

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA- BEJAIA



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques de l'Environnement

Mémoire

Présenté par

M^{me} BENMOUHOUB née HACHEMAOUI Karima

Pour l'obtention du diplôme de Magister

Filière: Biologie

Option: Ecologie et Environnement

Thème

**Hibernation et reproduction du Hérisson d'Algérie
Aterix algirus Lereboullet, 1842: Interrelations et
régulation par les facteurs externes.**

Soutenu le:

Devant le Jury composé de:

Mr IGUEROUADA Mokrane	Prof.	Université de Bejaia	Président
Mr MOULAI Riadh	Prof.	Université de Bejaia	Examineur
Mr AYAD A/hanine	MCA	Université de Bejaia	Examineur
M ^{me} MOUHOUB SAYAH Chafika	MCA	Université de Bejaia	Rapporteur

Année Universitaire: 2013-2014

REMERCIEMENT

Ce travail de thèse a été le labeur de deux années et n'aurait probablement jamais été mené à terme sans le soutien d'un grand nombre de personnes que je tiens vivement et très sincèrement à remercier.

Je commencerai d'abord par remercier ma très chère promotrice Madame MOUHOUB SAYEH C. Je la remercie pour son aide précieuse, pour la qualité de ses conseils, pour avoir toujours été là pour m'encourager, pour me soutenir.

-Á Monsieur le Professeur IGUEROUADA M.; Professeur à l'université de Bejaia, qui nous a fait l'honneur de présider le jury de cette thèse, en témoignage de notre profond respect.

-Je tiens à remercier le Professeur MOULAI R. Professeur à l'université de Bejaia et Monsieur AYAD A., Maître de Conférences A , à l'université de Bejaia, pour avoir accepté de faire partie du jury et de juger ainsi mon travail.

Je remercie également;

-Monsieur le professeur L.GRIENE, Chef de service de laboratoire d'hormonologie du centre Pierre et Marie Curie d'Alger, d'avoir effectué les dosages hormonaux à son laboratoire.

-Toute l'équipe du service d'anatomie pathologie de l'hôpital franc fanon de la wilaya de Bejaia, particulièrement.

-Madame CHEBOUT, médecin chef du service, pour la réalisation des coupes histologiques. Sans oublier tous les médecins de ce services ainsi le personnel tel que:

-Monsieur BAWDIA, Madame HELLAL, Nassima, pour leur orientations et leur Conseils au cours de mon stage.

Je n'aurais garde d'oublier le fournisseur des Hérissons (Monsieur KANEB M., sans l'aide, ce travail n'aurait pas pu être mené à bien.

Enfin, pour tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail, trouvent ici mes vifs remerciements.

AU TOUT PUISSANT ALLAH :

Merci de m' avoir tenu en bonne santé pour la réalisation de cette
thèse.

Merci de m' avoir donné la force et le courage d' entreprendre ce
travail.

DEDICACES

Je dédie humblement ce manuscrit à:

A celle qui s'est toujours dévouée et sacrifiée pour moi; celle qui m'a aidée du mieux qu'elle pouvait pour réussir; celle qui m'a accompagnée tout au long de ce parcours périlleux ; celle qui a toujours été là dans mes moments de détresse, ma très chère mère.

A mes très chères sœurs Nadia, Hakima, Wassila, qui m'ont énormément aidée et à qui je témoigne mon affection et ma profonde reconnaissance.

A mes très chères, belle mère et belles sœurs ainsi que mes nièces: Mima, Chahrazed, Farah, Leila, Imene, Nessrine et Nermine.

Sans oublier ma très chère copine Ismahane qui ma beaucoup aider dans la réalisation de cette thèse.

A celui qui a su m'aimer, me supporter (dans les deux sens du terme), mon adoré et très cher mari Mustapha, en témoignage de sa gentillesse et de son affection.

A mes adorables enfants A/Ouadoud et A/Alim.

A la mémoire de mon père et beau père. Sans oublier ma chère très sœur et belle sœur SAMIA ainsi que mon oncle Zi Taieb, qu'on a perdus récemment.

A toute la promo; Baya, Nassima, Rachida, Farida et Karim.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Structure histologique du testicule chez un mammifère [Vacheret, 1999].

Figure 2 - Coupe histologique des tubes séminifères chez les mammifères (Vacheret, 1999).

Figure 3 - Structure des cellules de Sertoli (Siffroi, 2001).

Figure 4 - Le tissu interstitiel (Siffroi, 2001).

Figure 5 - Structure d'un spermatozoïde (Bourbonnais, 2001).

Figure 6 - Les différentes phases de la spermatogenèse. (Vacheret, 1999).

Figure 7 - Régulation de la reproduction chez les mammifères (Rezgoune, 2007).

Figure 8 - Répartition géographique d'*Atelerix algirus* (.) et *Hemiechinus aethiopicus*(.) d'après Sahraoui (1984); Salami et *al.* (1989); Harbi (1991).

Figure 9 - Différence de coloration entre les Hérissons d'Algérie (*Atelerix algirus*) (Original, 2013).

Figure 10 - Hérisson femelle d'Algérie (*Atelerix algirus*) avec quatre petits de quelques jours (Mouhoub Sayah, 2009).

Figure 11 - Présentation de lieu d'élevage des animaux dans l'animalerie de l'université de Bejaia.

Figure 12 - Les capteurs de température i-Button (Température Loggers).

Figure 13 - Système utilisé pour l'anesthésie gazeuse.

Figure 14 - Les différentes étapes de laparotomie (Originale, 2013).

Figure 15 - Système de transfert de donnée «blue dot».

Figure 16 - Présentation schématique des variations de la température corporelle du Hérisson (*Erinaceus europaeus*) en automne et en hiver. Alternance de phases de torpeur ou hypothermie et de phases d'euthermie.

Figure 17 - Sexage des Hérissons d'Algérie (*Atelerix algirus*) (Original, 2014).

Figure 18 - Anatomie interne de l'appareil génital mâle du Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) (Originale, 2014).

Figure 19 - Variation de la température corporelle en fonction de la température ambiante au cours de la fin d'hiver et printemps (2014) chez les mâles [A4(a), A6(b)] Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*).

Figure 20 - Variation de la température corporelle en fonction de la température ambiante au cours de la fin d'hiver et printemps (2014) chez le Hérisson femelle A3 d' Algérie.

Figure 21 - Etude chez le Hérisson d'Algérie au cours du nyctémère du début: des torpeurs, des réveils, des euther mies. Comparaison entre les mâles et la femelle.

Figure 22 - Etude comparée entre mâle et femelle, en torpeur (a) et en euther mie (b) chez le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) (% par période de 15 jours) (de mars à mai 2013), en relation avec les températures ambiantes moyennes.

Figure 23 - Etude d'opposition de durées relative (par période de 15 jours) en torpeur, en euther mie et la température ambiante (T_a) pendant la période printanière 2013 chez la femelle (A3) du Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*).

Figure 24 - Evolution de la température ambiante et de la température corporelle pendant une phase de torpeur chez les trois Hérissons mâles d'Algérie (*Atelerix algirus*) [A4 (a), A6 (b), A3 (c)].

Figure 25 - Variations de la masse corporelle au cours de l'hiver et du printemps chez les trois Hérissons mâles d'Algérie (*Atelerix algirus*) (A3, A4, A6).

Figure26 - variations mensuelle du bilan énergétique (économie-dépenses) au cours de la fin d'hiver et printemps chez le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*).chez les trois animaux [A3 (a), A4 (b), A6 (c)].

Figure 27 - Variations mensuelle du poids des testicules chez le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*).

Figure 28 - Variation de la concentration plasmatique en testostérone chez le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*).

Figure 29 - Variations saisonnières du poids testiculaire et de la concentration en testostérone plasmatique chez le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*).

Figure 30 - Structure histologique des gonades chez l'animal A25 en période de repos en fin octobre (tube séminifère [a, b, c]; épидидyme [d, e]).

Figure 31 - Structure histologique des gonades du Hérisson A7 pendant la période de reprise d'activité au début du mois de février ([a, b, c, d] tube séminifère, [e, f] épидидyme).

Figure 32 - Structure histologique des gonades du Hérisson A9 en période d'activité en mois de mai (tube séminifère [a, b, c]; épидидyme [d, e]).

Figure33 - Structure histologique des gonades du HérissonA24 en période de mise au repos (régression) au début d'octobre (Tube séminifère [a, b, c]; épидидyme [d, e]).

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Programmation des émetteurs i-Button.

Tableau 2 - Caractéristiques de l'hibernation chez le Hérisson d'Algérie: étude chez 3 animaux (2 mâles et 1 femelle) en fin d'hibernation (fin d'hiver, printemps) au cours de l'année 2013- Données présentées en pourcentages (%) des valeurs totales et durées en heures (h) pendant la phase de torpeur.

Tableau 3 - Caractéristiques de l'hibernation chez le Hérisson d'Algérie: étude chez 3 animaux (2 mâles et 1 femelle) en fin d'hibernation (fin d'hiver, printemps) au cours de l'année 2013, Données présentées en pourcentages (%) des valeurs totales et durées en heures (h) pendant la Phase d'euthermie.

Tableau 4 - Bilan énergétique chez les mâles et la femelle du Hérisson d'Algérie au cours de la fin de l'hiver et printemps.

Tableau 5 - Bilan énergétique mensuel au cours de la fin de l'hiver et printemps chez les trois Hérissons (2mâles et 1 femelle) d'Algérie (A3 [a], A4 [b], A6 [c]).

Tableau 6 - Variation mensuelle du poids testiculaire chez le Hérisson mâle d'Algérie.

Tableau 7 - Variation du taux de testostérone plasmatique chez le Hérisson mâle d'Algérie durant la période d'hibernation et d'activité.

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 - Fiche technique des animaux

Annexe 2 - Coloration « H E » « Hemalun - Eosine ».

Annexe 3 - Structure histologique des gonades en période d'activité chez l'animal A10 (juin)
(a [Gx4], b[Gx40]) Tube séminifère.

Annexe 4 - Structure histologique des gonades en période d'activité chez l'animal
A12 (juin) (a[Gx10], b[Gx40], c[Gx10, d[Gx40]) tube séminifère .

Annexe 5 - Structure histologique des gonades en période d'activité chez l'animal A 11 (Juin)
(tube séminifère)(x 40).

Annexe 6 - Structure histologique des gonades en période de mise au repos chez l'animal A22
(début octobre) (a[Gx4], b[Gx10], c[Gx40]) Tube séminifère; (d[Gx4], e[Gx10], f[Gx40])
Epididyme.

Annexe 7 - Structure histologique des gonades en période de mise au repos chez l'animal A18
(début octobre) (a[Gx4], b[Gx10], c[Gx40]) Tube séminifère;
(d[Gx4], e[Gx10]) Epididyme.

SOMMAIRE

Dédicaces

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des annexes

INTRODUCTION..... 1

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE..... 3

I-HIBERNATION..... 3

I-1-Définition de l'hibernation..... 3

I-2-Les catégories d'hibernants..... 4

I-2-1-Les hibernants obligatoires..... 4

I-2-2-Les hibernants saisonniers..... 4

I-2-3-Les hibernants facultatifs..... 4

I-3-Schéma général de l'hibernation..... 4

I-3-1-Entrée en hibernation..... 4

I-3-2-Phase d'état entrecoupé par des réveils périodiques..... 5

I-3-3-Sortie de l'hibernation..... 5

I-4- La physiologie au cours de l'hibernation..... 5

I-5-Contrôle de l'hibernation..... 6

I-5-1-Facteurs externes..... 6

I-5-1-1-La photopériode..... 7

I-5-1-2-La température..... 7

I-5-2-Facteurs internes..... 7

I-6-Hibernation chez quelques espèces d'invertébrée et de vertébrée..... 8

I-6-1-Les invertébrées..... 8

I-6-1-1- Les mollusques..... 8

 a- Les escargots..... 8

I-6-1-2- Les Arthropodes..... 8

 a-Écaille..... 8

I-6-2-Les vertébrées.....	8
I-6-2-1- Les mammifères.....	8
a-La Marmotte (<i>Marmota marmota</i>).....	8
b-Hamster d'Europe (<i>Cricetus cricetus</i>).....	8
c-Le Hérisson d'Europe (<i>Erinaceus europaeus</i>).....	9
I-6-2-2- Les oiseaux.....	10
I-6-2-3- Les Reptiles.....	10
a-Les Lézards (<i>Lacerta bilineata</i>).....	10
b-La tortue (<i>Eurotestudo hermanni</i>)	10
I-6-2-4-Les Amphibiens.....	10
a-La grenouille des champs (<i>Rana arvalis</i>).....	10
	11
II-REPRODUCTION.....	
II-1-Description de l'appareil génital mâle chez les Mammifères.....	11
II-1-1- Anatomie de l'appareil génital mâle.....	11
II-1-2-Structure histologique du testicule.....	12
II-1-2-1- Les tubes séminifères.....	13
II-1-2-1-1-Les cellules de Sertoli.....	13
II-1-2-1-2-Les cellules de Leydig	13
II-1-2-1-3-Les spermatozoïdes.....	13
II-1-3-La spermatogenèse.....	15
II-1-4-Physiologie du testicule.....	16
II-1-5-Sécrétion et rôle de la testostérone.....	16
II-2-Généralité sur la biologie de la reproduction chez les hibernants	18
II-2-1-La reproduction chez le Hérisson d'Europe (<i>Erinaceus europaeus</i>).....	18
MATERIEL ET METHODES	20
I-PRESENTATION DE L' ANIMAL.....	20
I-1-Systématique.....	20
I-2-Répartition géographique du Hérisson d'Algérie.....	20
I-3-Données Biologiques et écologiques.....	22
II-METHODES D'ETUDE DE LA TEMPERATURE CORPORELLE ET DE LA REPRODUCTION.....	24

II-1-Capture et conditions d'élevage.....	24
II-2-Mesure de la température corporelle.....	25
II-2-1-Utilisations des i-Button.....	25
II-2-2-Implantation chirurgicale des iButtons (laparotomie).....	27
II-2-3-Exploitation des données.....	31
II-2-4-Fiche technique des animaux.....	33
II-3-Etude de la reproduction.....	33
II-3-1-Distinction entre les sexes.....	33
II-3-2-Anatomie interne de l'appareil génital mâle chez le Hérisson d'Algérie (<i>Atelerix algirus</i>).....	34
II-3-3-Exploitation endocrinienne.....	35
II-3-3-1-Prélèvements sanguins.....	35
II-3-3-2-Dosage de la Testostérone plasmatique.....	35
II-3-4-Exploitation pondérale et histologique des gonades.....	36
II-3-4-1-Prélèvement du testicule.....	36
II-3-4-2-Les coupes histologiques des testicules.....	36
II-3-4-3-Les différentes étapes des coupes histologiques.....	36
II-3-4-3-1-Etape de fixation.....	36
II-3-4-3-2-Etape d'inclusion.....	37
II-3-4-3-3-Etape de la confection des coupes.....	37
II-3-4-3-4-Etalement des coupes	37
II-3-4-3-5-Etape de la coloration.....	37
II-3-4-3-6-Etape du montage.....	38
II-3-4-3-7-Etape de la lecture.....	38
RESULTATS	39
I-HIBERNATION	39
1-Phase de torpeur (hypothermie).....	42
2-La phase d'euthermie (normothermie).....	46
3-Relation entre les évolutions de la température ambiante et la température corporelle au cours du printemps.....	48
4-Variation de la masse corporelle.....	51

5-Prise alimentaire.....	52
6-Bilan énergétique	52
II-BIOLOGIE DE LA REPRODUCTION CHEZ LE MALE HERISSON.....	56
II-1-Variations du poids testiculaire.....	58
II-2-Variations de la testostérone plasmatique.....	59
II-3-Structure histologique à différentes période de l'année (hibernation et activité)	60
DISCUSSION.....	66
I-HIBERNATION.....	66
I-1-Phase de torpeur.....	66
2-Phase de réveil (euthermie).....	67
3-Variation de la masse corporelle.....	69
4-La prise alimentaire	70
5-Le bilan énergétique de la fin de l'hibernation et de début d'activité chez l'Hérisson Algérie (<i>Atelerix algirus</i>).....	71
II-REPRODUCTION.....	72
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	73
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	76
ANNEXE.....	86
RESUMES	

En biologie, les phénomènes physiologiques naturels, répétitifs et réguliers sont appelés par des vocables variables: rythmes, oscillations ou cycles. Depuis le développement des sciences biologiques, la liste des oscillations biologiques n'a cessé de croître. Parmi celles-ci, l'hibernation et la reproduction sont deux phénomènes connus depuis fort longtemps par leurs caractères saisonniers particulièrement net.

L'hibernation à depuis longtemps fasciné le grand public ainsi que le monde scientifique. En effet, il est surprenant de se rendre compte que des espèces appartenant à la même classe que les hommes, à savoir les mammifères, sont capables de diminuer leur température corporelle ainsi que l'ensemble de leurs fonctions physiologiques à des niveaux qui sont létaux pour les autres espèces.

Des études réalisées sur la phylogenèse, ont démontré qu'il n'y a pas de gènes supplémentaires, spécifiques chez les animaux, entrant en état de vie ralentie, par rapport aux autres pour assurer ce mécanisme, mais seulement des régulations de certains gènes communs à l'ensemble des animaux (Cristinelli, 2006).

Le phénomène d'hibernation a fait l'objet de plusieurs études en Europe, notamment sur certaines espèces animales, tel que le Hérisson d'Europe, la Marmotte, le Hamster et la Chauve-souris. Ce phénomène donne encore lieu, aujourd'hui, à tant de discussions, malgré le nombre considérable, de travaux réalisés dans ce domaine, chez un nombre important d'espèces et dans des situations, le plus souvent expérimentales, aussi variée que possible. En Algérie, très peu d'études ont été réalisées dans ce sens.

Si les caractéristiques de l'hibernation chez le Hérisson d'Europe sont maintenant bien connues, de point de vue comportemental et physiologique (Kristofferson et Soivio, 1967; Saboureau, 1979; Vignault, 1994), il n'en est pas de même chez le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*), une espèce proche qui présente une répartition plus méridionale (Afrique du Nord). Shilling et al. (1986), notent que le Hérisson d'Algérie n'hiberne pas, cela a été aussi signalé dans le littoral Algérois par Doumandji et Doumandji (1992 a), qui ont remarqué la présence de rares excréments en hiver, prouvant que l'espèce citée n'hiberne pas.

En Algérie, de nombreuses études ont développé principalement la composition du régime alimentaire du Hérisson d'Algérie. Les premières études ont été effectuées sur le littoral algérois par Doumandji et Doumandji (1991 a b) puis dans différentes régions du pays; près du barrage de Boughzoul (Baaziz, 1991), en Grande Kabylie (Bendjoudi, 1995; Talmat et al., 2004; Brahmi, 2005), dans la vallée de la Soummam (Mouhoub Sayah, 2009).

Une orientation scientifique nouvelle, concernant l'écophysiologie du Hérisson d'Algérie, a été abordée par Mouhoub Sayah (2009). Cette nouvelle voie de recherche s'est basée sur le suivi de la température corporelle. Les résultats obtenus à travers cette étude, montrent clairement que le Hérisson d'Algérie peut être considéré comme un vrai hibernant. Mais il reste beaucoup de domaine à étudier et à préciser chez le Hérisson d'Algérie, jusqu'à lors, le cycle saisonnier de la reproduction de ce petit mammifère reste inconnu.

Notre travail s'inscrit dans la continuité des travaux établis par Mouhoub (2009), ayant fourni des informations saisonnières sur la variation de la température corporelle (Tc) au cours de l'automne et de l'hiver. Dans l'optique d'enrichir notre programme de recherche, nous visons à compléter les données des variations de la température corporelle (Tc) au cours de la fin de l'hiver et début du printemps.

Au cours de ce travail, on s'est intéressé aussi à la compréhension du déroulement du cycle de fonctionnement testiculaire. En effet nous tentons de rechercher comment les variations des facteurs de l'environnement peuvent être perçues par l'animal durant l'hibernation et rechercher les éventuels synchronismes du cycle endocrinien de la reproduction en relation avec l'hibernation.

Ce travail s'articule autour de trois chapitres dont le premier chapitre apporte des données bibliographiques sur l'hibernation et sur les aspects généraux de la reproduction chez les Mammifères. Les méthodes employées pour le suivi de la température corporelle ainsi pour la biologie de la reproduction, et les techniques utilisées pour exploiter les résultats, sont regroupées dans le deuxième chapitre. Quant au troisième chapitre, il est consacré aux résultats obtenus sur la variation de la température corporelle ainsi celui du cycle saisonnier de la reproduction chez le Hérisson mâle (*Atelerix algirus*). Ces résultats seront discutés et comparés avec d'autres hibernants dans le quatrième chapitre. Une conclusion générale assortie de perspectives, clôture ce travail.

Les espèces animales vivant sous des latitudes tempérées ou froides sont soumises à des fluctuations saisonnières du climat, de la température et de la disponibilité alimentaire. Sous l'influence de ces changements, des adaptations saisonnières des fonctions physiologiques, des comportements et de la morphologie de ces espèces, ont été mises en place (Gwinner, 1986; Bronson, 1988). Ces adaptations sont faites notamment grâce à la mise en place d'une horloge capable de se synchroniser et de distribuer à tout l'organisme un message temporel permettant l'anticipation des changements du milieu. Ainsi, cette horloge contribue largement au fonctionnement harmonieux des organismes dans leur environnement (Tritschler, 2006).

En effet, les animaux peuvent présenter des cycles d'hibernation, des périodes migratoires, des modifications de leur pelage et/ou des variations du stockage énergétique via le dépôt des graisses et des modifications de la température corporelle. De plus, la plupart de ces espèces ont une activité de reproduction restreinte à une période de l'année ce qui leur permet d'obtenir des naissances au moment le plus opportun autrement dit, lorsque les conditions environnementales telles que la disponibilité alimentaire et la température sont les plus favorables à la survie des nouveaux nés (Bronson et al., 1994). Ces mécanismes d'adaptations doivent débiter très tôt et les organismes doivent être capables d'anticiper ces modifications climatiques.

Parmi ces mécanismes, nous développerons des recherches bibliographiques sur ceux qui sont en relation avec l'objectif de notre étude, à savoir l'hibernation et la reproduction.

I-Hibernation

I-1-Définition de l'hibernation

L'hibernation est un état d'hypothermie régulée, durant plusieurs jours ou semaines (Berthoud, 1980; Genermont et al., 2003) qui permet aux animaux d'établir une stratégie de conservation de l'énergie (Morris et al., 1987; Annika, 2007; Hubert, 2008).

Ce phénomène se reproduit chaque année chez des espèces de mammifères tels que les Hamsters, les Marmottes, les Spermophiles, les Hérissons et certains écureuils (Michel, 1994; Annika, 2007; Hubert, 2008).

I-2-Les catégories d'hibernants

Selon Genermont et *al.* (2003), on distingue trois catégories d'hibernants: les hibernants obligatoires, les hibernants saisonniers et les hibernants facultatifs.

I-2-1-Les hibernants obligatoires

Sont des animaux qui hibernent à n'importe quand dès que la température extérieure est inférieure à 6°C pendant 48 heures. C'est le cas de lérot (*Elyomys quercinus*) (Festing, 1976; Libois et *al.*, 1982; Annika, 2007).

I-2-2-Les hibernants saisonniers

Sont des animaux qui hibernent dans la même période de l'année, même si les conditions environnementales sont défavorables.

C'est le cas du spermophile (*Citellus tridecemlineatus*): il n'est capable d'hiberner qu'entre mi-novembre et mi-février (Festing, 1976; Libois et *al.*, 1982; Annika, 2007).

I-2-3-Les hibernants facultatifs

Sont les animaux dont leur capacité à hiberner est conditionnée par différents facteurs tel que: la température ambiante, les réserves en nutriment, la photopériode, etc. On prend l'exemple de Hamster doré (*Mesocricetus auratus*) (Libois et *al.*, 1982; Annika, 2007).

I-3-Schéma général de l'hibernation

Quelque soit le type d'hibernant ou la période à laquelle se déroule l'hibernation, cet état de vie ralentie conserve un schéma général de base. En effet chaque période d'hibernation est composé d'une phase d'entrée en hibernation, d'une phase d'état entrecoupée par des réveils périodiques, et enfin d'une phase de réveil terminal (sortie de l'hibernation) (Cristinelli, 2006).

