exerçant sur la marmotte hibernante*. Éd. Quid. 196 p.
- EL OMARI, (1987).- *Régulation de la fonction de la reproduction et de l'hibernation par les facteurs de l'environnement chez le hérisson (Erinaceus europaeus L.)*. Aspects neuroendocriniens et métaboliques. Thèse Doc. Sciences de la Vie. Tours, France. 164 p.

La reproduction chez *Atelerix algirus*

- ELLIS, L.C., PALMER, R.A. & BALPH, D.H. (1983).- The reproductive cycle of male Unitas ground squirrels: some anatomical and biochemical correlates. *Comp. Biochem. Physiol. A*, **74**, 239-245.
- FOWLER, P.A. (1988a).- Thermoregulation in the female hedgehog, *Erinaceus europaeus*, during the breeding season, *J. Reprod. Fertil.*, **82**, 285-292.
- FOWLER, P.A. (1988b).- Seasonal endocrine cycles in the European hedgehog, *Erinaceus europaeus*. *J. Reprod. Fertil.*, **84**, 259-272.
- HALL, V. & GOLDMAN, B. (1982).- Effects of gonadal steroid hormones on hibernation in the turkish hamster (*Mesocricetus brandti*). *J. Comp. Physiol.*, **135**, 107-114.
- KHALDI, M., TORRES, J., SAMSÓ, B., MIQUEL, J., BICHE, M., BENYETTOU, M., BARECH, G., BENELKADI, H.A. & RIBAS, A. (2011).- Endoparasites (Helminths and Coccidians) in the Hedgehogs *Atelerix algirus* and *Paraechinus aethiopicus* from Algeria. *African Zool.*, **47** (1), 48-54.
- MARCHAL, F.H.A. (1911).- The male generative cycle in the hedgehog, with experiments on the functional correlation between the essential and accessory sexual organs. *J. Physiol. London*, **43**, 247-259.
- MOUHOU-B-SAYAH, C. (2009).- *Écologie du Hérisson d'Algérie Atelerix algirus Lereboullet, 1842 (Mammalia, Insectivora) dans quelques stations du Djurdjura et dans la vallée de la Soummam*. Thèse de doctorat d'état en sciences agronomiques, Alger, 180 p. http://dspace.ensa.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/1323/1/mouhoub_c.pdf
- PETTER-ROUSSEAU, A. (1972).- Application d'un système semestriel de variation de la photopériode chez *Microcebus murinus* (Miller, 1777). *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **12** (3), 367-375.
- PEVET, P., MARRON, M., VIVIEN, B.R. & BUIJS, R.M. (1987).- Pinéale et reproduction saisonnière chez le hamster d'Europe (*Cricetus cricetus*). *Pathol. Biol.*, **35** (8), 1141-1142.
- SABOUREAU, M. (1979).- *Cycle annuel du fonctionnement testiculaire du hérisson (Erinaceus europaeus L.)*. Thèse de doctorat, Université François-Rabelais de Tours, 198 p.
- SABOUREAU, M. & DUTOURNÉ, B. (1981).- The reproductive cycle in the male hedgehog (*Erinaceus europaeus* L.). Study of endocrine and exocrine testicular function. *Reprod. Nutr. Develop.*, **21** (1), 109-126.
- SABOUREAU, M. & EL OMARI, B. (1993).- Effect of light entrainment and temperature on the reproductive cycle in the male hedgehog (*Erinaceus europaeus*). *J. Reprod. Fertil.*, **99**, 497-504.
- SAHRAOUI, B.K. (1984).- *Les mammifères terrestres d'Algérie au musée de Maeght d'Oran et zoogéographie des mammifères terrestres d'Algérie*. DES Inst. Bio. Sci. Terre, Université d'Oran, 75 p.
- SAURE, L. (1969).- Histological studies on the sexual cycle of the male hedgehog (*Erinaceus europaeus* L.). *Aquilo, Helsinki, Ser. Zool.*, **101**, 84-94.
- VAN DER COLF, W.J. & VAN AARDE, R.J. (1992).- Seasonal changes in plasma testosterone levels in the male South African hedgehog (*Atelerix frontalis*). *S. Afr. J. Zool.*, **27** (1), 11-13.

(reçu le 28/02/2017 ; accepté le 29/10/2017)

mis en ligne le 17/10/2017