I-3-1-L'entrée en hibernation

Plusieurs mois avant la période d'hibernation, les hibernants consomment énormément de nourriture (Festing, 1976) et les stockent sous forme de réserves lipidiques sous la peau (Malan, 2007). C'est le cas de spermophile qui passe de 150 grammes de masse corporelle à 350 grammes (Libois et *al.*, 1982; Annika, 2007).

Les hibernants aménagent ensuite leur terrier que l'on nomme un hibernacle pour éviter des variations thermiques importantes, puis se mettent dans une position qui garde le maximum de chaleur, généralement en boule (Festing, 1976; Malan, 2007).

I-3-2-Phase d'état entrecoupé par des réveils périodiques

Pendant l'hibernation, les remontées rapides de température externe, induit des réveils périodiques, à des moments variables qui peuvent durer quelques heures selon les espèces, ils deviennent de plus en plus fréquents à la fin de l'hibernation. Ces réveils permettent aux hibernants d'éliminer leurs déchets issus du métabolisme. La thermogénèse dite sans frisson, en utilisant le tissu adipeux brun est à l'origine de ces réveils.

Dans le cas du Hamster doré, il se réveille tous les 3 à 5 jours (Heldmaier et *al.*, 1999), alors que le spermophile se réveille tout les 15 jours (Boubet et *al.*, 1996). Pendant ces réveils, l'animal tourne dans son hibernaculum, mange, urine et rendort. Des expériences d'ablation des neurones de l'hypothalamus ont montré une suppression de ces réveils et la mort de l'animal (Boubet et *al.*, 1996).

Pendant l'hibernation, 90% de la perte du poids de l'animal, sont dus à ces phases de réveil (Ortmanns, 2000).

I-3-3-Sortie de l'hibernation

La sortie de l'hibernation se caractérise par un réchauffement rapide des différentes parties du corps. Ces mécanismes sont plus rapides que ceux de l'entrée en hibernation, tout est rétabli en quelques heures (Giroud, 2008).

Les variations annuelles des conditions environnementales peuvent impacter les dates de sortie de l'hibernation (Arnaud, 2012).

I-4- La physiologie au cours de l'hibernation

Lors de la phase d'entrée, la baisse d'activité du métabolisme précède la baisse de température. Une diminution progressive de l'activité organique, que se soit l'appareil digestif, l'appareil respiratoire, l'appareil cardio-vasculaire, l'appareil urinaire et même le système nerveux central, étaient notés par Geiser (1996). En phase d'état, seules les fonctions vitales sont conservées mais à des niveaux normalement létaux pour les espèces non-hibernantes.

Leprivey (1996), souligne que l'augmentation du taux d'insuline est probablement l'un des mécanismes qui déclenchent l'hibernation. La glycémie diminue de moitié à l'entrée en hibernation, puis elle est de nouveau divisée par deux pendant le sommeil et reste

constante pour ne ré-augmenter qu'au réveil. La concentration des hormones d'origine surrénale est la plus faible au moment du sommeil le plus profond. La mélatonine est un facteur important de régulation endogène des cycles endocriniens; il y a une augmentation de sa synthèse pendant l'hiver (Giroud, 2008).

Les processus cellulaires sont stoppés ou tout au moins fortement ralentis de plusieurs manières (Idioma-Bot et *al.*, 2007) tels que:

a-Phosphorylation de certains composants

Des groupements phosphorylés se fixent sur les pompes à sodium et sur les pompes à potassium, empêchant ainsi les échanges de cations entre les compartiments intra cellulaire et extra cellulaires.

De plus des groupements phosphorylés s'attachent aux ribosomes, bloquant ainsi la synthèse des protéines (Idioma-Bot et *al.*, 2007).

b-Source d'énergie cellulaire

Pendant la vie active, l'énergie est obtenue à partir de l'oxydation de molécules de glucose mais pendant l'hibernation, la source d'énergie sera tiré de lipide stocké sous forme de graisse brune et blanche avant l'entrée en hibernation (Giroud, 2008).

c-Adaptation membranaire lors de l'hibernation

La membrane des cellules animales est formée d'une bicouche lipidique fluide à température normale, quand la température approche de 0°C, entraîne une disparition de la fluidité de la membrane sauf chez les hibernants car les lipides de leurs membranes ont des acides gras insaturés en concentration supérieure à celle des non-hibernants. De plus elles possèdent des protéines «chaperon» protégeant les lipides d'une modification de leur phase (les acides gras gardent leur fluidité dans la membrane) (Cristinelli, 2006; Giroud, 2008).

I-5-Contrôle de l'hibernation

L'hibernation est contrôlée par des facteurs externes et facteurs internes (Boubet et *al.*, 1996).

I-5-1-Facteurs externes

Les facteurs de l'environnement synchronisent ce rythme d'hibernation (Genermont et *al.*, 2003) tel que;

I-5-1-1-La photopériode

La période d'hibernation chez de nombreuses espèces peut être contrôlée par un changement de la photopériode. Des journées plus courtes induisent l'involution des organes reproducteurs et initient les changements physiologiques et comportementaux de la préparation pour l'hibernation; comme le spermophile et le Hamster présentent un rythme circannuel (endogène) qui contrôle la période d'hibernation dépendamment de la photopériode (Davis, 1976). Un autre groupe d'espèces comme le Lérot, entre en hibernation indépendamment de la saison ou de la photopériode, mais chaque fois que les conditions de l'environnement se dégradent (Festing, 1976; Libois et *al.*, 1982).

I-5-1-2-La température

Elle agit sur le déclenchement et la durée de l'hibernation (Geiser et *al.*, 1993). Pour les hibernants obligatoires (le Lérot), hibernent dès que la température extérieure est inférieure à 6°C pendant 48h, quelque soit la période de l'année, les hibernants facultatifs sont également concernés par les changements de température. C'est le cas par exemple du Hamster doré dont la capacité à hiberner est conditionnée par différents facteurs dont la température (Mrosovsky, 1980). Concernant les hibernants saisonniers qui présentent un rythme endogène, l'entrée en hibernation est toutefois resynchronisée par la température pour débiter et finir aux moments stratégiques (Mrosovsky, 1990).

I-5-2-Facteurs internes

Chez les mammifères, les fonctions rythmiques sont soumises à une horloge centrale localisée dans les noyaux supra chiasmatiques (NSC) de l'hypothalamus. La rétine, transmet l'information lumineuse nécessaire à l'entraînement de l'horloge centrale. Ce signal optique est véhiculé par une sous population de cellules ganglionnaires et il est projeté directement dans (NSC), le message construit dans ces derniers, est transmis par les neurotransmetteurs à la glande pinéale, qui va synthétiser la mélatonine (Benoit et *al.*, 1999; Tournier, 2006), Cette dernière ainsi libérée agit sur l'horloge interne qui réagit en conséquence en modulant la température du corps: en l'abaissant le soir, elle induit le sommeil. Durant la journée, la lumière perçue par la rétine inhibe la sécrétion de mélatonine. En effet cette hormone intervient dans le contrôle des rythmes circadiens et des rythmes saisonniers (Saboureau, 1992).

I-6-Hibernation chez quelques espèces d'invertébrée et de vertébrée

I-6-1-Les invertébrées

I-6-1-1- Les mollusques

a- Les escargots (*Helix aspersa*)

Les escargots rentrent en hibernation à la fin du mois d'octobre et se terminent vers la fin du mois de mars, sa température corporelle chute jusqu'au dessous de 5°C (Michel, 2001), qui entraînent des ralentissements des fonctions vitales tel que: les battements cardiaques (de 100 battements/min [à 38°C] à 01 battements/min en dessous de 0°C), la consommation d'oxygène passe de 0.035 cm³/g/h en activité à 0.014 cm³/g/h en repos (Anonyme, 2006; Guyard, 1971).

I-6-1-2- Les Arthropodes

a- Écaille

Écaille rouge (*Callimorpha dominila*) et Écaille chinée (*Euplagia quadripunctaria*) hibernent sous forme de jeune chenille dans la végétation (Mitchel, 1999).

I-6-2-Les vertébrées

I-6-2-1- Les mammifères

a- La Marmotte (*Marmota marmota*)

L'hibernation chez la Marmotte commence du mois de septembre jusqu'au fin mars-début avril, leur hibernation fait chuter sa température corporelle de 37°C jusqu'à 12°C qui entraîne une baisse considérable de sa consommation d'oxygène (de 600 m³/Kg à 30 cm³/Kg) (Malan, 2007). Selon Della torre et al. (2001), la chute de température corporelle engendre un abaissement des cycles respiratoires (le nombre d'inspiration par minute passe de 16 en temps normal à 1 ou 2 pendant l'hibernation) et une baisse du rythme cardiaque (90 à 140 battements/min jusqu'à 3 à 5 battement /min).

b- Le Hamster d'Europe (*Cricetus cricetus*)

Le Hamster d'Europe, hiberne dès le mois d'octobre jusqu'au mois de mars (Baumgart, 1996; Oklejewicz et al., 2001). Cette espèce fait stocker jusqu'à dix (10) kilogrammes de céréales dans son terrier qu'il consomme lors de ses réveils réguliers (Malan, 2007).

c- Le Hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*)

L'hibernation constitue un excellent moyen de défense contre les conditions climatiques adverses de l'automne et de l'hiver (Bourlière, 1951; French, 1982; Jarry et *coll.*, 1989). Elle est variable chez les Hérissons selon latitude et l'altitude, elle se déroule en principe d'octobre à mars, de décembre à avril/mai (Saboureau, 1979).

Le déclenchement de ce processus est effectué par des facteurs externes tels que:

-La température ambiante: elle entraîne la chute de Tc de 36°C à moins de 10°C (Saboureau, 1979; El-Omari, 1987), de 35°C à 2°C (Jourde, 2008);

-La lumière: d'après Rousselot (1979); Saboureau et *al.* (1991), la photopériode aurait surtout un rôle dans l'induction du sommeil hivernal. Dans ce sens Dechert (1986); Giroud (2008), notent que la diminution du rayonnement ultraviolet et la baisse de la synthèse de vitamine D qui en découle amèneraient une diminution des mécanismes du métabolisme.

-L'alimentation: elle est fondamentale dans la préparation à l'hibernation, par le biais de fabrication des réserves énergétiques sous forme de graisse blanche et de graisse brune. La graisse blanche est accumulées sous la peau et sur la cavité abdominale, qui sera brûlée au fur et à mesure tout au long de l'hiver (Thonnerieux et *al.*, 1977). La graisse brune est concentrée sous l'épiderme autour des épaules du Hérisson en formant un lobe dans le cou, proche de la veine jugulaire externe, la thyroïde et des muscles du cou. Elle sert de combustible de secours lors du réveil (Thonnerieux et *al.*, 1977; Aubert, 2001). Cette graisse brune est de couleur brune orangé et elle est foncé au fur et à mesure de son utilisation (Thonnerieux et *al.*, 1977; Reeve, 1994). Pendant l'hibernation, la quantité de graisse brûlée correspond à une perte de 37g par mois, ou de 2.28g par jour (Camus et *al.*, 1901).

Un Hérisson entrant en hibernation doit peser au minimum 450g selon Morris (1984), au moins de 600g selon Jourde (2008) et plus de 400 g selon Germain (2008), pour avoir toutes ses chances de survivre à un hiver qui dura d'octobre à mars (5 mois).

L'hibernation chez le Hérisson exige comme d'autre hibernant, un ralentissement des fonctions vitales, tel que les battements cardiaques qui passent de 150-280 battement/min à environ 5 battements/min (Jourde, 2008) et de 120 à 20 battements/min (Lépride, 1996; Elain Epperson et *al.*, 2012). La circulation sanguine et tout le métabolisme sont ralentis, la fréquence respiratoire diminue de 25 à 13 mouvements/min (Reeve, 1999; Marianne, 2012; Jourde, 2008).

I-6-2-2- Les oiseaux

Les oiseaux comportent sept espèces qui rentrent en torpeur dont une, seulement qui hiberne: l'Engoulevent (*Caprimulgus europaeus*).

C'est une espèce nocturne, crépusculaire, insectivore. Pendant la période de fortes pluies ou froides, il hiberne en baissant sa température interne de 15 à 30 C° passant dans la majorité des cas en dessous de 10C° (Cristinilli, 2006).

I-6-2-3- Les Reptiles

a- Les lézards (*Lacerta bilineata*)

Les lézards hibernent de mi-novembre à mi-mars qui peut être interrompue par de brefs réveils lors d'une période particulièrement chaudes (Mateo, 2007). Les lézards font souvent des réserves de graisse dans leur queue pour résister aux temps plus durs à venir (Boissonneault, 2006).

b- La tortue (*Eurotestudo hermanni*)

A la fin de l'automne, la majorité des tortues se réunissent dans une dépression ovale de 6.7m. Les sites privilégiés pour l'hibernation étaient soit:-sur le fond du cours d'eau,- au point le plus profond du cours inférieur de la rivière- les zones profondes à courant lent. Ces sites risquent moins de geler jusqu'au fond, d'être exposées en cas de sécheresse extrême ou d'être affouillées par les déplacements de la glace à la fin de l'hiver (Graham, 1992).

Les tortues sortent de l'hibernation à la fin du mois de mars ou au début du mois d'avril, et commencent immédiatement à s'exposer au soleil (Newman, 1906; Lionel et al., 2007).

I-6-2-4- Les Amphibiens

a- La grenouille des champs (*Rana arvalis*)

Dans les zones froides, Les mâles hibernent au fond de la mare dans la vase, sous la glace hivernale, par contre les femelles sont sous la litière, dans des trous du bois mort, etc. Elles hibernent d'octobre à mars, avec des variations selon l'aire climatique (Morin, 2008).

II-Reproduction

La reproduction est l'ensemble des processus dans lequel une espèce se perpétue, en permettant la transmission de la vie et l'apparition de nouveaux individus (Rubenstein et *al.*, 2005). Selon Rezgoune (2007), elle assure la continuité des espèces par la fusion des gamètes mâles et femelles au cours de la fécondation, aboutissant ainsi à la formation d'une cellule œuf.

La procréation nécessite une phase préparatoire de formation des gamètes (gamétogenèse: ovogenèse pour les ovocytes et la spermatogenèse pour les spermatozoïdes), puis la fusion de ces gamètes (fécondation) (Rubenstein et *al.*, 2005).

Lors de la gamétogenèse, les cellules vont subir une réduction du nombre de chromosomes pour passer de 46 chromosomes (nombre spécifique de l'espèce humaine) à 23 chromosomes lors de la méiose. Ce type de division ne concerne que les cellules de la gamétogenèse (Siffroi, 2001).

II-1-Description de l'appareil génital mâle chez les Mammifères

II-1-1- Anatomie de l'appareil génital mâle

L'appareil génital mâle est formé de quatre parties:

- ❖ Les testicules: organes doubles, contenus dans les bourses, sont responsables de la production des gamètes mâles, les spermatozoïdes, et de la sécrétion des hormones sexuelles mâles (Vacheret, 1999).

- ❖ Un système de canaux pairs (les canaux efférents, l'épididyme, le canal déférent, et le canal éjaculateur) reçoit, stocke et convoie les spermatozoïdes de chaque testicule. Les canaux éjaculateurs s'abouchent dans l'urètre par lequel les spermatozoïdes sont expulsés dans le tractus génital féminin lors de l'acte sexuel (Rezgoune, 2007).

- ❖ Deux glandes exocrines, les vésicules séminales et la prostate, sécrètent un milieu fluide nutritif et lubrifiant appelé le liquide séminal, dans lequel les spermatozoïdes sont transportés (Rubenstein et *al.*, 2005).

- ❖ Le pénis est l'organe de copulation. Une paire de petites glandes accessoires, les glandes de Cowper (ou bulbo-urétrales) sécrètent un liquide qui prépare l'urètre au passage du sperme lors de l'éjaculation (Rezgoune, 2007).

II-1-2-Structure histologique du testicule

Le testicule est entouré par une couche de tissu conjonctif dense fibreux, albuginée, d'où partent à sa face interne de nombreuses cloisons fines, divisant le tissu en lobules. A l'intérieur de chaque lobule, il existe un à quatre tubes séminifères, très contournés, lieu de formation des spermatozoïdes (Siffroi, 2001) (Fig.1).

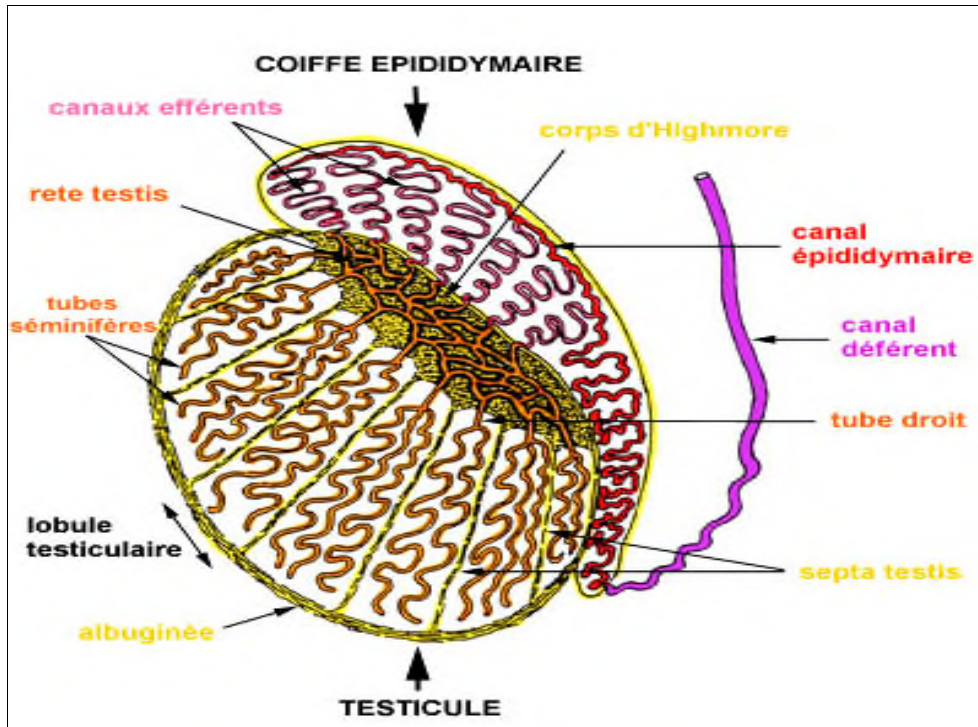


Figure1 - Structure histologique du testicule chez un mammifère [Vacheret, 1999].

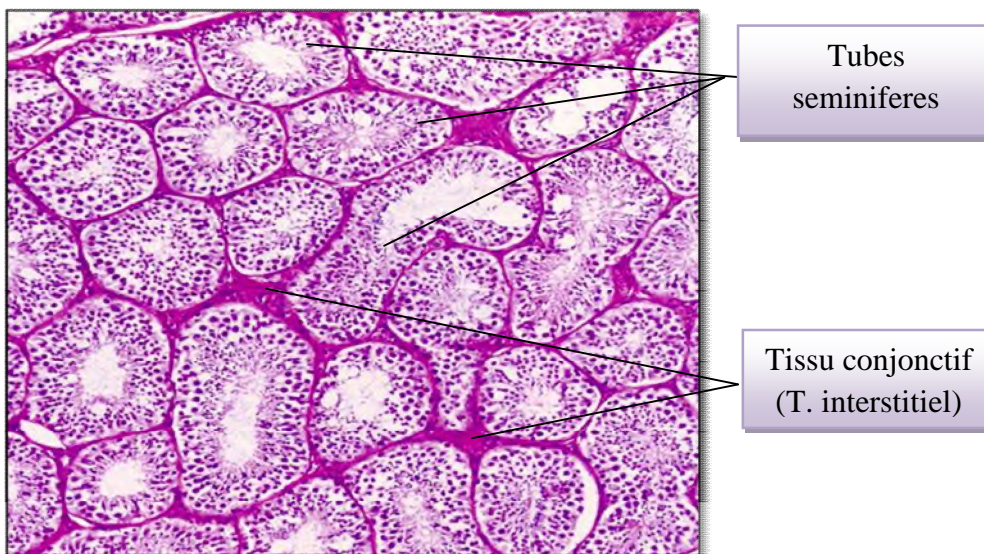


Figure2 - Coupe histologique des tubes séminifères chez les mammifères (Vacheret, 1999).

II-1-2-1- Les tubes séminifères

Les tubes séminifères représentent le compartiment tubulaire assurant la fonction exocrine du testicule. Ces tubes, de 30 cm à 1 mètre de long et d'un diamètre de 200 microns, ont une paroi épaisse, constituée de 4 à 8 couches de cellules germinales. D'autre part, la paroi contient des cellules à la structure et aux fonctions complexes: les cellules de Sertoli. Les espaces entre les tubes séminifères sont occupés par le tissu interstitiel. Ce dernier est séparé des tubes séminifères par une gaine essentiellement conjonctive est la gaine périvitubulaire. (Siffroi, 2001) (Fig.2).

II-1-2-1-1-Les cellules de Sertoli

Sont des grandes cellules pyramidales qui établissent des jonctions avec les cellules adjacentes et les cellules germinales (Fig.3). Elles ont des potentialités multiples: rôle protecteur contre les réactions immunitaires secondaires à la présence des cellules germinales portant des molécules antigéniques, contrôle de la maturation et de la migration des cellules germinales, phagocytose des cellules germinales dégénérantes, et interviennent dans la synthèse stéroïdienne et protéiques (protéines spécifiques : inhibine, ABP: androgen binding protein) (Rezgoune, 2007).

II-1-2-1-2-Les cellules de Leydig

Sont des cellules polygonales qui se trouvent dans le tissu interstitiel, soit isolées, soit groupées en amas autour des capillaires sanguins. Elles synthétisent et libèrent des androgènes à partir du cholestérol. 95% de la testostérone sanguine provient du testicule, le reste résulte d'une production surrénalienne (Rezgoune, 2007; Siffroi, 2001) (Fig.4).

II-1-2-1-3-Les spermatozoïdes

Les spermatozoïdes, ou gamètes mâles, sont de petites cellules (3 μ de large et 60 μ de long) très mobiles dont la structure a pour but d'amener les chromosomes paternels à l'intérieur de l'ovocyte (Siffroi, 2001) (Fig.5).

Les spermatozoïdes sont formés de trois parties: (Rezgoune, 2007)

-La tête: composée du noyau (contenant les chromosomes) et de l'Acrosome (sac contenant les enzymes nécessaires à la pénétration dans l'ovocyte).

-La pièce intermédiaire: très riche en mitochondries qui fournissent l'énergie nécessaire au mouvement.

-Le flagelle: est l'organe de propulsion du spermatozoïde.

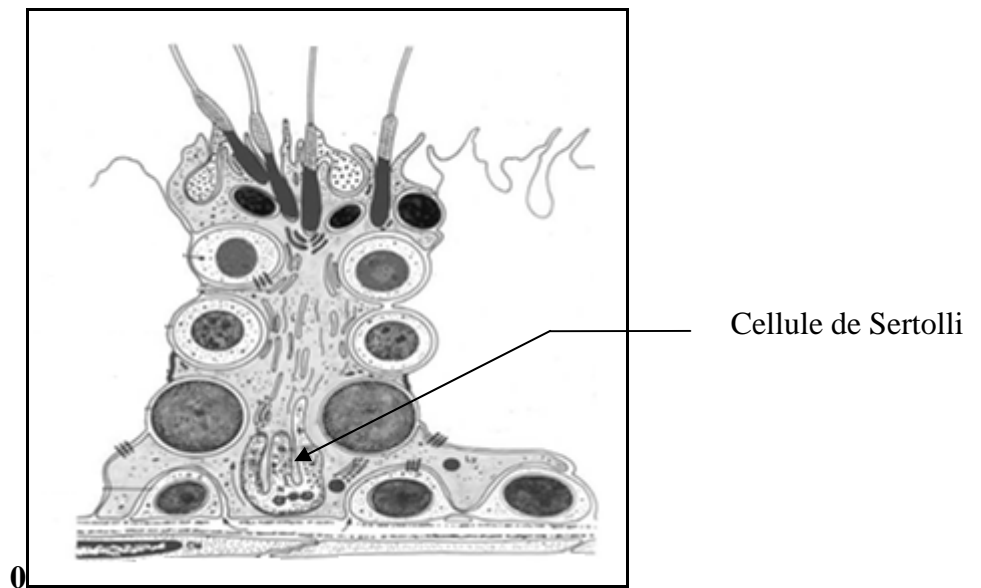


Figure 3 - Structure des cellules de Sertoli (Siffroi, 2001).

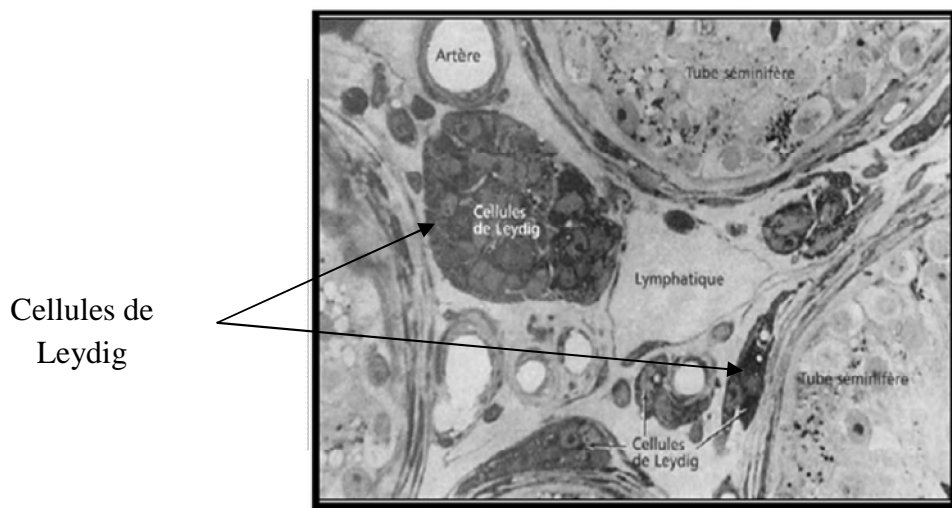


Figure 4 - Le tissu interstitiel (Siffroi, 2001).

Le sperme est un liquide blanchâtre produit par des glandes, dont la prostate, il a pour fonction de nourrir, de transporter et de faciliter le déplacement des spermatozoïdes. Ces spermatozoïdes sont produits en très grand nombre (des millions) par les testicules, de façon continue. Cette production commence au cours de la puberté et diminue progressivement à partir d'un certain âge, variable d'un individu à l'autre (Bourbonnais, 2001).

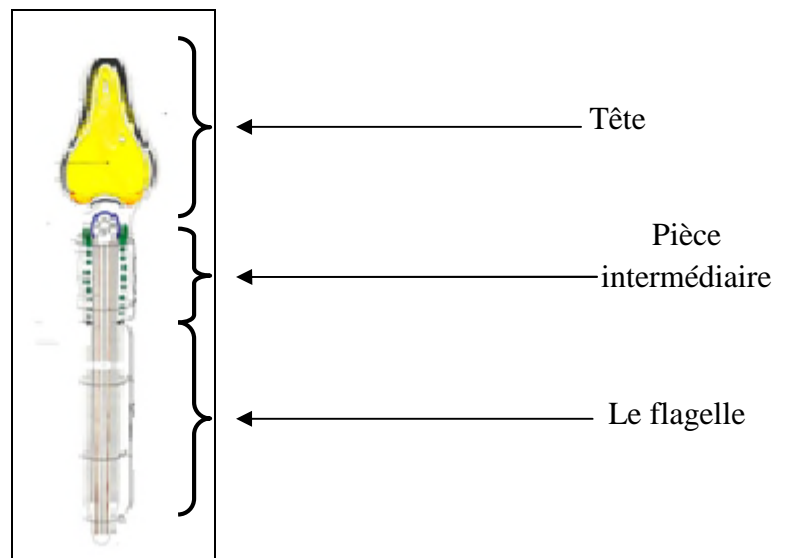


Figure 5 - Structure d'un spermatozoïde (Bourbonnais, 2001).

II-1-3-La spermatogenèse

La spermatogenèse, ou formation des spermatozoïdes, se déroule au sein des tubules séminifères situés dans les testicules. Elle s'effectue à partir des cellules souches: les spermatogonies, qui se multiplient par simple division cellulaire (Fig.6).

Les spermatogonies se transforment ensuite en spermatocytes I qui vont subir la mitose réductionnelle de la méiose pour donner les spermatocytes II. Ces spermatocytes II vont donner les spermatides après avoir subi la mitose équationnelle.

Les spermatides, qui sont en réalité des spermatozoïdes immatures, vont subir une phase de maturation, appelée spermiogénèse, pour donner naissance aux spermatozoïdes. Cette dernière phase permet au spermatozoïde d'acquies les outils nécessaires à la fécondation (acrosome, flagelle) et de modifier son noyau (Charnot, 1964; Siffroi, 2003).

La spermatogenèse débute à la puberté et elle est permanente. Il faut environs 72 jours pour qu'une spermatogonie donne naissance à un spermatozoïde (chez l'homme).

Les spermatozoïdes, sont ensuite libérés à l'intérieur des tubules séminifères et vont être stockés dans l'épididyme où ils vont terminer leur maturation (acquisition de la mobilité). Lors de l'éjaculation, les spermatozoïdes (ainsi que les sécrétions de l'épididyme) vont passer dans les canaux déférents, se mélanger avec les sécrétions des vésicules séminales puis de la prostate, ce qui permet la formation du sperme. Ce dernier passe ensuite dans l'urètre puis éjaculer vers l'extérieur au niveau du gland (Bourbonnais, 2001).

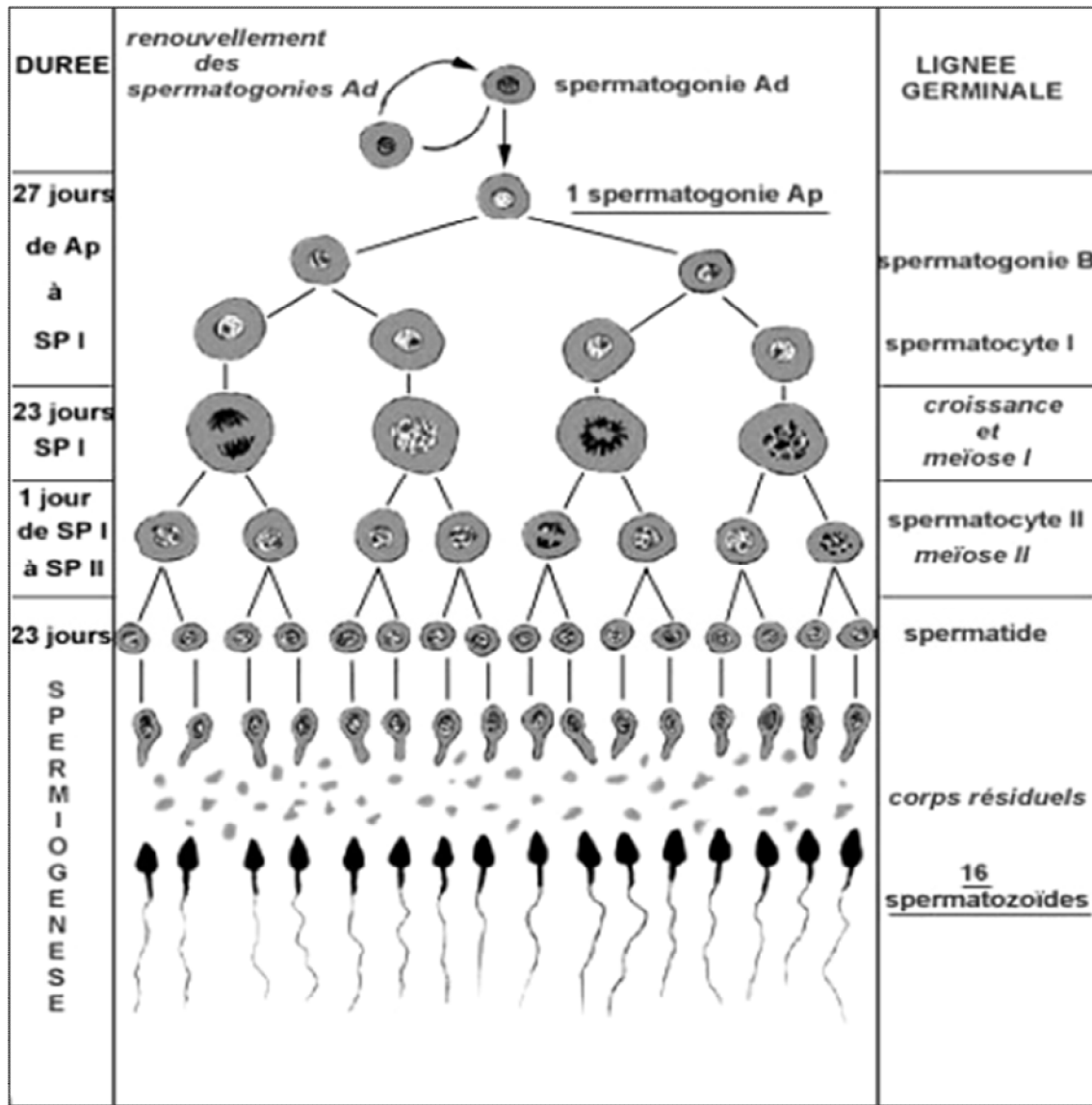


Figure 6 - Les différentes phases de la spermatogenèse (Vacheret, 1999).

II-1-4-Physiologie du testicule

Les testicules ou glandes sexuelles présentent principalement deux fonctions :

- * Une fonction exocrine: production de spermatozoïdes, assurée par les tubes séminifères.
- * Une fonction endocrine: sécrétion d'androgènes (stéroïdes), en particulier la testostérone

II-1-5-Sécrétion et rôle de la testostérone

La testostérone est une hormone stéroïde dérivée du cholestérol rejoignant la circulation sanguine et se fixant dans le plasma sur la TBG (Testostérone Binding Globine). La TBG permet le transport de l'hormone jusqu'aux organes cibles (Tournier, 2006).

Cette régulation est sous la dépendance du complexe hypothalamo-hypophysaire. Les neurones sécréteurs du noyau arqué de l'hypothalamus libèrent la Gn-RH (gonado-releasing-

hormon) (Fig.7). Cette libération ou dégagement de la GnRH est dû à la mélatonine de la glande pinéale. En réponse à la Gn-RH, l'Adénohypophyse libère deux hormones:

- La FSH: C'est l'hormone folliculo-stimulante, qui va agir sur les cellules de Sertoli.
- La LH: C'est l'hormone lutéinisante qui viendra agir sur les cellules de Leydig.

L'action de la Gn-RH est plus importante sur les cellules hypophysaires sécrétant la LH que sur celle sécrétant la FSH (la sécrétion de LH et de la testostérone sont de manière pulsative) (Tournier, 2006; Chalivoix, 2010).

Donc les gonadotrophines hypophysaires (FSH, LH) jouent un rôle central dans la régulation de la fonction de reproduction, comme intermédiaires essentiels entre le système nerveux central et les gonades. Pour cette raison, l'hypophyse est souvent qualifiée de « chef d'orchestre » de la reproduction. Le niveau d'activité de reproduction dépend de l'activité de L'axe gonadotrope ou axe hypothalamus-hypophyse-gonades (Fig.7).

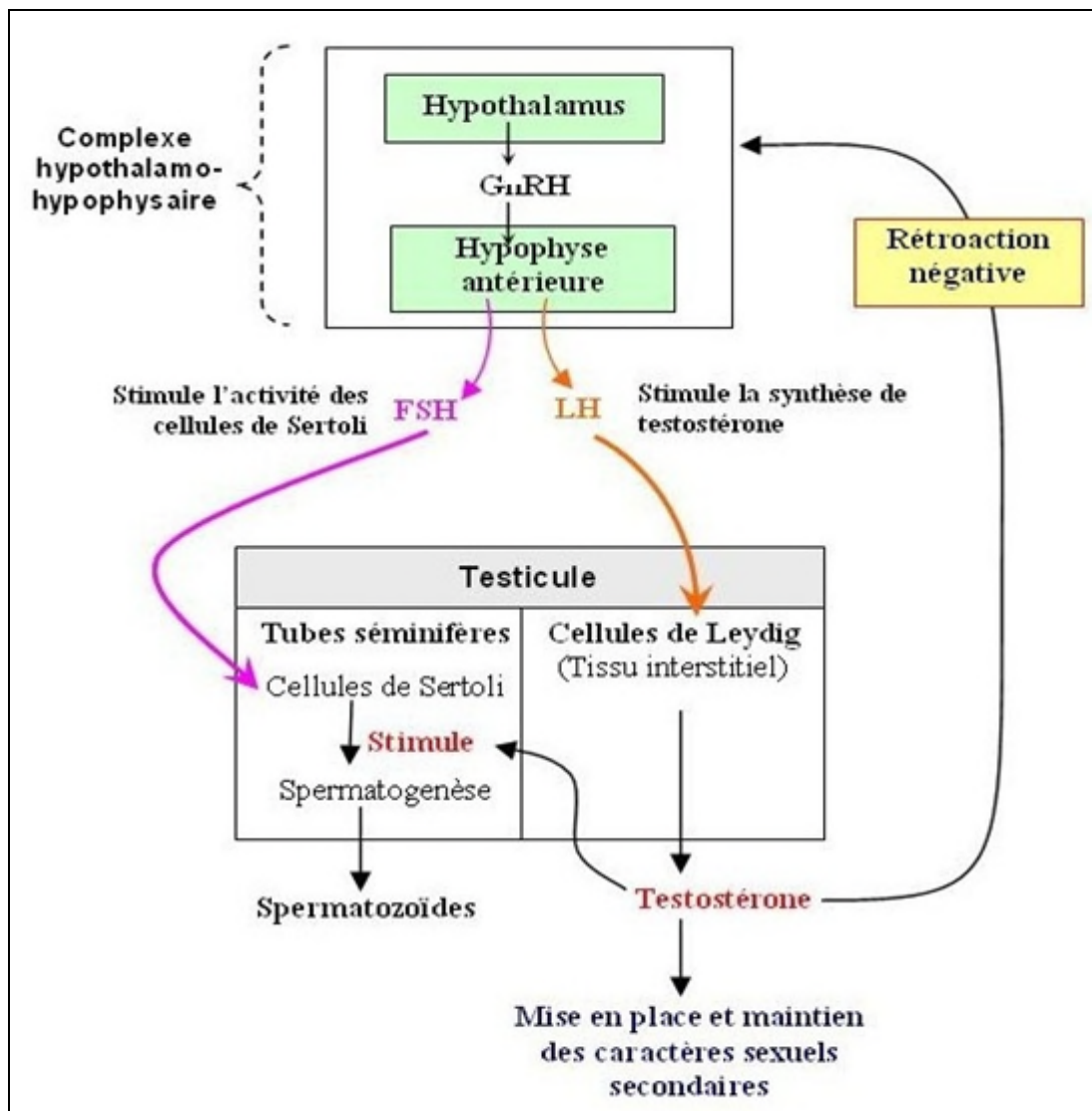


Figure7 - Régulation de la reproduction chez les mammifères (Rezgone, 2007).

II-2-Généralité sur la biologie de la reproduction chez les hibernants

L'activation hivernale des structures endocrines du testicule a été observé chez beaucoup d'espèces hibernantes tels que: la Marmotte, le Hamster d'Europe (Chalivoix, 2010), le Spermophile (Arnaud, 2012); le Loir (Krabe, 1978) et le Lérot (Gabe et *col.*, 1963; Dussart et Richoux, 1973).

Les données bibliographiques sur la reproduction du Hérisson d'Algérie sont pratiquement inexistantes. Par contre chez le Hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*), espèce voisine à notre modèle d'étude, diverses études ont fourni de précieux renseignements sur l'écophysiologie de sa reproduction. L'activation de la fonction testiculaire durant l'hibernation constitue un phénomène remarquable puisque dès la fin de la mauvaise saison, la période de reproduction peut commencer.

II-2-1-La reproduction chez le Hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*)

Le Hérisson d'Europe atteint la maturité sexuelle entre dix mois et un an (Rode et *al.*, 1946; Storch et *al.*, 1997; Aubert, 2002). Selon Reeve (1994); Marianne (2012), la maturité est atteinte entre 7 et 9 mois

D'après Macdonald et *al.* (1995), *Erinaceus europaeus* copule au printemps, dès que l'hibernation terminée. Selon Gaisler et *al.* (1995), la période de reproduction s'étend d'avril à août. L'accouplement a été observé et décrit par Heim de Balsac et *al.*(1955), Reeve (1994); Marianne (2012); Le mâle tout en soufflant, tourne longtemps autour de la femelle en lui présentant le museau, l'accouplement a lieu quand la femelle s'aplatit au sol en position de lordose en aplatissant son revêtement de piquants. Le coït est dorso-ventral, comme chez la plupart des Mammifères (Botoni et *al.*, 1986; Aubert, 2002). La femelle est fécondée par plusieurs mâles lors d'un œstrus (Vignault, 1994; Moran et *al.*, 2009).

La femelle Hérisson, donne naissance aux jeunes, dans un nid construit dans une cavité du sol ou dans un tas de feuilles mortes (Félix, 1974). La durée de gestation est de 34 à 49 jours pour Heim de Balsac (1955), environ 35 jours selon Reeve (1994), de 5 à 6 semaines pour Storch et *al.* (1997) et de 4 à 7 semaines d'après Aubert (2001), de 30 à 49 jours selon Atanasov (2005). Il y a une ou deux portées par an (Schwammberger, 1972; Saboureau, 1979; Casting, 1985; El Omari, 1987; Vignault, 1994; Storch et *al.*, 1997; Bunnell, 2009). Chaque portée est de 5 à 6 petits d'après Storch et *al.* (1997), de 2 ou 3 à 6 petits, rarement jusqu'à 8 à 10 petits selon Aubert (2001). A la naissance, les petits naissent aveugles et nus (Saboureau, 1979; Mennessier, 2013). Ils ouvrent les yeux à 14 jours (Schwammberger, 1972; Storch et *al.*, 1997). Selon Morgan et *al.* (2012), les yeux ne s'ouvrent qu'au bout de 20 jours.

Les petits Hérissons naissent avec un poids de 25 g d'après Fowler (1988), $19.3 \text{ g} \pm 4.5 \text{ g}$ d'après Landes (1997) et 12 à 16 g (Reeve, 1994). Ce poids de naissance est doublé en une semaine (Landes, 1997). A l'âge de 4 à 6 semaines, ils atteignent un poids d'environ 250 g, puis ils sont sevrés et dispersent, chaque Hérisson devient alors solitaire (Reeve, 1994).

A la naissance, ces petits ne possèdent que des piquants blancs et mous qui sont de la première génération et ne tombent qu'après le premier mois (Casting, 1985), les piquants définitifs, raides et acérés percent déjà entre la 36^{ème} et la 60^{ème} heure. La femelle élève seule ses petits (Casting, 1985; Aubert, 2001; Morgane et *al.*, 2012).

D'après Hanak et *al.* (1979), la femelle possède 5 paires de mamelles et la période d'allaitement dure de 18 à 20 jours.

I-Présentation de l'animal

I-1-Systematique

Classe: Mammifère

Sous-classe: Euthérien

Ordre: Insectivore

Sous-ordre: Euinsectivora

Super-famille: Erinacoidea

Famille: Erinaceidae

Sous-famille: Erinaceinae

Genre: Atelerix

Espèce: *Atelerix algirus*

I-2-Répartition géographique du Hérisson d'Algérie

Kowalski et *al.* (1991), montrent à travers leurs études faunistiques sur les mammifères d'Algérie, que deux espèces seulement du Hérisson sont présentes en Algérie. L'espèce *Atelerix algirus* occupe pratiquement tout le Nord de l'Algérie. Elle est ré pondue sur la bande situé entre les plateaux sahariens et les chaines montagneuses de l'Atlas jusqu'au littoral méditerranéen (Sahraoui-Brahim, 1984). D'ailleurs, Seurat (1924), a signalé la présence de cette espèce dans les environs d'Alger, de Larbâa, de Boussaâda et Laghouat. Ammam (1987), note sa présence à Saida dans le djebel el Achch. A Tikjda (Sayah, 1988). Il est trouvé également aux alentours de sidi bel abbés, de Médéa, de Blida, Boumerdes, de Souk Ahras et Eltaref (Harbi, 1991), à Mitidja (Derdoukh, 2006). Dans le littoral d'Alger (Doumandji et *al.*, 1992a).

Le Hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* apparait sur les hauts plateaux ou il coexiste avec l'espèce du désert *Paraechinus aethiopicus* (Sellami et *al.*, 1989; Kowalski et *al.*, 1991).

Cette espèce a également été introduite par l'homme en plusieurs groupes d'îles comme Malte, les îles Baléares et les îles Canaries, ainsi que la bande côtière méditerranéenne de l'Espagne (Mitchell-Jones et *al.*, 1999; Alcover, 2002; Aulagnier et *al.*, 2008)., Tunisie, (Corbet, 1978; Corbet, 1988; Aulagnier et *al.*, 2008).

Le Hérisson d'Algérie bénéficie d'une protection totale sur le territoire français depuis l'arrêté ministériel du (17 avril 1981) relatif aux mammifères protégés sur l'ensemble du territoire selon la convention de Berne (Khaldi et *al.*, 2011).

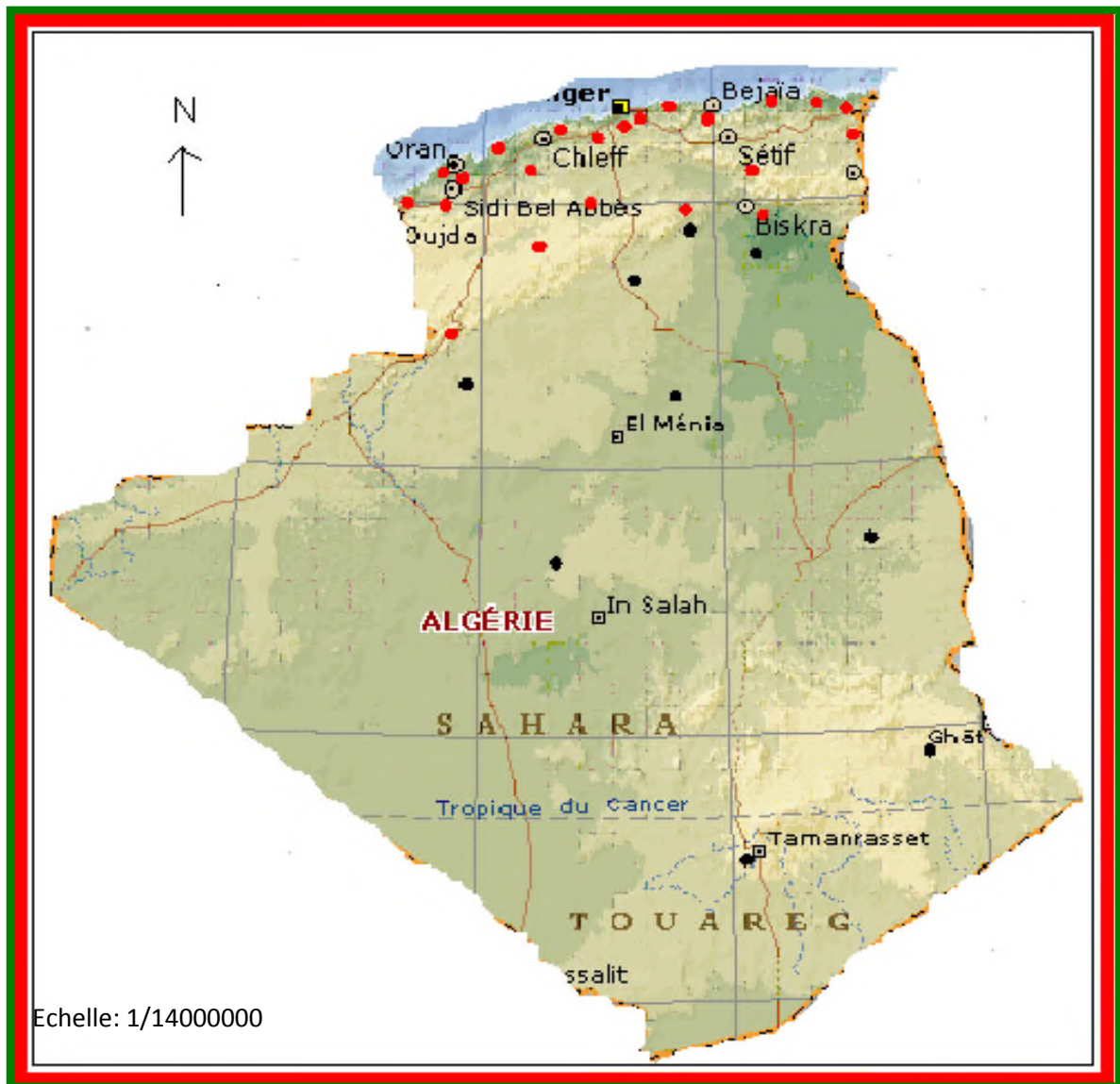


Figure 8 - Répartition géographique d'*Atelex algirus* (.) et *Hemiechinus a Lereboullet, 1842 ethiopicus*(.) d'après Sahraoui (1984); Salami et al. (1989); Harbi (1991).

I-3-Données Biologiques et écologiques

Le Hérisson d'Algérie est un mammifère de petite taille de 20 à 25 cm chez l'adulte, pour un poids compris selon le sexe et la saison entre 300 et 1300 g. Le corps est recouvert de piquants clairs, léger et plus agile que le Hérisson d'Europe. C'est un insectivore solitaire à activité crépusculaire et nocturne, vivant de préférence dans les régions boisées et les terres cultivées (Grasse, 1955; Sayah, 1996). Il est retrouvé jusqu'à 1600 m en montagne (Sayah, 1996). Le Hérisson d'Algérie a une activité régulatrice des populations d'arthropodes, nuisibles aux végétaux, dans les milieux agricoles et forestiers. L'espèce peut être multipliée en élevage en vue de leur lâcher, cette opération peut être considérée comme une lutte biologique (Doumandji et Doumandji, 1992a; Khaldi et *al.*, 2011). Brochi (1886), a signalé que ces petits mammifères rendent des services réels, en détruisant en nombre important d'insectes, de mulots, de campagnols et aussi quelques vipères. Autour des maisons en milieu rural, ils détruisent en grand nombre des scorpions et de dangereux ophidiens.

Ses principaux prédateurs sont le chien et le renard. Le Hérisson se met en boule dès qu'il est inquiété grâce à sa musculature peaussière (stratégie anti-prédateur). Il est souvent la victime de certaines activités humaines: trafic routier (Mouhoub Sayah, 2009), utilisation d'insecticides, (Berthoud, 1980, 1982; Reichholf et *al.*, 1981).

Les piquants du Hérisson s'étendent un peu en avant sur le front et sont séparés par une petite échancrure médiane dépourvue de piquants. Des différences de couleur sont notées entre certains sujets de la même population: la plupart des animaux ont le dessous du corps brun-clair, avec les flancs, la tête et le museau brun-foncé (A12), par contre, d'autres Hérissons se caractérisent par une coloration blanchâtre des flancs, du museau et de la partie ventrale et les piquants sont aussi plus claires (A9) que chez les autres sujets (Fig.9). Cette hétérogénéité de coloration a été aussi notée par Mouhoub Sayah (2009). S'agit-il d'un polymorphisme ou d'une sous-espèce ? Hypothèse qui reste à vérifier par des travaux de génétique sur les trois types observés (Fig. 9).

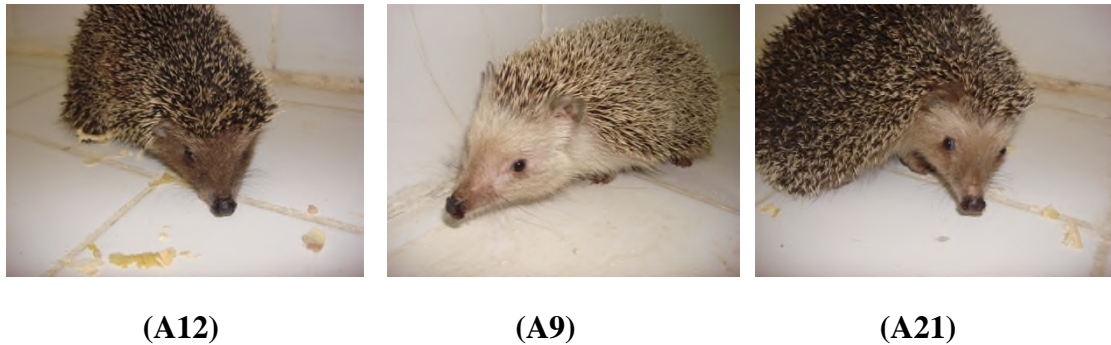


Figure 9 - Différence de coloration entre les Hérissons d'Algérie (*Atelerix algirus*)

(Original, 2013).

Le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie est beaucoup étudié par de nombreux auteurs tel que: ceux effectués sur les Hauts plateaux près du barrage de Boughzoul par Baziz (1991), dans la Mitidja (Doumandji et Doumandji, 1992 a et b; Agrane, 2001), près du Marais de Réghaïa (Baouane et *al.*, 2004; Baouane, 2005), en Grande Kabylie (Bendjoudi, 1995; Bendjoudi et Doumandji, 1996; Sayah, 1996; Talmat et *al.*, 2004; Brahmi, 2005; Mimoun, 2006; Derdoukh, 2006; Mimoun et Doumandji, 2007). Dans la vallée de la Soummam par Mouhoub Sayah (2009). En Algérie, le Hérisson du désert (*Hemiechinus aethiopicus.*) a fait l'objet de plusieurs études qui sont réalisées parallèlement par Seninet (1996); Hamadache (1997); Rahmani (1998); Biche (2003) dans la réserve naturelle de Mergueb. Par Derdoukh (2006); Boulal (2008) dans la région de Laghouat. Tous ces auteurs ont déduit que le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie est strictement insectivore.

Le Hérisson d'Algérie hiberne de la fin d'automne (fin octobre-novembre) à la fin d'hiver (fin mars) (Mouhoub Sayah, 2009).

La reproduction du Hérisson d'Algérie est très peu connue. Selon Mouhoub Sayah (2009), les observations personnelles des animaux maintenus en captivité montrent que les accouplements se font à partir du mois d'avril après 5 à 7 semaines de gestation et 4 semaines de gestation selon Khaldi et *al.* (2011). Les femelles mettent bas et les portées sont de 3 à 5 petits (Mouhoub Sayah, 2009) et de 2 à 7 petits d'après Khaldi et *al.* (2011). Les nouveau-nés ont une couleur rose-pâle et ils sont aveugles et sourds. Très rapidement, ils présentent des piquants blancs et mous qui deviennent durs (Mouhoub Sayah, 2009) (Fig. 11). La longueur du corps à la naissance est de l'ordre de 50 à 85 mm avec un poids moyen de 8 à 22 g (Mouhoub Sayah, 2009) et 25g selon Khaldi et *al.* (2011). Chez les jeunes, la faculté de s'enrouler ne se manifeste qu'à partir du 14^{ème} jour (Mouhoub Sayah, 2009).



Figure10 - Hérisson femelle d'Algérie (*Atelerix algirus*) avec quatre petits de quelques jours (Mouhoub Sayah, 2009).

La femelle Hérisson allaite ses petits pendant quatre semaines et bien qu'elle dispose de cinq paires de mamelles ventrales, il ne semble pas qu'elle puisse nourrir plus de cinq petits à la fois. La mortalité juvénile avant le sevrage peut atteindre 20 %. À la moindre alerte, la femelle transporte ses petits dans un nouveau nid (Khaldi et *al.*, 2011).

Certaines femelles peuvent avoir une seconde portée en octobre ou en novembre. Elles aménagent alors un autre nid de mise-bas et attendent le sevrage de cette nouvelle portée pour hiberner. Ces petits ne sortiront du nid que vers le mois de décembre pour trouver une nourriture de plus en plus rare. Peu d'entre eux survivront (Khaldi et *al.*, 2011).

II-Méthodes d'études de la température corporelle et de la reproduction chez le Hérisson d'Algérie

II-1-Capture et conditions d'élevage

Pour effectuer notre étude, les animaux sont capturés par des fournisseurs payants et bénévoles. Ces animaux sont directement déparasités, sexés, pesés, dès leur arrivée.

Pour que nos animaux soient soumis aux variations naturelles proches des conditions climatiques de l'environnement, nous les avons placés, dans une salle de l'animalerie de l'université de Bejaia, qui est doté de deux grandes fenêtres.

Les animaux sont mis individuellement dans des cages (50x40x30cm) ou dans des parcs (140x70x90 cm) au sol. Au sein de lieu d'élevage, nous plaçons de la paille au coin de chaque par cet de chaque cage, elle sera utilisé par les animaux pour la construction du nid (Fig.11).

Durant toute la période d'expérimentation, les Hérissons sont alimentés quotidiennement avec de la viande pour chats et chiens (scoubidou) et l'eau est fournie *ad libitum*.

Le nettoyage des cages et des parcs au sol, se fait pendant le réveil des animaux avec une attention très particulière pour ne pas les déranger.



Parc

Cage

Figure 11 - Présentation de lieu d'élevage des animaux dans l'animalerie de l'université de Bejaia.

II-2-Mesure de la température corporelle

II-2-1-Utilisations des i-Button

Afin de suivre l'évolution de la température corporelle (T_c) du Hériçon d'Algérie au cours de la période fin d'hiver et printemps sans perturber les animaux, nous avons utilisé des «températures loggers » ou systèmes iButton (Dallas Maxim Integrated Products, UK).

Le model utilisé (DS1922L, datalog memory) a un diamètre de 17 mm, une épaisseur de 6 mm et pèse 3 g (Fig.12). Il est doté d'une capacité de stockage qui, selon les caractéristiques imposées (précision, intervalle d'échantillonnage) est variable et peut aller de quelques jours à plusieurs mois.

Le type d'acquisition utilisé est celui de 8 bits qui correspond à une précision de mesure de la température de ± 0.5 °C avec un échantillonnage pris avec un intervalle de temps constant (20min) et une durée d'enregistrement de 114 jours. Ce système permet d'enregistrer les variations de la température corporelle pendant une longue durée sans perturbation. Les émetteurs sont programmés à l'aide d'un logiciel One Wire Viewer. Chaque animal est équipé de 2 émetteurs: le premier commence les enregistrements au début de l'expérimentation et le second commence plus tard avec un délai de 45 jours par rapport au début. Ainsi, la durée totale d'enregistrement possible est de 159 jours soit environ 5 mois. Avant l'implantation de l'émetteur dans la cavité abdominale du Hérisson, il est enrobé dans un mélange de résine-paraffine (Elvax R-Paraffin, Mini-Mitter, USA) afin d'éviter les rejets et les infections.

Pendant la durée de l'expérience, les variations de la température ambiante (T_a) ont été enregistrées par des émetteurs témoins placés à proximité des cages.



a-Face bombée



b-Face plate

Figure 12 - Les capteurs de température i-Button (Température Loggers).

Le suivi des variations de la température corporelle pendant la fin d'hiver et printemps est effectué chez trois animaux adultes (2 mâles et une femelle).

Avant toute implantation des émetteurs, on doit tenir compte de chaque série d'iButton de la date d'implantation et du temps de programmation.

Tableau 1 - Programmation des émetteurs i-Button.

Date d'implantation de l'animal	Référence et numéro d'émetteur	Programmation	Durée de programmation
A6 mâle Adulte: 20/02/2013	1)1FF88041	-Programmé à 23h 24hx60=1440mn .	-Démarré après 1440mn (démarré après 24h).
	2)1FF97841	-programmé à 23h03mn 45jx1440=64800 -3mn=64797	-Démarré après 64797mn. (≈45 jours)
A3 femelle Adulte 21/02/2013	3)11FBB941	-22h10mn 1440-10=1430	-Démarré après 1430mn (24 heures)
	4)201F0441	-22h15mn 64800- 15=64785	-Démarré après 64785mn (≈45 jours)
A4 mâle Adulte 01/03/2013	5)1FFC9941	-22h20 1440-20=1420	-Démarré après 1420mn (24 heures)
	6)1FF95D41	-22h25 64800-5=64775	-Démarré après 64775mn (≈45 jours)

II-2-2-Implantation chirurgicale des iButtons (laparotomie)

Compte tenu que le Hérisson s'enroule lorsqu'on le touche, il est nécessaire de l'anesthésier pour faciliter un certain nombre de manipulations entre autre laparotomie. On utilise deux types d'anesthésies :

-Anesthésie liquide: C'est un mélange de deux produits: la Kitamine à 20% et le Rompun à 2% injectés successivement dans la cavité intra péritonéale et elle dure environ 1 heure.

-Anesthésie gazeuses qui se fait par inhalation (le Forene), elle est utilisée dans le cas ou l'animal se réveille durant l'opération chirurgicale. Vu le manque d'appareillage à ce type d'anesthésie, Mouhoub Sayah (2009), a confectionné au sein du laboratoire, un système constitué d'une bouteille souple reliée à un entonnoir par un tuyau. Nous avons introduit dans cette bouteille un bout de coton imbibé par 2 ml du Forene. Par un simple mouvement de pression sur la bouteille, le Forene devenue gazeux est envoyé vers l'animal (Fig. 13).



Figure 13 - Système utilisé pour l'anesthésie gazeuse

Pour introduire l'émetteur dans la cavité abdominale de l'animal, il faut effectuer une laparotomie, une petite opération chirurgicale qui consiste à pratiquer une petite ouverture dans la paroi de l'abdomen (peau et muscle). Cet acte chirurgical comporte plusieurs étapes (Fig. 14):

- Préparation du matériel nécessaire pour opérer l'animal (pinces, ciseaux, aiguille, fil, sérum physiologique, Ethanol 70%, antibiotique local).
- Peser l'animal.
- Anesthésier l'animal.
- Raser l'animal sur la partie abdominale du côté droit ou gauche.
- Nettoyer la peau avec l'éthanol.
- Inciser le plan cutané sur 3 cm de longueur.
- Dégager les tissus conjonctifs et nettoyer la plaie avec un coton tige imbibée de sérum physiologique.
- Effectuer une incision du plan musculaire sur 2 cm.
- Placer les émetteurs dans la cavité abdominal après les avoir plongé quelques secondes dans l'alcool à 70% puis rincés dans du sérum physiologique.
- Suturer le muscle avec un fil de nylon stérile ou du catgut.
- Suturer la peau à l'aide d'agrafes de Michel (1.5mm).
- Nettoyer la plaie au sérum physiologique puis l'éosine.
- appliquer un antibiotique local afin d'éviter les risques d'infections
- Marquer les animaux avec des boucles d'oreilles colorées et numérotées.

Après l'opération, l'animal est remis dans sa cage ou dans son parc et il sera surveillé pendant les 24h suivant le réveil.

Une procédure similaire à celle décrite ci-dessus, est aussi utilisée pour retirer les i-Buttons de la cavité abdominale du Hérisson en fin d'expérimentation.



a-Préparation du matériel



b-Prise du poids



c-anesthésier l'animal



d-Rasage de l'animal



e-Incision du plan cutané



f-Incision du plan musculaire



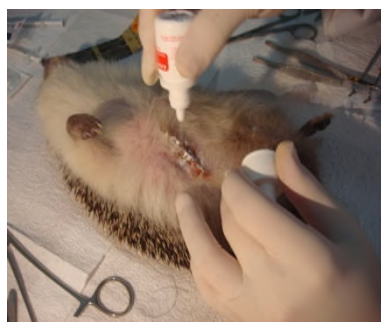
g- Emplacement de l'émetteur



h-Suture du muscle



i-Suture de la peau



j-Désinfection de la suture



k-Marquage de l'animal



l-Prise du poids après l'implantation

Figure 14 - Les différentes étapes de laparotomie pour l'implantation des iButtons dans la cavité abdominale du Hérisson (Originale, 2013).

II-2-4-Exploitation des données

La lecture des données se fait par l'intermédiaire d'un système de transfert de données (Blue dot) (Fig.15) vers un micro-ordinateur. Une paire d'émetteur i-Button est clipée sur ce système qui fonctionnera au lancement du logiciel one wire viewer.



Figure 15 - Système de transfert de donnée «blue dot»

Les résultats de l'enregistrement des températures corporelles en data sont récupérés sur « Ward pad» et transférés sur Excel afin de faciliter l'exploitation des données.

Pour enregistrer les variations des températures corporelles, une paire d'émetteurs est placée dans la cavité péritonéale de chaque animal. Une autre paire d'émetteurs est posé dans le lieu d'expérimentation à fin d'enregistrer les températures du milieu ambiant.

Chez le Hérisson d'Europe, Casting (1985); Saboureau *et al.* (1991); Vignaul (1994), ont choisi arbitrairement la température corporelle $T_c=33^\circ\text{c}$ comme une limite entre l'hypothermie et l'euthermie (Fig.16).

L'analyse à posteriori des enregistrements nous a permis de décrire chez le Hérisson d'Algérie les fluctuations de la Tc durant la période fin d'hiver et printemps.

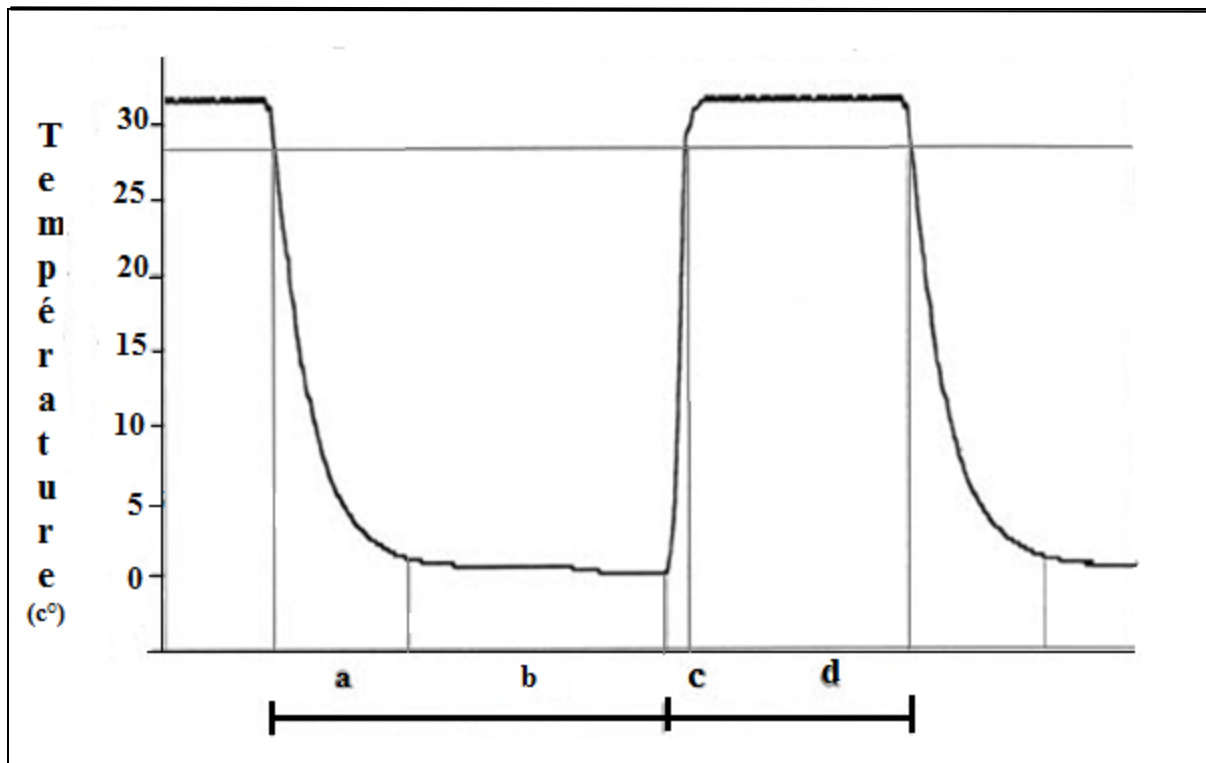
La $T_c < 33^\circ\text{C}$ correspond à **la phase d'hypothermie** de l'animal, cette phase est caractérisée par une diminution lente de Tc (**phase de refroidissement**) puis elle est suivie d'une **phase d'hypothermie profonde** où la Tc est proche de la température ambiante (T_a). Cette hypothermie profonde est terminée par une **phase de réchauffement** qu'on appelle aussi une **phase de réveil périodique spontané** avec une augmentation rapide de la Tc contrairement à la phase de refroidissement. La phase de torpeur se termine par le retour à son niveau normal et régulé avec une $T_c > 33^\circ\text{C}$ où commence **la phase d'euthermie**.

On distingue deux types de torpeur selon leur durée et leur amplitude: torpeur de courte durée < 24 heure qu'on appelle torpeur journalière et torpeur de longue durée > 24 heure, sont les caractéristiques de l'hibernation (Gaiser, 2004).

Les phases de torpeur et d'euthermie, aussi que les réveils périodiques spontanés ont été caractérisées par la situation de leur début et de leur fin au cours du nyctémère. Nous déterminerons aussi d'autres paramètres de ces phases, telles que leurs durées totales, leur amplitude, leur fréquence, aussi que leurs vitesses de refroidissement et de réchauffement. Au cours de notre expérimentation, nous comparons les données de la Tc à la variation de la T_a .

Le suivi de la Tc est effectué sur trois Hérissons, une femelle et deux mâles durant la même période (fin d'hiver-printemps). Après l'implantation des animaux, nous notons quotidiennement la prise alimentaire que nous comparons avec les variations de la Tc. Les animaux mis en expérimentation, sont pesés durant leur phase de réveil.

L'ensemble des paramètres exploités à partir de la variation de la Tc a permis de déterminer **la phase d'économie d'énergie** (refroidissement + hypothermie profonde) et **la phase de dépense d'énergie** (réchauffement + euthermie).



[a] Refroidissement

[c] Réchauffement

[b] Hypothermie profonde

[d] Euthermie

Figure 16 - Présentation schématique des variations de la température corporelle du Hérisson (*Erinaceus europaeus*) en automne et en hiver. Alternance de phases de torpeur ou d'hypothermie et de phases d'euthermie.

Bilan énergétique: [a + b]: économie d'énergie et [c + d]: dépense d'énergie.

II-2-4-Fiche technique des animaux

Les informations concernant les dates d'emplacement et de retrait des émetteurs sur les animaux ainsi que d'autres paramètres sont consignés dans l'annexe 1

II-3-Etude de la reproduction

II-3-1-Distinction entre les sexes

Aucun caractère sexuel secondaire ne permet de différencier le mâle de la femelle. Pour cela, il faut observer l'abdomen de l'animal déroulé.

L'orifice sexuel du mâle ressemble à un nombril loin de l'anus à environ 5 cm, alors que celui de la femelle est beaucoup plus caudal proche de son l'anus (écartement environ de 1 cm) (Fig.17).



Figure17 - Sexage des Hérissons d'Algérie (*Atelerix algirus*) (Original, 2014).

II-3-2-Anatomie interne de l'appareil génital mâle chez le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*)

Afin de contribuer à l'étude du fonctionnement testiculaire chez le Hérisson d'Algérie, nous avons réalisé des coupes histologiques sur la gonade (testicule et épидидyme). Cette démarche à nécessiter une dissection permettant d'enlever les testicules des animaux (mort ou sacrifiés). Au cours de ce travail sur la reproduction du Hérisson d'Algérie, il est évident pour

nous d'observer et de caractériser l'anatomie interne de l'appareil reproducteur qui n'a pas été décrit au paravent(Fig.18).

Le développement du scrotum n'est pas universel chez les mammifères. Le Hérisson fait partie des animaux qui maintiennent leur testicules en position ultra abdominal comme l'éléphant et le rhinocéros.

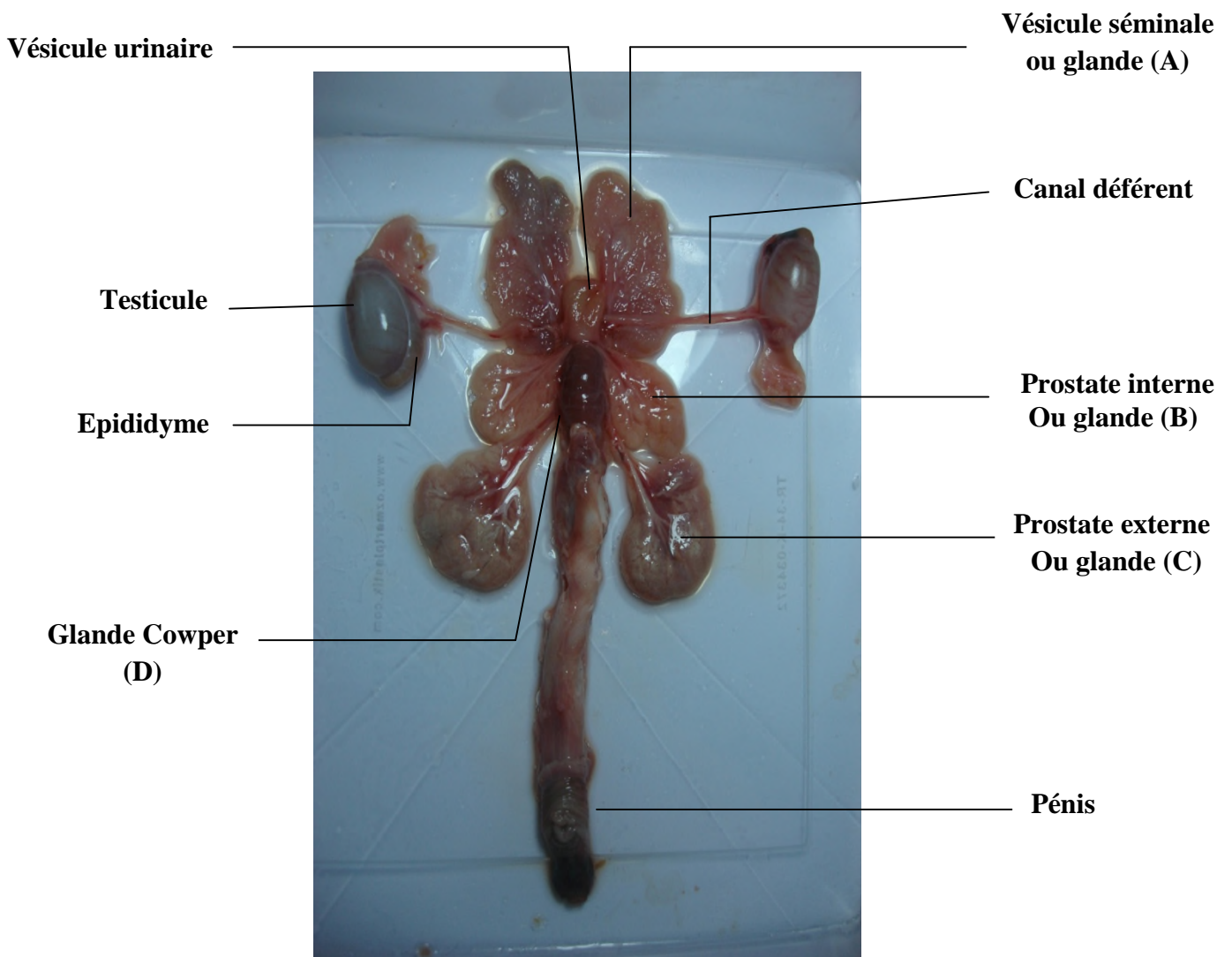


Figure 18 - Anatomie interne de l'appareil génital mâle du Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) (Originale, 2014).

II-3-3-Exploitation endocrinienne

II-3-3-1-Prélèvements sanguins

Pour étudier le fonctionnement testiculaire chez le Hérisson d'Algérie, nous avons tenté d'effectuer des dosages de la testostérone plasmatique. Pour ce faire, nous prélevons le sang chez trois animaux adultes.

Selon la disponibilité des animaux, les prélèvements sanguins se font à deux périodes de l'année; période de l'hibernation (octobre, novembre) et période d'activité (avril, mai, juin).

Ces prélèvements sanguins sont réalisés par ponction intracardiaque ou récupération directe du cœur de l'animal après sa mort (sacrifice ou mort naturel). Ces prélèvements du sang, sont effectués durant la même période de la journée (au milieu de la journée).

Le sang prélevé est recueilli dans des tubes héparinés (30 UI d'une solution d'héparine pour 5 ml du sang), après centrifugation (15min à 5000 tours/min), le plasma prélevé est directement congelé et conservé à -25°C jusqu'au moment des dosages.

II-3-3-2-Dosage de la Testostérone plasmatique

Le dosage de la testostérone est effectué par le test d'électrochimiluminescence, basé sur les analyseurs Elecsys et cobas e 411. Les dosages ont été faits au niveau du laboratoire d'hormonologie du centre Pierre et Marie Curie d'Alger.

*Principe

Principe de compétition, durée totale du cycle analytique: 18minutes.

*1^{ère} incubation

20 UL d'échantillon sont incubés avec un anticorps monoclonal anti-testostérone biotinylé spécifique. Les sites de liaison de l'anticorps marqué sont occupés par l'analyte contenu dans l'échantillon (en fonction de sa concentration) (Rosner et *al.*, 2007; Arlt, 2006).

*2^{ème} incubation

Les microparticules tapissées de streptavidine et un dérivé de testostérone marqué au ruthénium sont ajoutés à la cuvette réactionnelle. Le complexe immun est fixé à la phase solide par une liaison streptavidine-biotine (Wu AHB, 2006).

Le mélange réactionnel est transféré dans la cellule de mesure, les microparticules sont maintenues au niveau de l'électrode par un aimant.

L'élimination de la fraction libre est effectuée par le passage de Pro Cell ou Pro Cell M. Une différence de potentiel appliquée à l'électrode déclenche la production de luminescence qui est mesurée par un photomultiplicateur (Passing et *al.*, 1988).

*Réactif-composition et concentration (M R1 R2):

-(M): Microparticules tapissées de streptavidine 0.72 mg/ml.

-(R1): Ac anti-testostérone ~biotine: anticorps monoclonal (de mouton) anti testostérone biotinylé 40 ng /ml, 2-bromoestradiol (réactif de relargage), tampon MES 50 mmol /L, PH 6.0, conservateur.

-(R2):Peptide-testostérone ~Ru (bpy) dérivé de testostérone marqué au ruthénium 1.5 ng/ml, tampon MES 50 mmol/l, PH 6.0, conservateur (Thienpont et *al.*, 1995).

II-3-4-Exploitation pondérale et histologique des gonades mâles

II-3-4-1-Prélèvement du testicule

Après la mort de l'animal, on pratique une incision pour récupérer les testicules qui sont en position intra- abdominale. A l'aide d'un pied à coulisse, on prend les mensurations de la gonade (longueur, largeur), ensuite on les pèse. Après une prise du poids des testicules, nous les fixons dans le formol à 10% pour une ultérieure coupe histologique. Pour l'étude des variations pondérales du testicule, on a récupéré les gonades des Hérissons morts au cours de l'étude effectuée par Mouhoub SAYAH (2009), sur l'impact du trafic routier sur la mortalité du Hérisson d'Algérie dans la vallée de la Soummam.

II-3-4-2-Les coupes histologiques des testicules

Les coupes histologiques ont été réalisées au niveau du service d'anatomie pathologie de l'Hôpital Franc Fanon de la wilaya de Bejaia.

II-3-4-3-Les différentes étapes des coupes histologiques

Les études histologiques en microscopie optique s'effectuent habituellement sur des coupes colorées dont la définition optique est parfaite et qui peuvent se conserver indéfiniment. Chaque coupe histologique est une tranche de tissu collée sur une lame de verre. Avant de pouvoir observer des prélèvements de tissus au microscope et les photographier; les prélèvements doivent subir des étapes indispensables.

II-3-4-3-1-Etape de fixation

La fixation est primordiale, elle est considérée comme le stade essentiel qui déterminera la qualité de tout le processus, la fiabilité du diagnostic et la rapidité du résultat. Les testicules fixés sont découpés en tranche peu épaisses en tenant compte de l'orientation générale de l'organe. Ce prélèvement doit être mis immédiatement dans le fixateur de telle sorte qu'il soit submergé par le liquide (Cabanne *et al.*, 1980).

La fixation est faite par un fixateur chimique qui est le Formol (HCHO) à 10%.

II-3-4-3-2-Etape d'inclusion

Le mode d'inclusion à la paraffine est le plus répandu, les pièces fixées doivent être déshydratées. Le déshydratant le plus courant est l'alcool éthylique. Mais comme la paraffine n'est pas miscible à l'alcool, celui-ci sera remplacé avant l'inclusion par un liquide intermédiaire miscible à l'alcool et à la paraffine. On utilise le xylène. Ce liquide (xylène) est "éclaircissant" ce qui permet d'apprécier le degré de pénétration par la transparence acquise par la pièce.

On met les échantillons sous la paraffine dure puis dans le congélateur pendant 24 heures pour pouvoir effectuer l'étape de coupe (Lynch, 1976).

II-3-4-3-3-Etape de la confection des coupes

Les coupes sont réalisées par le microtome (Leica RM 2125 RT) selon les étapes suivantes (Martoja *et al.*, 1967):

- Reculer le porte objet au maximum.
- Placer le bloc dans le porte objet sans le fixer.
- Placer la rasoir face gravée vers l'extérieur et fixer (face à couper dans un plan vertical, parallèle au fil du rasoir, les deux arêtes du bloc les plus ondulés horizontalement.
- Dégrossir.
- Régler l'épaisseur des coupes (0.3 à 0.5mm).
- Mettre le cliquet.
- Couper.

II-3-4-3-4-Etalement des coupes

Un liquide d'étalement est nécessaire pour étaler le ruban de coupe sur la lame. Le liquide le plus utilisé est l'eau gélatinée dont 30g de Gélatine en feuille et 400ml d'eau distillé. Une fois que les lames sont repérées, mettre la plaque chauffante à 45C° pour que la coupe soit bien aplatie et choisir une bonne coupe à placer sur la lame (face brillante contre la

lame). La lame étant sur la platine, l'égoutter, puis la mettre à sécher pendant 24 heures dans une étuve à 37°C et colorer la immédiatement (Lison, 1960).

II-3-4-3-5-Etape de la coloration

La coloration standard, (de routine) universellement adoptée en anatomie pathologique est «Hemalun-Eosine» «H E» (Annexe 2).

Les étapes de coloration de n=1 jusqu'au n= 12 sont effectuées dans un appareil de coloration de 12 colorants (Leica) et la suite des étapes sont réalisées manuellement.

II-3-4-3-6-Etape du montage

Le montage est la dernière étape technique de la préparation des lames pour la lecture en microscopie. Il s'agit de recouvrir l'étalement avec une lamelle qui contient dessus une a deux gouttes de Kit puis l'enrober dans le xylène et la faire coller à la lame d'une manière rapide et durable, ensuite imbiber toute la lame dans le xylène pour éviter les bulles d'air (U.E.R.Necker, 1996).

II-3-4-3-7-Etape de la lecture

La lecture des lames histologiques se fait à l'aide d'un microscope Binoculaire Digital Mod: DM-15,2M PIXELS: Optika doté d'un appareil photos.

Les différentes parties des coupes histologiques qui nous intéressent seront photographiées. Une fois que les photos sont traitées on procède à la mensuration des tubes séminifères grâce a un logiciel **Image tools**.

Les résultats en relation avec notre étude sur le Hérisson d'Algérie seront présentés successivement en deux parties. La première concerne les résultats sur les variations de la température corporelle (hibernation).

Les résultats sur la biologie de la reproduction sont détaillées dans la deuxième partie.

I-Hibernation

Les études relatives aux fluctuations saisonnières de la température corporelle (T_c) chez le Hérisson d'Algérie sont très peu nombreuses. Dans ce sens, une première étude est réalisée par Mouhoub Sayah (2009), ayant mis en évidence l'existence de torpeurs de durées et d'amplitude plus ou moins longues pendant l'automne et l'hiver (soit en salle ou en environnement extérieur).

Ces travaux ont montré clairement que le Hérisson d'Algérie peut être considéré comme un vrai hibernant. A la base de ces données originales, nous pouvons faire correspondre la période (fin d'hiver –printemps) de notre travail sur la variation de la température corporelle (T_c) chez le Hérisson d'Algérie à la fin d'hibernation.

Sachant que, chez les hibernants, il a été mis en évidence trois périodes successives: l'entrée en hibernation, l'hibernation proprement dite puis la sortie de l'hibernation. L'exploitation des données de cette dernière partie de l'hibernation permettent de compléter les résultats obtenus sur le Hérisson d'Algérie. Au cours de l'étude réalisée dans la vallée de la Soummam par Mouhoub Sayah (2009), la sortie de l'hibernation n'a pas pu être étudiée par suite d'une mortalité importante (dont les causes sont inconnues: fente de réserve énergétique, besoin d'ensoleillement, autres causes).

Tableau 2 - Caractéristiques de l'hibernation chez le Hérisson d'Algérie: étude chez 3 animaux (2 mâles et 1 femelle) en fin d'hibernation (fin d'hiver, printemps) au cours de l'année 2013- Données présentées en pourcentages (%) des valeurs totales et durées en heures (h) durant la phase de torpeur

		Mâle (n=2)	Femelle (n=1)	Mâle+ Femelle (n=3)
Début des torpeurs(%)	18:00-24:00	35.58	56.96	46.27
	00:00-08:00	51.89	40.50	46.19
	08:00-12:00	5.77	0	2.73
	12:00-18:00	6.96	2.54	4.81
Durée des torpeurs(%)	00-12h	36.84	35.44	35.90
	12-24h	42.10	50.63	47.86
	24-48h	13.16	11.39	11.96
	48-96h	5.40	2.54	3.43
	>120h	2.50	00	0.85
Durée moyennes(h): des torpeurs		16.84±1.9	21.27±2.1	19.03±1.8
Vitesse moyenne(C°/h-1) Des refroidissements		1.4±0.3	1.17±0.2	1.32±01
Tb minimales(c°)		11.15-28.12	11.62-29.62	11.15-29.62

1-Phase de torpeur (hypothermie)

Durant les mois de mars et avril, les phases de torpeurs de longues durées (≥ 24 heures) sont caractérisées par un abaissement lent et progressif avec une forte amplitude de la température corporelle (T_c), puis son maintien à un niveau proche de la température ambiante (T_a).

Les phases de torpeurs sont définies par leur début ($T_c < 33^\circ\text{C}$) et de leur fin ($T_c > 33^\circ\text{C}$) au cours du nyctémère, leur durée totale, et les vitesses de refroidissement et de réchauffement.

Pendant la phase de refroidissement, la T_c de l'animal, chute au-dessous de 33°C . Elle correspond au début de la phase de torpeur. Elle est marquée par une diminution lente (vitesse moyenne: $1.32 \pm 0.1^\circ\text{C/h}$) (Tab.2) et progressive de la T_c jusqu'à un point stable proche de la T_a

Les entrées en torpeur sont presque similaires entre 18:00-24:00 h (46.27%) et 00:00-8:00 (46.19%). Alors que la fin (ou le début d'euthermie) se produit pendant la première partie de la journée (54.79%) (Tab.2).

L'entrée en torpeur chez la femelle est observée pendant la première partie de la nuit (18:00h-24:00h), avec une fréquence de 56.9%, elle s'étale sur la deuxième partie de la nuit avec un taux de 40.5% (Tab.2).

La fréquence des entrées en torpeur, en deuxième partie de la nuit est plus élevée chez les mâles (51.9%) que chez la femelle (40.5%) (Fig.21, Tab.2).

Les phases des torpeurs de longues durées (2 à 5 jours) et de grande amplitude ($T_c = 11^\circ\text{C}$) proche de la T_a enregistrée (9.6°C) (Fig.19, 20), sont observées au mois de mars et avril. La durée de torpeur maximale notée pendant cette période printanière, elle est de 5 jours pour la femelle A3 (02/03-07/03) et le mâle A4 (28/02-5/03) (Tab.2) (Fig.22).

Les proportions de torpeur les plus fréquentes sont celles qui varient entre 12 à 24 h (47.86%). On note qu'elles sont plus importantes chez la femelle (50.63%) que chez les mâles (42.10%) (Tab.2).

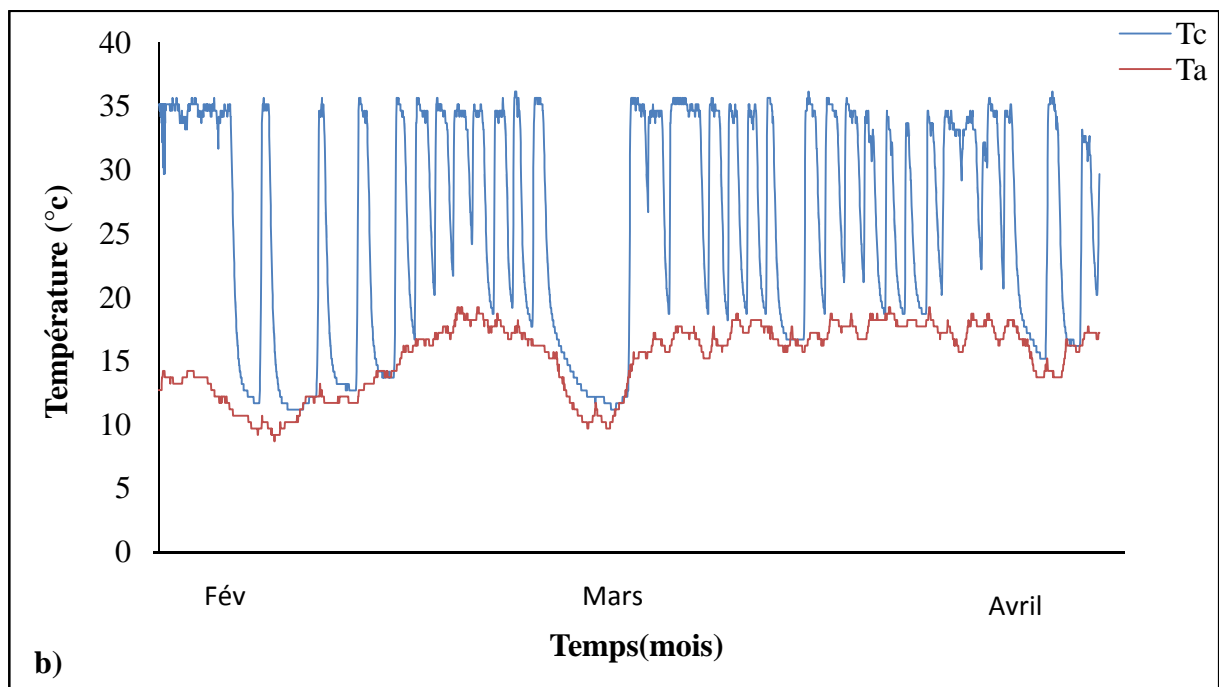
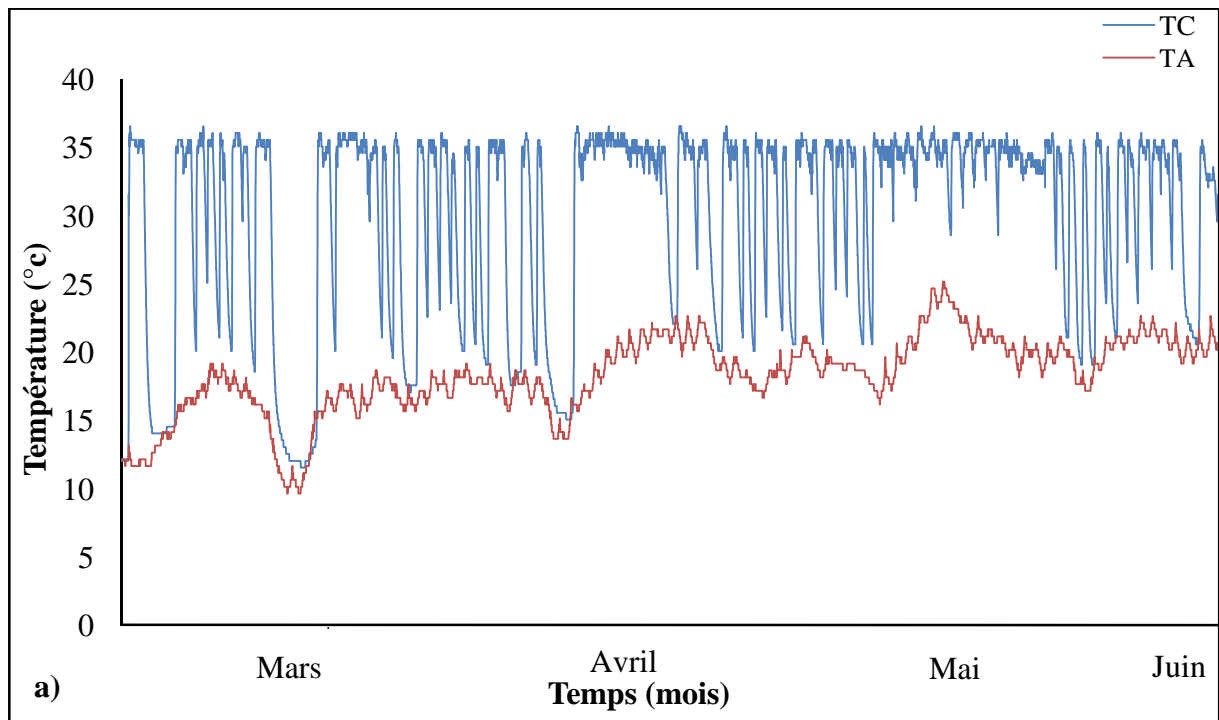


Figure 19 - Variation de la température corporelle en fonction de la température ambiante au cours de la fin d'hiver et printemps (2014) chez le (A4[a], A6[b]) Hérisson mâle d'Algérie (*Aterix algirus*).

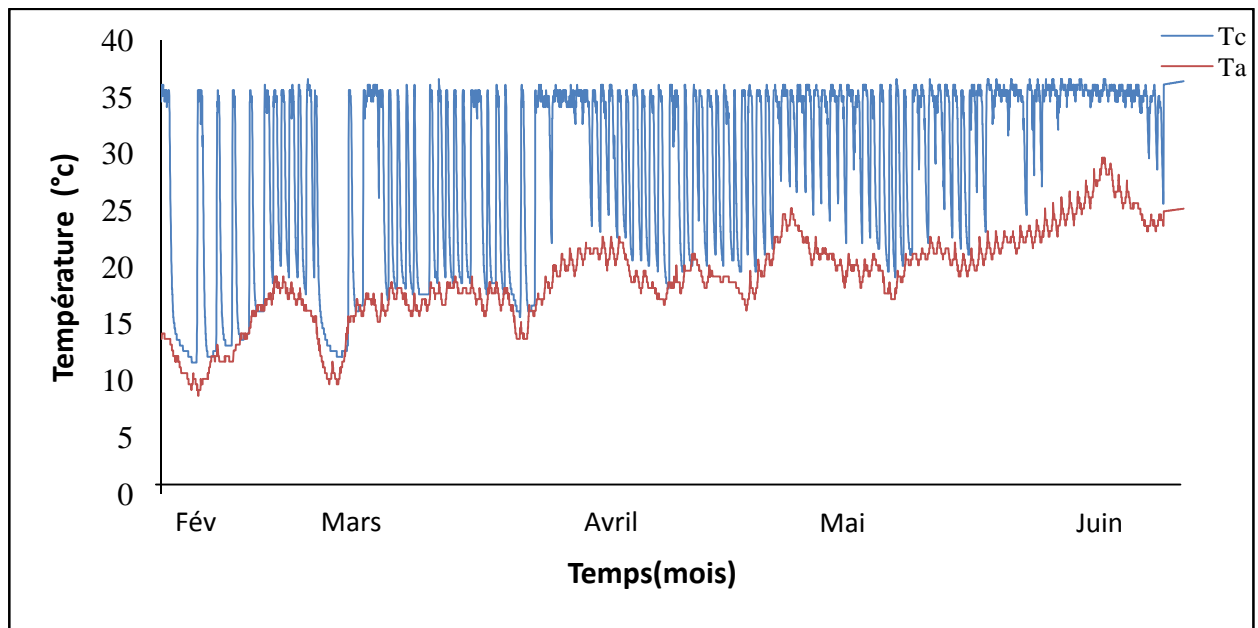


Figure 20 - Variation de la température corporelle en fonction de la température ambiante au cours de la fin de l'hiver et printemps (2014) chez le Hérisson femelle A3.

e

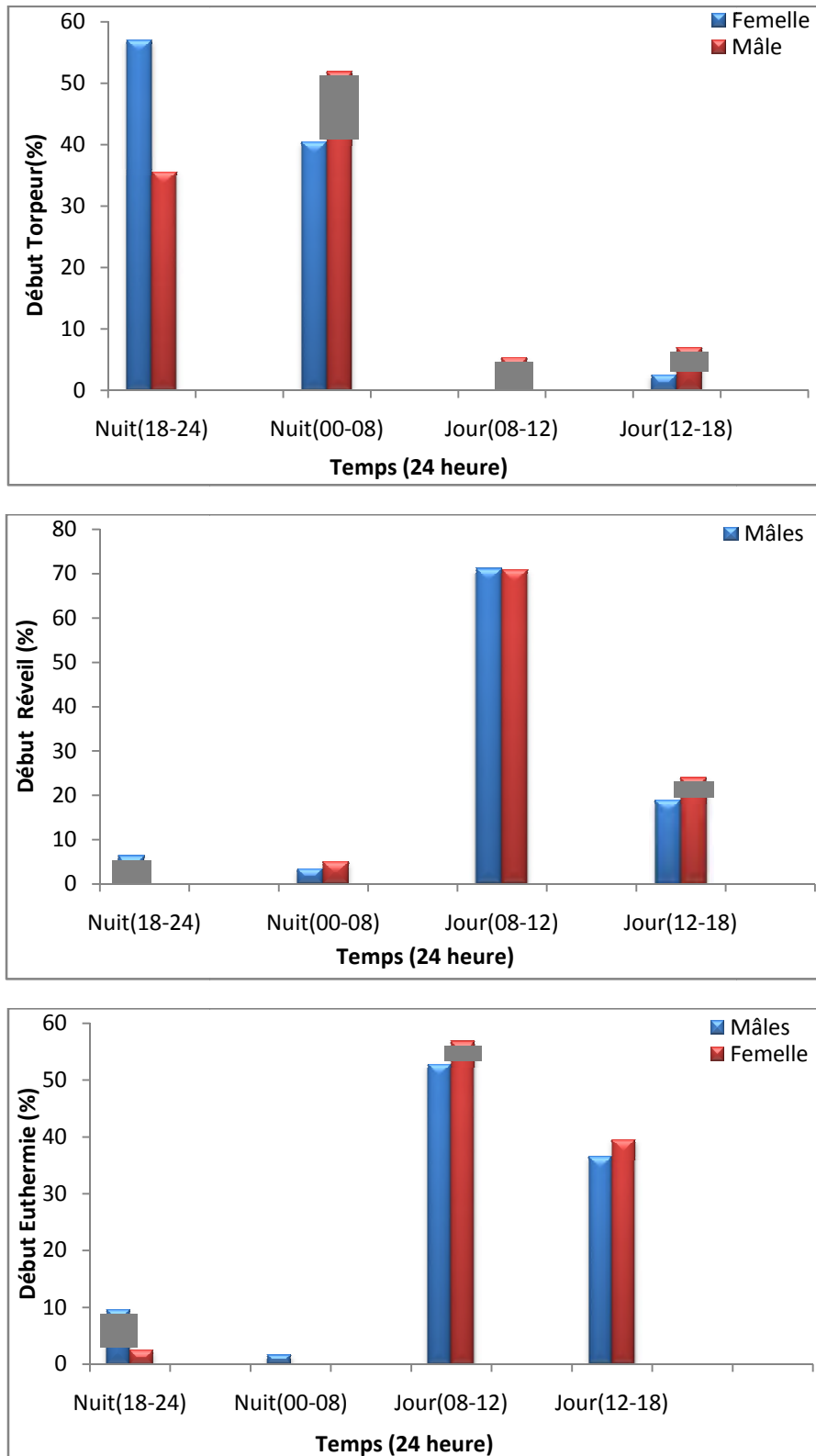


Figure 21 - Etude chez le Hérisson d'Algérie de la position au cours du nyctémère du début: des torpeurs, des réveils, des euthermyes. Comparaison entre les deux sexes.

Au cours des mois de mai et de juin, les torpeurs sont de courtes durées (<12 h) et de faible amplitude, contrairement à celles observées au mois de mars, et début avril. Ce sont des torpeurs journalières qui caractérisent le retour à la vie active.

La durée moyenne des animaux, en phase de torpeur est de l'ordre de 19.03 ± 1.8 . Elle est plus courte chez les mâles (16.84 ± 1.9 h) que chez la femelle (21.27 ± 2.1) (Tab.2).

L'étude saisonnière des durées relatives en torpeur (% de torpeur calculé par période de 15 jours) de fin février à fin mai chez la femelle (A3) et chez les deux mâles (A6, A4), confirme que les durées relatives des torpeurs sont supérieures, chez la femelle que chez les mâles. Elles sont maximales (38%) au cours de la première quinzaine du mois de mars, alors que la durée minimale est observée pendant de la première quinzaine du mois mai (3%). Pendant cette étude, on remarque qu'il ya une relation inverse avec l'évolution de la Ta dont la valeur moyenne la plus basse (15.6 °C) observée au cours de la première quinzaine du mois de mars et correspond à la valeur maximale des durées relatives de torpeur (38 %) (Fig. 22 a).

La phase de réchauffement est la phase pendant laquelle, l'animal augmente sa température corporelle spontanément et rapidement jusqu'au retour à l'eutherme ($T_c = 33^\circ\text{C}$). La vitesse de réchauffement est rapide (11.36 ± 0.4 C /h), soit environs 8 fois plus rapide que la vitesse de refroidissement. Il n'apparaît pas une grande différence de la vitesse de réchauffement entre les individus (les mâles [10.14 ± 0.6], la femelle [12.59 ± 0.9]) (Tab.3). La durée la plus fréquente du réchauffement varie entre 1 et 2 h (60.76%). La durée moyenne du réchauffement chez les trois animaux est de (1.15 ± 0.2 h). Nous observons aussi une variabilité entre les sexes (mâles [$1:42 \pm 0.3$ h] et femelle [$0:88 \pm 0.1$ h]).

2-La phase d'eutherme (normothermie)

Les phases d'eutherme (ou normothermie) sont caractérisées par une température corporelle élevée de l'animal supérieure à 33°C (fig.19, 20).

L'animal A4, présente deux phases d'eutherme importantes. Elles sont de longues durées (4 jours) (du 09/04 au 13/04 et du 09/04 à 13/04) (Fig.19 b).

Les phases d'euthermies ont une durée moyenne de (18.68 ± 2.6) (Tab3). Le début de cette phase commence le plus souvent au cours de la première partie de la journée (08:00-12:00h) (54.98%). Elles peuvent s'étendre sur la deuxième partie de la journée (12:00-18:00h) avec une fréquence moindre (38.19%) (Tab.3)

Tableau 3 - Caractéristiques de l'hibernation chez le Hérisson d'Algérie: étude chez 3 animaux (2 mâles et 1 femelle) en fin d'hibernation (fin d'hiver, printemps) au cours de l'année 2013- Données présentées en pourcentages (%) des valeurs totales et durées en heures (h) durant la phase d'euthermie.

		Mâles (n=2)	Femelle (n=1)	Mâles+ Femelle (n=3)
Début des Réchauffements(%)	18 :00-24 :00	6.38	0	3.19
	00 :00-08 :00	3.42	5.07	4.25
	08 :00-12 :00	71.16	70.88	71.02
	12 :00-18 :00	19	24.05	21.54
Durées des réchauffements(h)	00-01h	12.99	30	24.47
	01-02h	67.53	57.5	60.76
	02-03h	14.28	10	11.39
	03-04h	3.90	2.5	2.95
	>04h	1.30	0	0.43
Durées moyennes(h) des réchauffements		1.42±0.2	1.54±0.1	1.48±0.2
Début des euthermies (%)	18 :00-24 :00	9.57	2.47	6.02
	00 :00-08 :00	1.63	0	0.81
	08 :00-12 :00	52.80	56.79	54.98
	12 :00-18 :00	36.56	39.5	38.19
Durées des euthermies (h)	00-12h	34.51	62.34	50.94
	12-24h	63.72	36.36	48.30
	24-48h	0	00	0
	48-96h	01.77	1.30	0.76
Durées moyennes(h) des euthermies		17.92 ± 2.4	19.45 ± 2.7	18.68 ± 2.6
Vitesse moyenne(C°/h-1) des réchauffements.		10.14 ± 0.6	12.59 ± 0.9	11.36±0.4

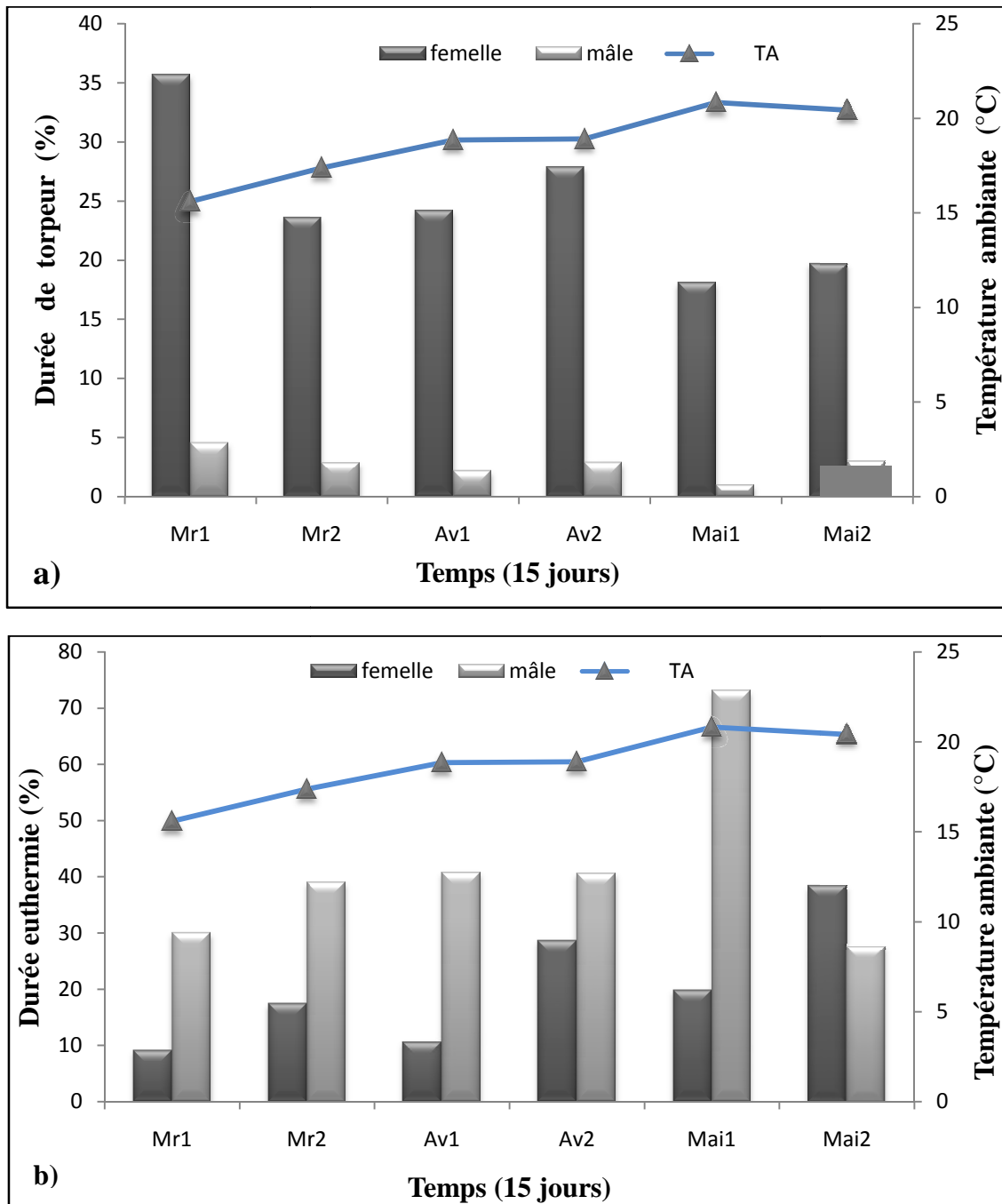


Figure 22 -Etude comparée entre mâle et femelle, en torpeur (a) et en euthermie (b) chez le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) du temps relatif (% par période de 15 jours) (de mars à mai 2013), en relation avec les températures ambiantes moyennes.

Les fréquences des phases d'euthermie (% par période de 15 jours) sont plus élevées chez les mâles que chez la femelle, ou elles commencent à augmenter au cours de la première quinzaine du mois de mars puis elles restent stable jusqu'à la fin du mois d'avril.

Le maximum de la durée de la phase d'euthermie est atteint au cours de la première partie du mois de mai (79%), puis elle diminue nettement au cours de la deuxième partie du mois de mai (27.6%). Ces euthermies les plus longues sont associées à des torpeurs de plus courtes durées (Fig.22 b).

L'opposition des durées relatives des phases de torpeurs et des phases d'euthermie chez la femelle A3 (fig.23), montrent que les durées d'euthermies maximales (48%) sont observées au mois de juin et elles sont associées à des valeurs minimales des phases des torpeurs (2.5%).

3-Relation entre les évolutions de la température ambiante et la température corporelle.

Au cours des mois de mars et d'avril, les niveaux des températures ambiantes (T_a) sont bas, entraînant des diminutions de la température corporelle, qui favorisent des torpeurs de longues durées avec une forte amplitude.

Des euthermies importantes sont observées lors de l'élévation de la T_a . Chez le mâle A4: la diminution de T_a de 18.86 °C à 10.16 °C entraîne la chute de T_c de 35.08 °C à 11.67 °C, proche de la T_a . Cette diminution entraîne une torpeur de longue durée \approx 3 jours (13/03 à 17/03) (Fig.24). Une autre diminution de T_a de 17.69 °C à 14.18 °C est observée pendant 3 jours (04/04 à 07/04), entraîne la chute de T_c de 35.08 °C à 15.68 °C proche de T_a .

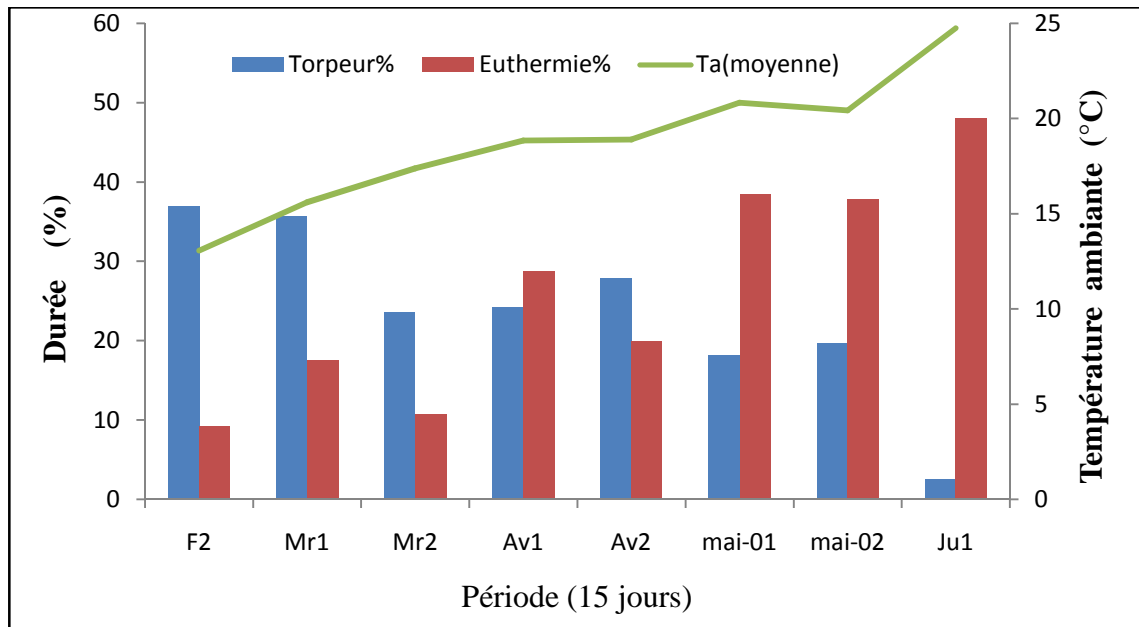


Figure 23 - Etude des durées relatives (par période de 15 jours) en torpeur et en euthermie en relation avec la température ambiante (Ta) pendant la période fin d'hiver-printemps 2013 chez la femelle (A3) du Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*).

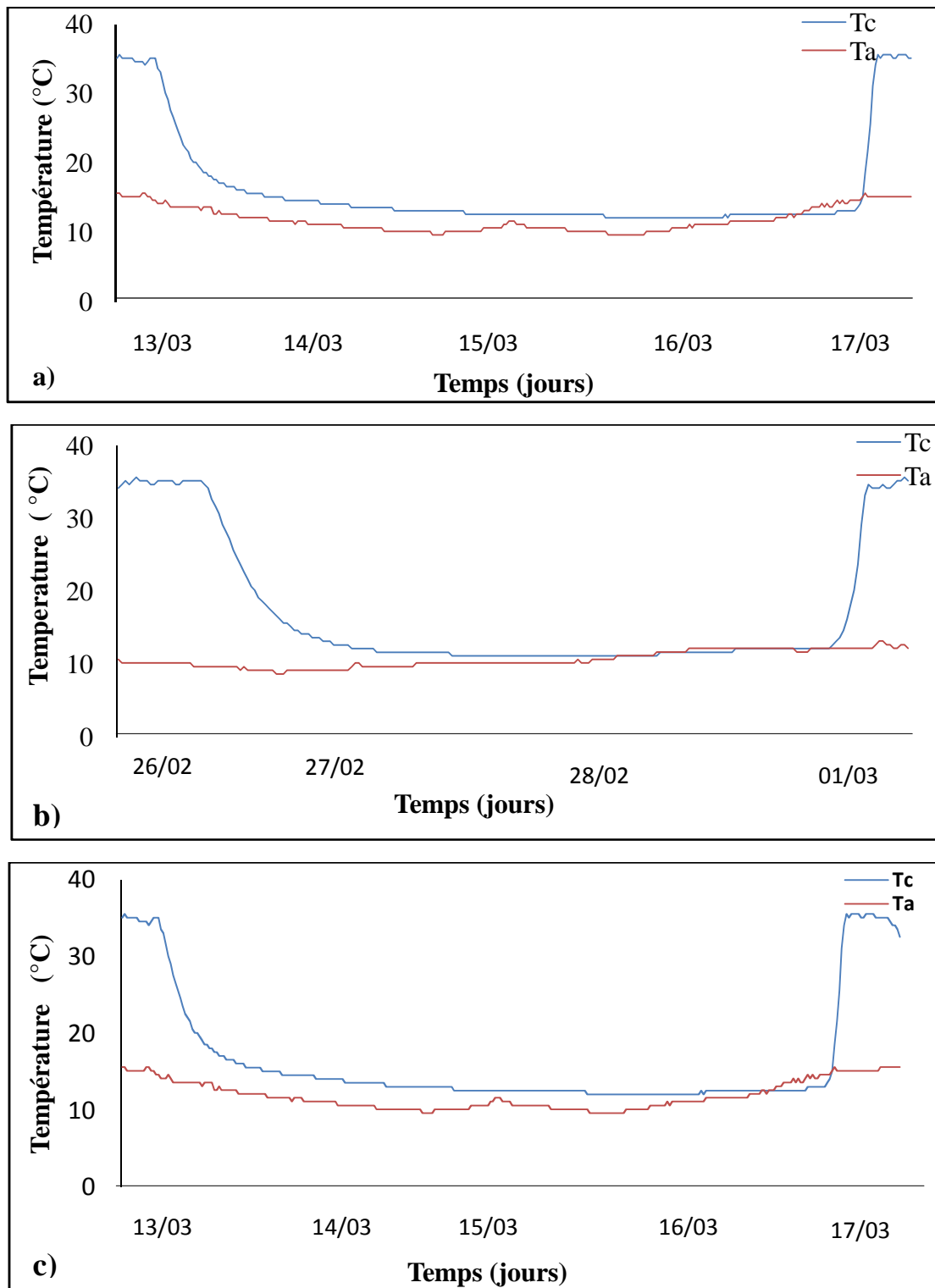


Figure 24 - Evolution de la température ambiante et de la température corporelle pendant une phase de torpeur chez le Hérisson (*Atelerix algirus*) (mâles A4 [a] et A6 [b], femelle A3 [c]).

Pendant la période des mois de mai et de juin, les Ta augmentent (17.18 °C à 24.69 °C) en entraînant une augmentation de Tc (21.59 °C à 36.08 °C) favorisant ainsi une euthermie de longue durée de 4 jours (09/06 au 13/06) qui reflète l'activité de l'animal (Fig.19,20).

Les évolutions globales (par période de 15 jours) de la Ta et des durées en torpeurs et en euthermie montrent, réellement la corrélation de la Ta avec la fréquence de torpeur et d'euthermie on note que: la Ta basse (13.°C) est corrélée avec la fréquence élevée de torpeur (37%) et de la fréquence d'euthermie la plus basse (9.8%), La Ta élevée (24.74 °C) est corrélée avec la fréquence élevée d'euthermie (48%) et la fréquence basse de torpeur (2.5%) (Fig.23).

4-Variation de la masse corporelle

Chez les hibernants, la masse corporelle présente un cycle annuel, qui peut être utilisée comme indicateur de l'état des réserves énergétiques disponible chez ces animaux. Les variations de la masse corporelle chez les Hérissons ont été mesurées de janvier à mai, chez trois Hérissons (2 mâles et 1 femelle).

La variation de la masse corporelle des animaux au cours de la période d'étude (fin d'hiver - printemps) est caractérisée par une stabilité pondérale, pour les trois animaux durant les mois de janvier et février, puis une diminution légère et progressive au cours du printemps (mars, avril, mai) (Fig.25).

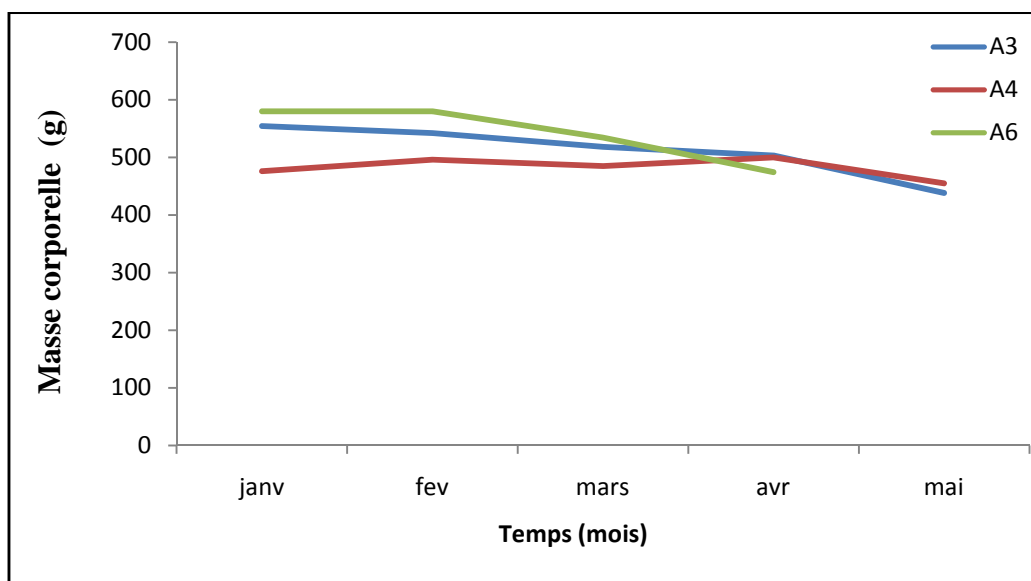


Figure 25 - Variations de la masse corporelle au cours de l'hiver et du printemps chez le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) (A3, A4, A6).

5-Prise alimentaire

Au cours de l'étude des variations de la Tc pendant la période printanière (fin hibernation), nous avons suivi la prise alimentaire des animaux. Les Hérissons reçoivent chaque jour une ration alimentaire journalière similaire.

L'examen journalier de ce paramètre alimentaire, montre que durant la période expérimentale, les animaux peuvent rester sans s'alimenter pendant plusieurs jours. Cette variation dépendra des durées et de l'amplitude des torpeurs. Durant les torpeurs les plus importantes (torpeur de 5 jours [12/03 au 17/03] et de 3 jours [01/03 au 04/03]) l'animal ne s'est pas nourri pendant plusieurs jours.

6-Bilan énergétique animaux

Pour établir un bilan énergétique au cours de cette période, plusieurs paramètres sont pris en considération tel que: les durées d'hypothermie, de réchauffement, d'euthermie. Nous avons défini: la période (hypothermie + refroidissement) comme étant une période d'économie, et la période de (réchauffement + euthermie) comme étant une période de dépense.

L'analyse globale des résultats obtenus chez les animaux pendant la période fin d'hiver - printemps, indique que les périodes d'économie (55.03%) sont légèrement supérieures aux périodes de dépenses (44.97%) (Tab.4).

Nous notons aussi que la gestion énergétique des animaux mis dans les mêmes conditions d'élevage, est très variable d'un animal à l'autre.

L'étude du bilan énergétique mensuel chez les trois animaux, montre qu'au cours de la période printanière, l'économie d'énergie baisse progressivement de mars à juin (Fig.26). Par contre, nous observons une augmentation progressive pour les dépenses énergétiques. Cette élévation de la dépense énergétique est concomitante avec la fin de la période printanière (Fig.26) (Tab.5).

Tableau 4 - Bilan énergétique chez les mâles et la femelle du Hérisson d'Algérie au cours de la fin d'hiver et printemps.

Bilan Énergétique (%)		Mâles (2)	Femelle	Mâles +Femelle
	<u>Economie</u>	37.16	62.84	55.03
	<u>Dépense</u>	64.51	35.49	44.97

Tableau 5 - Bilan énergétique mensuel au cours du fin d'hiver et printemps chez les trois Hérissons mâles d'Algérie [A3 (a), A4 (b), A6 (c)].

a)	Mois	Economie%	Dépenses%
	Mars	65,56	34,44
	Avril	51,29	48,71
	Mai	42,99	57,01
	JUIN	13,75	86,25

b)	Mois	Economie%	Dépenses%
	Mars	48,88	51,12
	Avril	35,47	64,53
	Mai	22,59	77,41

c)	Mois	Economie%	Dépenses%
	Mars	59,01	40,99
	Avril	47,84	52.16

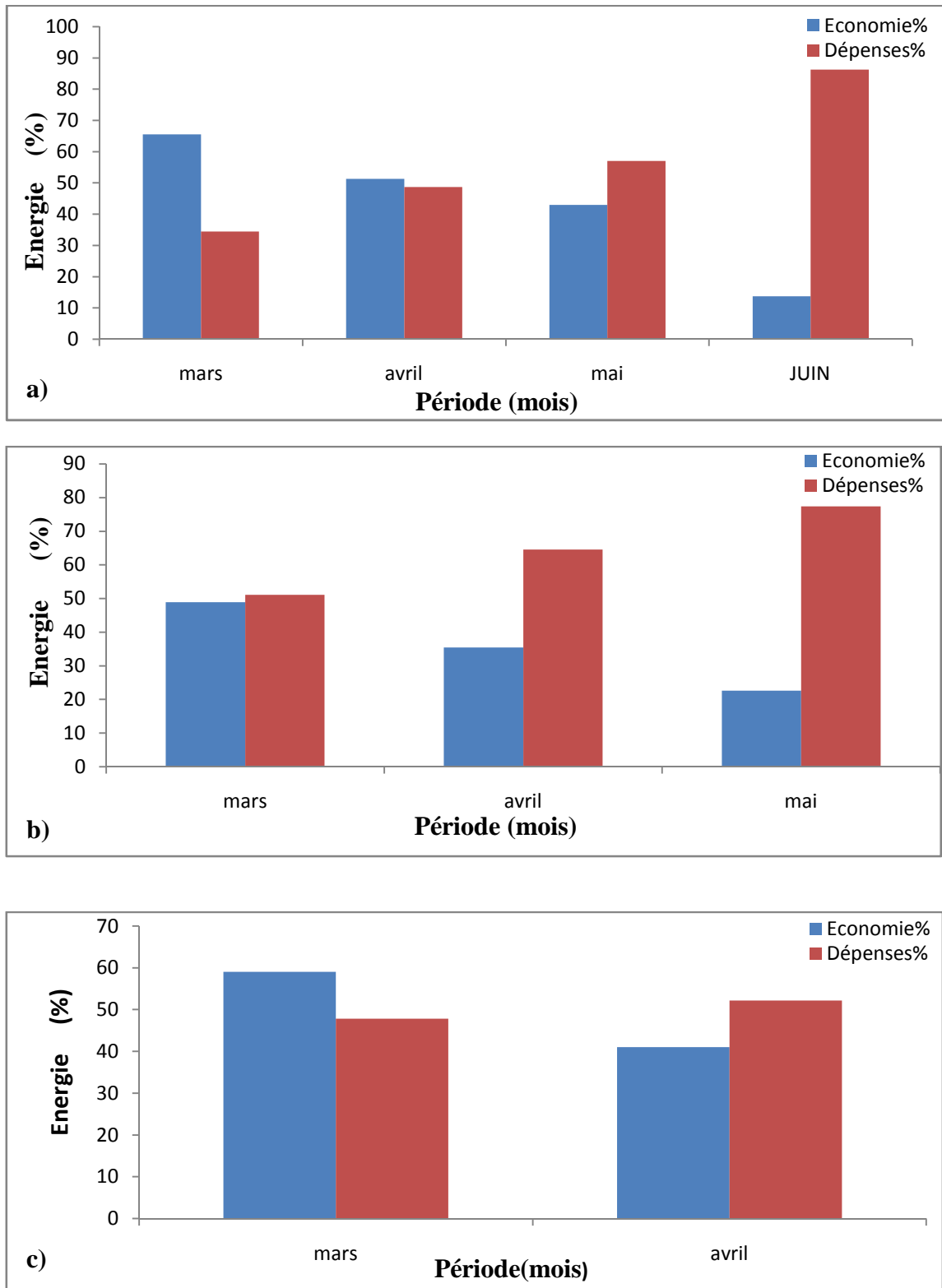


Figure26 - Variations mensuelle du bilan énergétique (économie-dépenses) au cours de la fin d’hiver et printemps chez le Hérisson d’Algérie (*Atelerix algirus*). [femelle A3 (a), mâleA4 (b) et A6 (c)].

II-1-Biologie de la reproduction chez le Hérisson d'Algérie

Afin d'aborder l'étude de la reproduction du Hérisson d'Algérie de sexe mâle, nous avons utilisé des données pondérales des testicules des animaux cadavres récupérés sur les routes, lors d'une étude réalisée par Mouhoub Sayah (2009). L'objectif de cette étude est de suivre l'impact du facteur routier sur la mortalité du Hérisson d'Algérie sur l'axe routier longeant la vallée de la Soummam d'ouest à l'est.

Pour compléter ces données pondérales des testicules, nous avons associé des approches préliminaires sur l'histologie du testicule, avec un dosage de la testostérone dans le plasma.

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

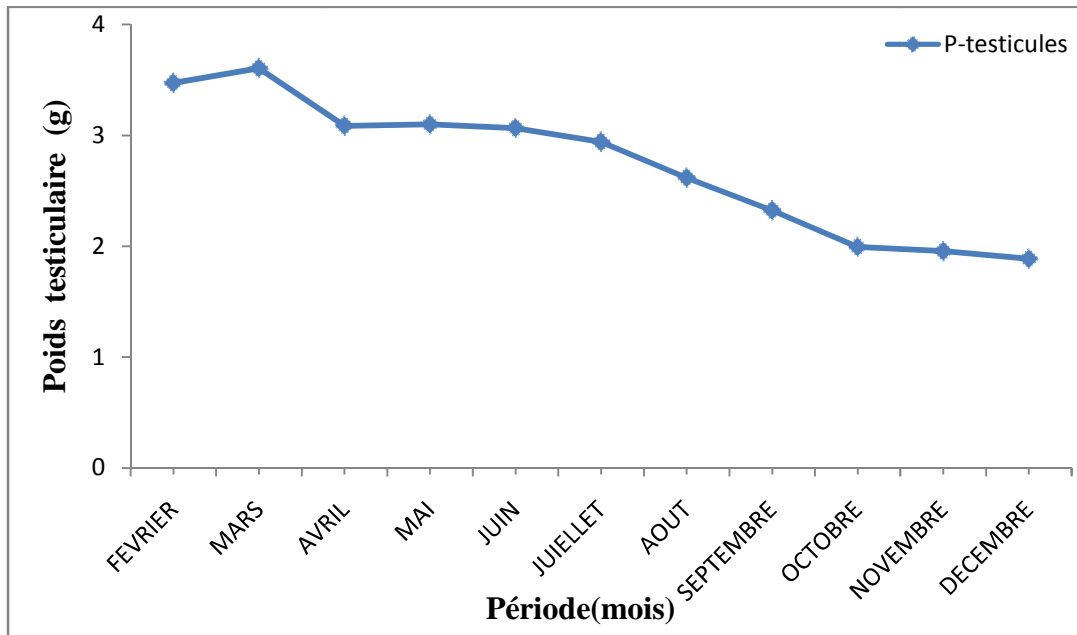


Figure 27 - Variations mensuelle pondérale des testicules chez le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*).

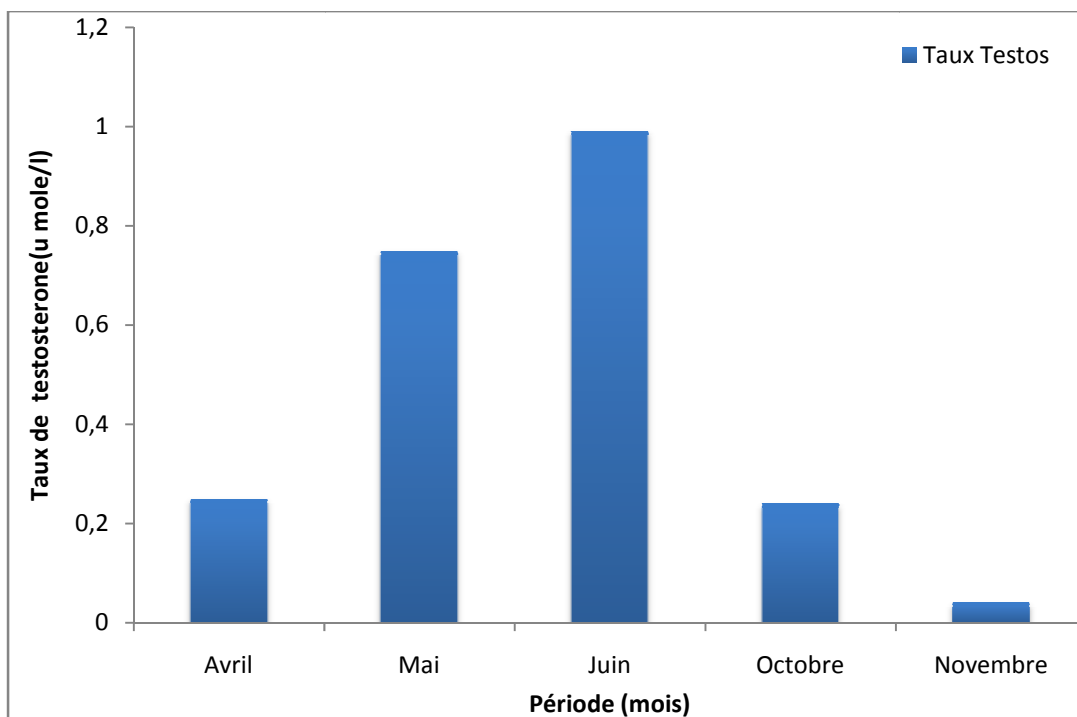


Figure 28 - Variation de la concentration plasmatique en testostérone chez le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*).

II-1-Variations du poids des testicules

Les données relatives des poids testiculaires sont représentées dans le tableau suivant:

Tableau 7 - Variation mensuelle du poids testiculaires chez le Hérisson mâle.

Mois	P-testicules(g)
Février	3,471 ±0.51
Mars	3,60±0.35
Avril	3,08±0.41
Mai	3,10±0.54
Juin	3,06±0.27
Juillet	2,90±0.25
Aout	2,62±0.27
Septembre	2,32±0.37
Octobre	1,99±0.42
Novembre	1,95±0.55
Décembre	1,88±0.54

A partir de la figure (27), nous notons que le cycle des variations pondérales du testicule présente quatre séquences bien distinctes;

1-De février à mars: le poids du testicule est le plus élevé, un pic est atteint au mois de mars avec une valeur de $3.6 \pm 0.35\text{g}$ (Tab.7).

2-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.

3-Juillet à septembre: une régression marquée et progressive du poids testiculaire ($2.90 \pm 0.25\text{g}$; $2.62 \pm 0.27\text{g}$; $2.32 \pm 0.37\text{g}$) (Tab.7).

4-D'octobre à décembre: le poids des testicules est faible avec des valeurs extrêmement réduites ($1.99 \pm 0.42\text{g}$; $1.95 \pm 0.55\text{g}$; $1.88 \pm 0.54\text{g}$) (Tab.7).

Au mois de janvier, les données pondérales du testicule sont absentes vue, qu'aucun animal n'a été trouvé sur l'axe routier (Mouhoub Sayah,2009).

II-2-Variations de la testostérone plasmatique

Le prélèvement sanguin durant la période fin hibernation-reprise d'activité et début hibernation chez les 5 Hérissons adultes de sexe mâle, nous a permis de rechercher la concentration plasmatique en testostérone. Les données relatives à ce dosage endocrinien sont consignées dans le tableau suivant:

Tableau8 - Variation du taux de testostérone plasmatique chez le Hérisson mâle d'Algérie durant la période d'hibernation et d'activité.

Mois	Taux Testostérone (u mole/l)
Avril	0,25
Mai	0,75
Juin	0,992
Octobre	0,24
Novembre	0,04

a-Avril à Juin

Selon la figure 12, la concentration plasmatique de la testostérone augmente progressivement d'avril à mai (0.25 u mole/l -0.75 u mole/l) pour atteindre une valeur importante au mois de juin et qui est de l'ordre 0.992 u mole/l (Fig. 28) (Tab.8).

b-Octobre à novembre

Le taux plasmatique de testostérone le plus bas est observé au mois de novembre (0.04 u mole/l) avec une valeur minimal, en octobre qui est de l'ordre de 0.24 u mole/l (Fig.28) (Tab.8).

La projection des échantillons mensuels du dosage de la testostérone ainsi que les poids testiculaires relatif aux mois considérés (Fig. 29), 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. Par contre les valeurs les plus faibles de testostérone sont observées entre octobre à novembre, correspondant à une involution gonadique.

II-3- Structure histologique des testicules et de l'épididyme à différentes période de l'année (hibernation et activité)

Afin d'apporter un éclairage sur l'interrelation entre la reproduction et l'hibernation. Nous avons tenté pour la première fois d'effectuer des coupes histologiques sur des testicules et de l'épididyme prélevés, durant l'hibernation (octobre- février) et de la reprise d'activité de l'animal (mai- juin).

L'analyse des coupes histologiques effectuées sur du testicule et de l'épididyme de l'animal (25), montre que le tissu interstitiel n'est pas développé. Les mensurations des tubes séminifères par le logiciel Image Tools, indiquent qu'ils sont de petite taille ($19.66 \pm 3.56 \mu\text{m}$). Les divisions spermatogénétiques sont arrêtées au stade de 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 (Fig. 30).

Au cours du mois de février, les données histologiques du testicule et de l'épididyme de l'animal A7, montre que cette période est caractérisée par un tissu interstitiel bien développé marqué par une présence cellulaire abondante.

Les tubes séminifères augmentent de taille ($28.27 \pm 3.28 \mu\text{m}$) et ils présentent des signes d'activité spermatogénétique, allant jusqu'au stade de spermatide et dans quelques cas au stade de spermatozoïdes. A ce stade, l'épididyme est encore vide de spermatozoïdes (Fig. 31).

Les résultats obtenus à travers l'étude de la variation de la température montrent clairement que la période située entre le mois de mai et juin, correspond clairement à la reprise d'activité du Hérisson (chapitre hibernation). A cet effet, nous avons jugé utile d'effectuer des coupes histologiques du testicule et de l'épididyme de cinq animaux (A9 A4 A10 A12 A11) durant cette période d'activité (mai- juin).

Au cours de cette séquence de pleine activité, le tissu interstitiel est très développé et forme de gros amas cellulaire autour des capillaires. Le diamètre des tubes séminifères est stable ($28.1 \pm 7.53 \mu\text{m}$), et présente une variabilité entre les individus ($26.79 \pm 8.16 \mu\text{m}$ chez l'animal A10). La spermatogenèse est complète jusqu'aux spermatozoïdes qui sont observés aussi dans l'épididyme en grand nombre [(Fig.32) (Annexe, 3, 4, 5)].

Au cours du début de mois d'octobre, les données histologiques du testicule et de l'épididyme de l'animal A24, montre que cette période est caractérisée par un tissu interstitiel peu développé, mais les spermatozoïdes restent présents dans de nombreux tubules dont leur diamètre est réduit ($21.68 \pm 3.51 \mu\text{m}$). Nous remarquons aussi que les diamètres des tubes

séminifères présentent une variabilité individuelle [A22 (15.21 ± 2.65), A18 (18 ± 2.48)]. La spermatogenèse est beaucoup moins intense qu'au cours de la période active. En parallèle nous remarquons aussi l'absence des spermatozoïdes au niveau de l'épididyme [(Fig.33) (Annexe 6, 7)].

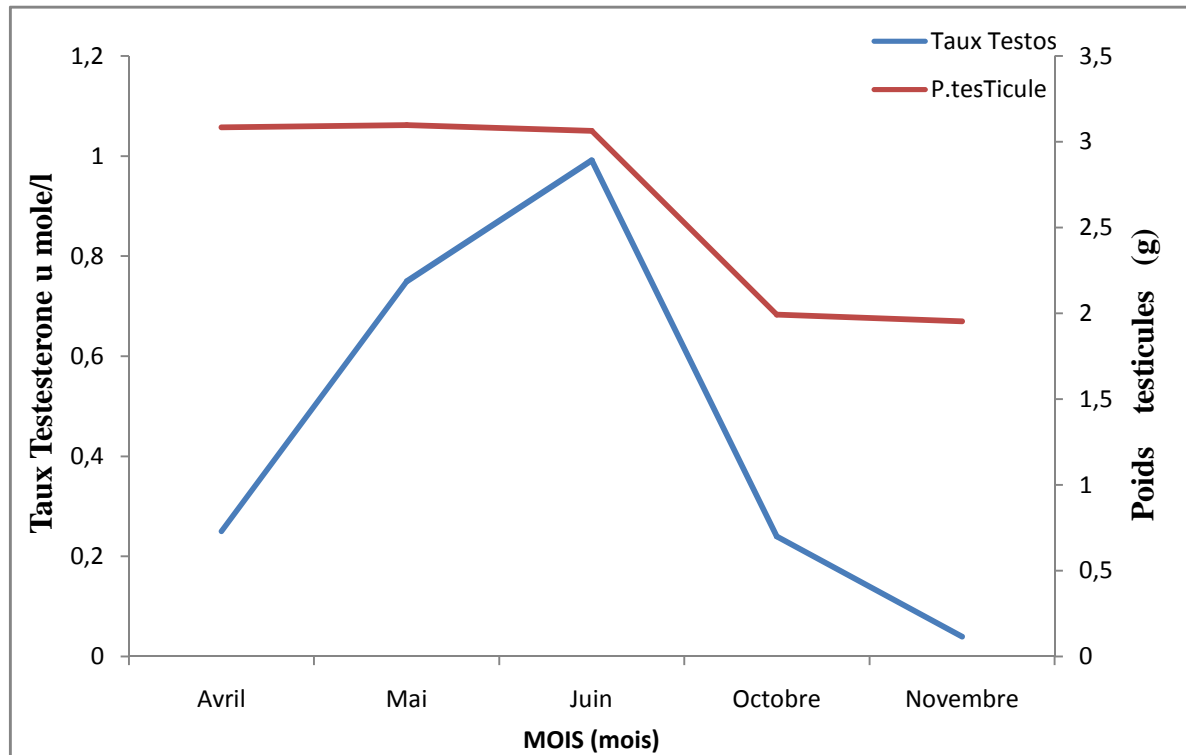


Figure 29 - Variations saisonnières des poids testiculaires et de la concentration en testostérone plasmatique chez le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*).

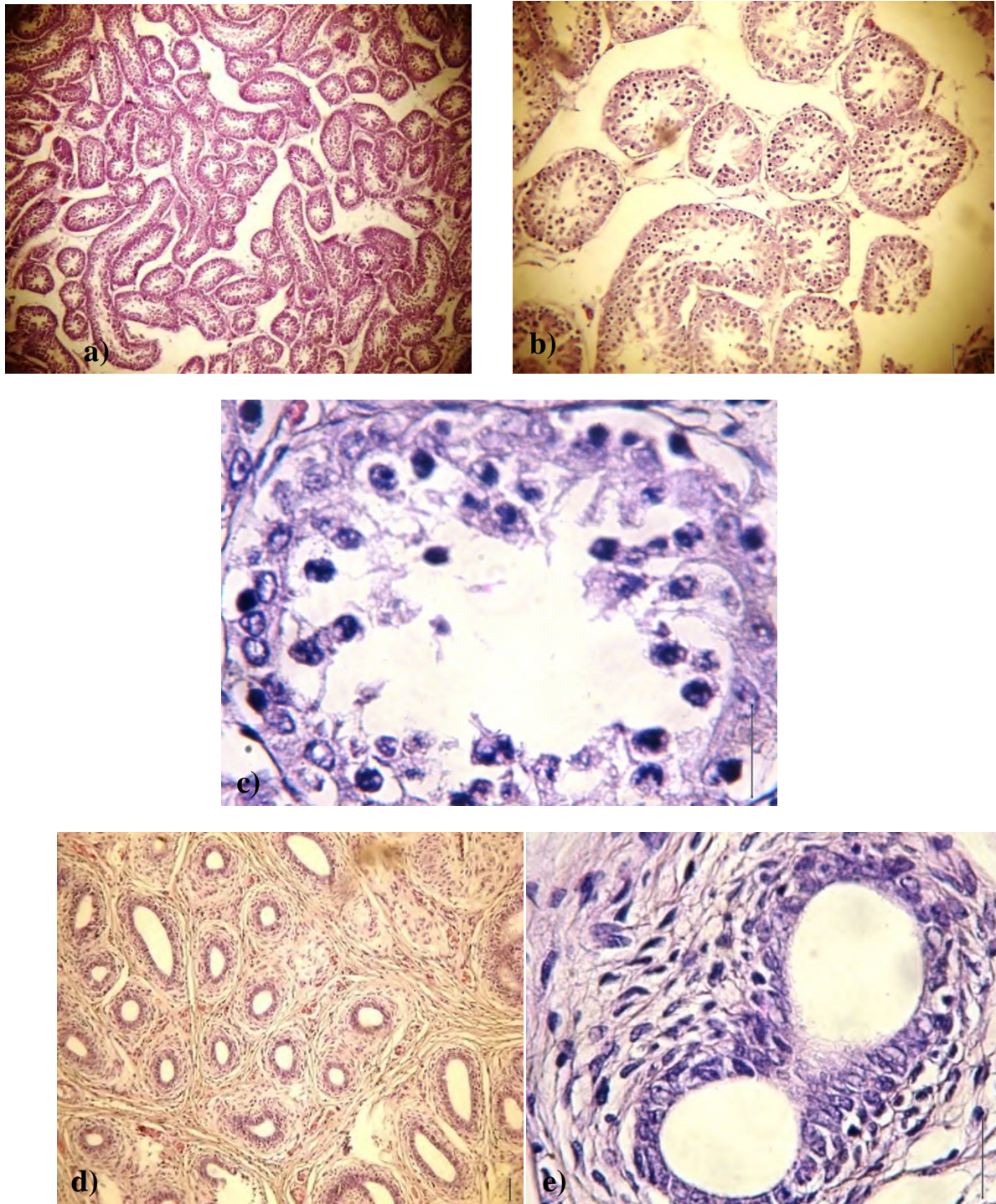


Figure30 - Structure histologique des gonades chez l'animal A25 en période de repos en fin octobre (tube séminifère (a[Gx4], b[Gx10], c[Gx40]); épидидyme d [Gx4] e [Gx40]).

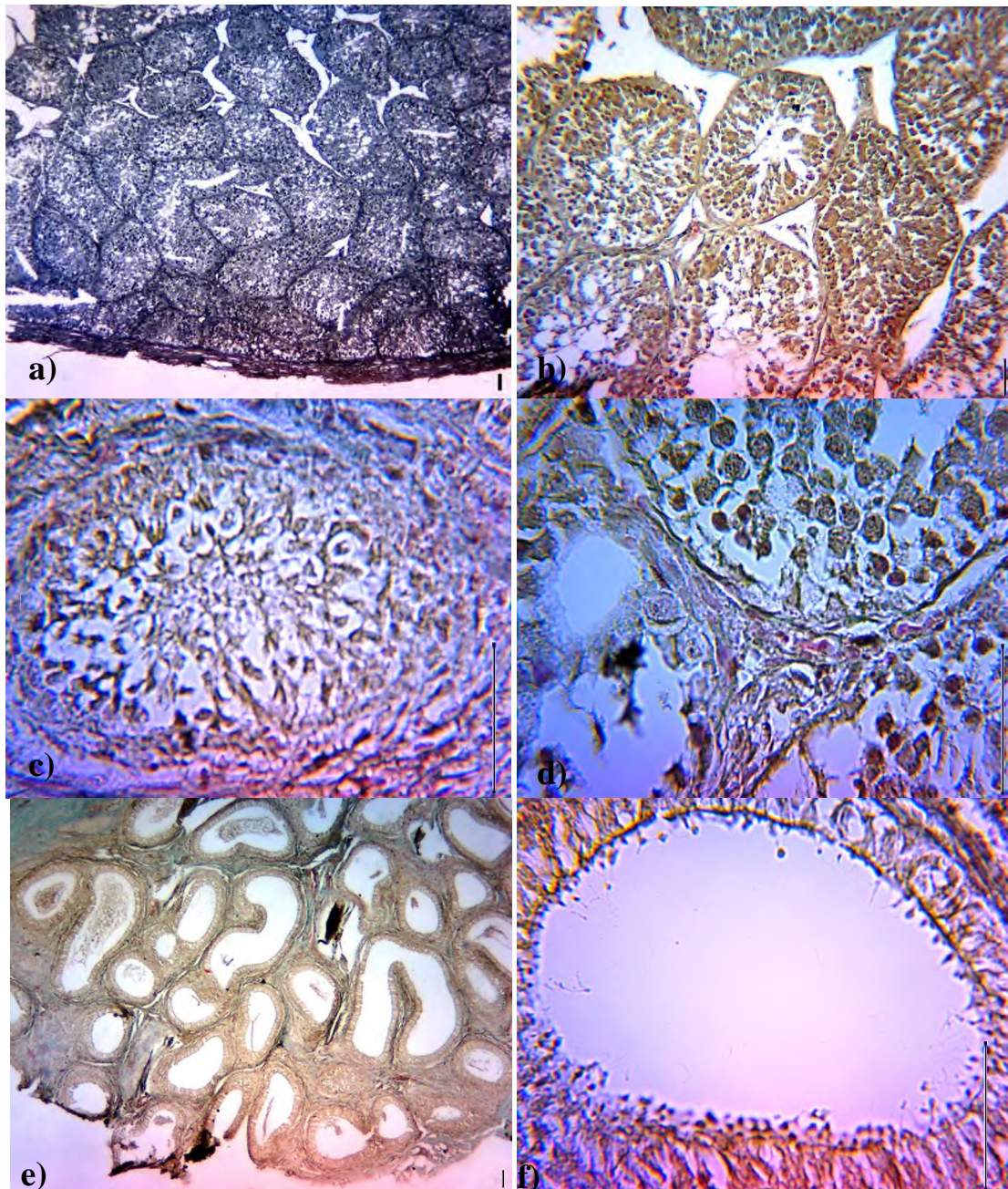


Figure 31 - Structure histologique des gonades du Hérisson A7 pendant la période de reprise d'activité au début du mois de février. (a [Gx4], b [Gx10], c [Gx40], d [Gx40])

tube séminifère [e [Gx4], f [Gx40] épидидyme).

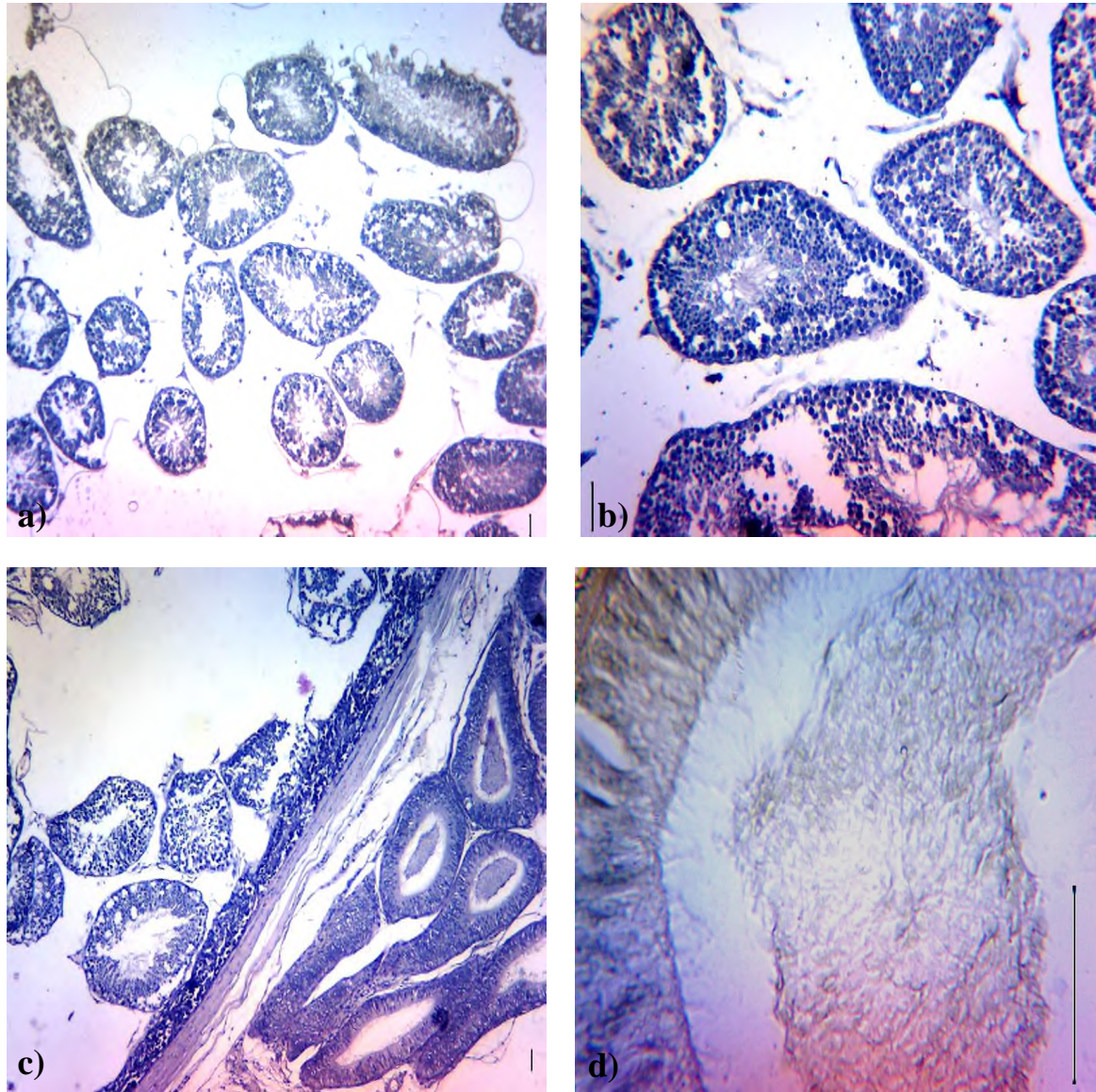


Figure32 - Structure histologique des gonades du Hérisson A9 en période d'activité en mois de mai (tube séminifère [(a [Gx4], b [Gx10]), épididyme (c[Gx4], d [Gx40]).

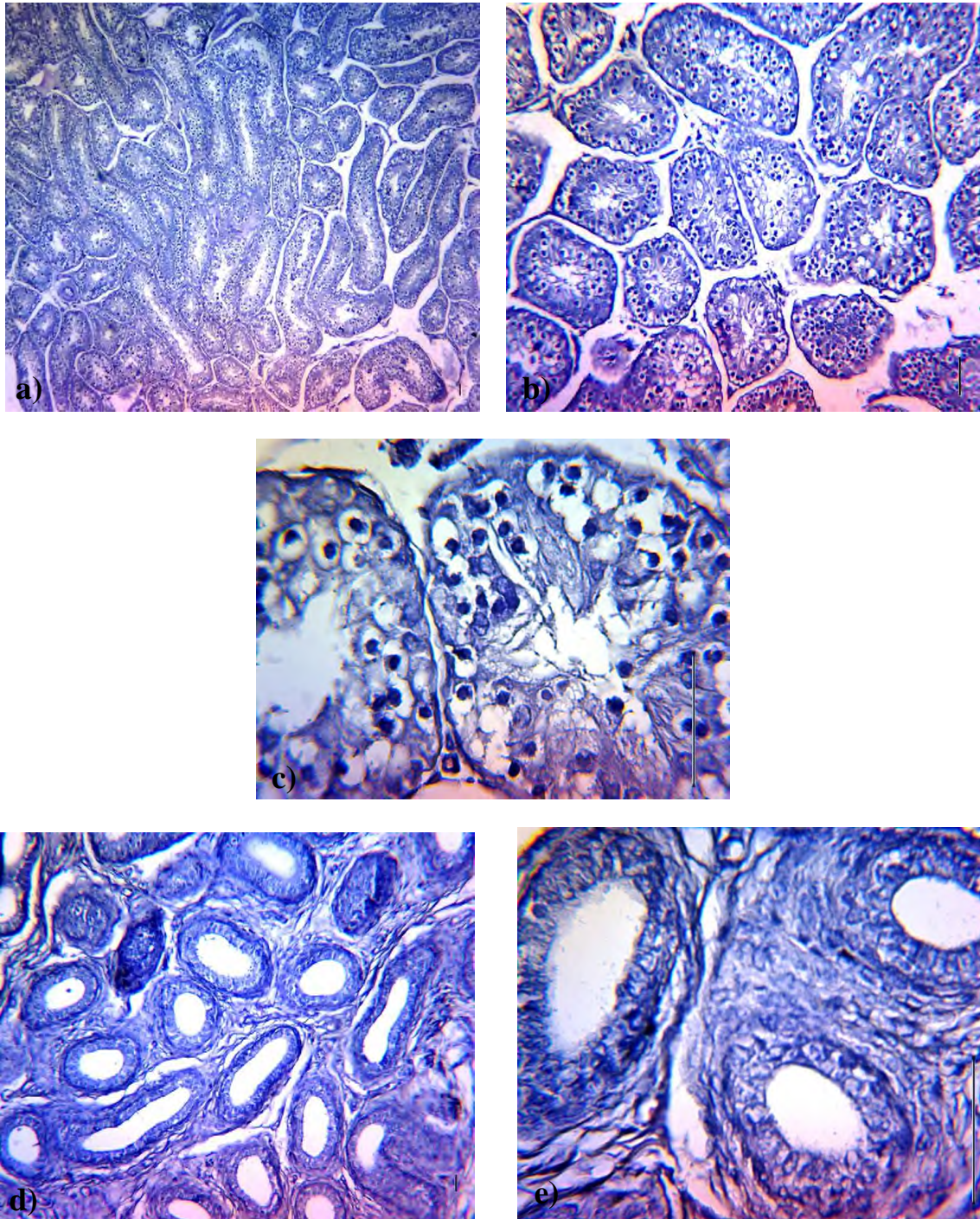


Figure33 - Structure histologique des gonades du Hérisson A24 en Période de mise au repos (régression) au début du mois d'octobre (tube séminifère (a [Gx4], b [Gx10], c[Gx40].), épидидyme (d[Gx4], e [Gx40]).

I-Hibernation

Le suivi des variations de la température corporelle (T_c) chez le Hérisson d'Algérie, ainsi que les variations de la température ambiante (T_a) par l'utilisation des enregistreurs de température (Température loggers-iButton) pendant la période fin d'hiver-printemps, nous a permis de déterminer les paramètres propre à la fin d'hibernation tel que les durées des phases de torpeur, des phases d'euthermie et des phases de réveil, l'influence de T_a sur T_c ainsi que le bilan énergétique.

I-1-Phase de torpeur

La fin de l'hibernation (mars –avril) est caractérisée par des phases de torpeur de longues périodes, qui sont remplacés par des torpeurs journalières de courte période pendant les mois de mai et de juin (sortie de l'hibernation).

Le début des phases des torpeurs est caractérisé par un refroidissement, cette phase est marquée par une diminution lente (vitesse moyenne: 1.32 ± 0.1 C°/h) et progressive de la T_c jusqu'à un point stable proche de la T_a .

La valeur de la vitesse de refroidissement est presque similaire (1.22 ± 0.6) à celle trouvée chez la même espèce (Mouhoub Sayah, 2009) et chez le Hérisson d'Europe (Vignault , 1994) (1.35 ± 0.03). Cette valeur est inférieure à celle trouvée chez le Hérisson d'Europe par Fowler et *al.*, (1990) [1.90 ± 0.30], par Dmi'el et *al.*, (1984) [1.98 ± 0.40].

La vitesse de refroidissement est variable entre les sexes (chez le mâle [1.4 ± 0.3 C°/h] et chez la femelle [1.17 ± 0.2 C°/h]), cette variabilité est notée aussi sur la même espèce par Mouhoub Sayah (2009) (le mâle [1.2 ± 0.5 C°/h] et la femelle [1.1 ± 0.9 C°/h]).

Chez les animaux expérimentés, le début des phases de torpeur au cours du nyctémère s'étale entre la première partie (18:00-00:00h) et la deuxième partie (00:00h - 08:00h) de la nuit, contrairement à l'étude de Mouhoub Sayah (2009) ayant travaillé sur la même espèce en période automnale et hivernale, l'entrée en torpeur s'effectue à partir de la deuxième partie de la nuit.

Des fréquences maximales du début des phases de torpeur pendant la nuit, sont observées chez les deux sexes (mâles [87.47%] et femelle [97.46%]). Nos résultats concordent avec ceux trouvés par Mouhoub Sayah (2009), sur la même espèce et par Fowler et *al.* (1990) ayant travaillé sur le Hérisson d'Europe.

Au cours des mois de mars et avril, les torpeurs enregistrées chez le Hérisson d'Algérie sont de longues durées entre 24 et 120 heures. La présence des torpeurs de longue durée est corrélée à la diminution de la Ta, comme il a été déjà décrit chez de nombreux hibernants tel que: chez *Citellus lateralis* (Twent et al., 1965), chez *Erinaceus europaeus* (Casting, 1985; Vignault et al., 1993), chez *Spermophilus parryii* (Barnes et al., 1993) et chez *Zaedyus pichiy* (Superina et al., 2007).

Les mâles présentent une durée moyenne des phases de torpeur plus courte (17%) que chez la femelle (22%). Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Mouhoub Sayah (2009) ayant travaillé sur la même espèce. D'après Soivio et al. (1968); Vignault (1994), les Hérissons allongent la durée des phases de torpeur lorsqu'ils sont soumis à une diminution du niveau de la Ta, en condition stabilisées.

A partir du mois de mai, on constate, la disparition des torpeurs de longues durées (> 24 h) qui sont remplacée par de nombreuses torpeurs journalières (< 24 h), dont l'amplitude varie en fonction de l'augmentation de la Ta. Mouhoub Sayah (2009), signale aussi la présence des torpeurs journalières durant la période printanière.

Le maintien de ces torpeurs journalières en période printanière n'a pas été observé chez l'espèce voisine, le Hérisson d'Europe. En effet, *Erinaceus europaeus* montre à la fin de l'hibernation, une nette transition entre l'hétérothermie et l'homothermie avec une stabilité marquée de la Tc durant la période printanière (Saboureau, 1979; Saboureau et al., 1991; Vignault, 1994).

La présence des torpeurs journalières chez le Hérisson d'Algérie maintenue en salle, montre la dépendance des animaux vis-à-vis de la Ta pour retrouver une température stable d'homéotherme. Ce défaut de thermorégulation pourrait être dû, à une déplétion profonde, des réserves en fin d'hiver (Mouhoub Sayah, 2009) et/ou à l'impossibilité (du fait de la captivité et des conditions de stabulation en salle) de développer des comportements particuliers comme le réchauffement passif du à l'augmentation de la Ta (Schmid, 1996; Lovegrove et al., 1998; Geiser et al., 2004) ou l'exposition à la chaleur radiante du soleil pendant la journée (Geiser et al., 2000; Geiser et al., 2003). De tels comportements observés chez les animaux des zones arides facilitent le réveil (après le lever du soleil) et réduisent les coûts énergétiques lors du réchauffement et/ou pendant l'eutherme (Warnecke et al., 2008).

2-Phase de réveil (eutherme)

Chaque torpeur se termine par une phase de réchauffement (ou réveil périodique) dont la vitesse est de $11.36 \pm 0.4^\circ\text{C/h}$ qui est 8 fois plus importante que la vitesse de refroidissement

(1.32 ± 0.1) chez cet animal. Ce rapport entre la vitesse de réchauffement et la vitesse de refroidissement est similaire à celui trouvée par Mouhoub Sayah (2009) chez la même espèce et par Vignault (1994) chez l'espèce voisine (*Erinaceus europaeus*).

Geiser et al. (1990), ont établi une corrélation entre la vitesse de réchauffement et la masse corporelle des Mammifères, en particulier chez les insectivores, la vitesse de réchauffement est lente chez les espèces de grande taille alors qu'elle est rapide chez les petites espèces dont le volume à réchauffer est proportionnellement moins important.

La vitesse de réchauffement chez les Hérissons est proche de celle mesurée chez d'autres hibernants, tel que le *Spermophilus richardsonii* (8.4 °C/h, Wang [1973]), et inférieure à celle mesurée chez les animaux de plus petites tailles chez *Tamias striatus* (13.8 à 42°C/h, Wang et al. [1971]), chez *Zapus princeps* (30°C/h Cranford [1983]), chez *Suncus etruscus* (48°C/h, Frey [1980]). En effet, le réchauffement fait intervenir des processus physiologiques (thermogenèse sans frisson) qui varient selon les espèces (Bockler et al., 1983; Heldmaier et al., 1985; Cossins et al., 1987). Cette thermogenèse sans frisson, consiste en un découplage de la phosphorylation oxydative dans les mitochondries. Ce découplage est dû à la présence au niveau de la membrane interne d'une protéine du poids moléculaire de 3200 Dalton, la protéine découplant ou thermogénie (Cristinelli, 2006).

Au cours de l'hypothermie, les Hérissons sont capables de réagir à un abaissement ou à une augmentation rapide de niveau de la Ta, en déclenchant le processus de réchauffement. En effet, la sensibilité aux variations thermiques au niveau de l'hypothalamus est conservée chez les hibernants pendant la phase de torpeur, les variations rapides de la Ta entraînent la mise en place des mécanismes de thermorégulation, et donc, le réveil de l'animal (Lyman et al., 1982; Wunneberg et al., 1986; Heller, 1988; Kilduff et al., 1989). De telles observations ont été réalisées chez *Citellus lateralis* (Wit et al., 1983) et *Cricetus cricetus* (Gubbels et al., 1989).

Les raisons de ces réveils périodiques sont peu connus, mais des hypothèses ont été développées afin d'expliquer les causes de ces réveils. Les réveils peuvent être déclenchés par l'accumulation de substances nocives qui ne peuvent pas être excrétées, du fait de la baisse de pression sanguine ou de la haute pression vésicale qui doit être diminuée (Körtner et al., 2000). Une autre hypothèse postule que les périodes de torpeur ou d'hibernation, seraient contrôlées par une horloge biologique et que les animaux se réveilleraient en coordination avec ce signal interne afin de surveiller leur environnement périodiquement (Geiser, 1996).

3-Variation de la masse corporelle

Le suivi de la masse corporelle pendant la fin d'hibernation (janvier-fevrier) montre que la décroissance de la masse corporelle est plus lente et progressive puis elle se stabilise au printemps. L'observation similaire est signalée chez la même espèce par Mouhoub Sayah (2009) et chez le Hérisson d'Europe (Vignault, 1994). Chez les hibernants, la masse corporelle présente un cycle saisonnier bien marqué, elle est maximale avant l'entrée en hibernation (Saboureau, 1979; Saboureau et *al.*, 1983; Saboureau et *al.*, 1986; Ambid et *al.*, 1986; Canguilhem, 1989). 40% de l'augmentation de la masse corporelle est constituée de réserve de graisse qui assure une bonne préparation à l'entrée en hibernation (Suomalainen et *al.*, 1971). Selon Morris (1984), un hérisson entrant en hibernation doit peser au minimum 450g et au moins de 600g selon Jourde (2008) et plus de 400 g selon Germain (2008) pour qu'il puisse passer l'hibernation sans menace.

4-La prise alimentaire

Pendant toute la période expérimentale, les Hérissons reçoivent de la nourriture et de l'eau *ad libitum*. Le contrôle quotidien de la ration alimentaire donnée aux animaux, nous a permis d'évaluer la prise alimentaire journalière de chaque animal. Ces observations régulières nous ont montré que malgré la disponibilité alimentaire, les animaux manifestent un jeûne d'une durée variable de 4 jours (A3 [14/03/2013 à 17/03/2013], A4 et A6 [14/03 à 17/03]) à 3 jours (A4 [03/03/ à 05/04]). Ce jeûne est associé à la diminution de la Ta (9.66 C°) et à des torpeurs de longue durée (2 à 4 jours). Selon Mouhoub Sayah (2009), la prise alimentaire montre une évolution en opposition avec les variations moyennes mensuelles des pourcentages de la torpeur. Ainsi au mois de mars et début avril, les prises alimentaires sont nulles pendant les torpeurs de longues durées (4 jours du [14/03 au 17/03] chez tous les animaux, et du [4/04 au 8/04] chez A3 et A4). En outre, l'examen journalier de la prise alimentaire au cours de chaque phase d'euthermie, a montré que les animaux peuvent souvent se réveiller, puis se rentrer en torpeur sans s'alimenter ([A6] 1/03, [A3] 5/03, [A4] 5/04).

Chez le Hérisson d'Europe, la disponibilité alimentaire n'empêche pas les Hérissons d'hiberner, mais elle peut modifier le déroulement de l'hibernation (les dates d'entrée et de sortie de l'hibernation, la durée totale de l'hibernation, la durée des phases de torpeur) (Saboureau et *al.*, 1984).

La disponibilité alimentaire est une cause potentielle ou régulateur de l'hibernation chez les différentes espèces (Mrosovsky et *al.*, 1974; vignault, 1994). La qualité de la

nourriture peut modifier l'hibernation chez *Eliomys quercinus* qui hiberne si la nourriture est pauvre en protéine (Montoya et al., 1978; Ambid et al., 1986; casting, 1985). Chez le Hérisson d'Europe, comme chez d'autres hibernants (Davis, 1976; Mrosovsky, 1980), le retour à la vie active n'est observé que si la nourriture est disponible. La température et les disponibilités alimentaires constituent des facteurs distaux importants pour la préparation, le bon déroulement et la fin de l'hibernation (El Omari, 1987).

5-Le bilan énergétique de la fin de l'hibernation et du début d'activité chez le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*).

L'analyse de l'ensemble des données relatives à la variation de la Tc, nous montre l'importance des variations individuelles (chaque animal sort de son hibernation à son propre rythme) dans le contrôle de la gestion énergétique. Dans ce sens Mouhoub Sayah (2009), note qu'au cours de la mauvaise saison (automne et hiver), le Hérisson d'Algérie montre une capacité à gérer ses réserves énergétiques pour sa survie par la réduction de son métabolisme générale et ses dépenses énergétiques.

L'ensemble des résultats relatifs aux torpeurs et aux eutherms, permettent de faire une approche sur le bilan énergétique des animaux. Durant la période printanière, l'existence de quelques torpeurs de longues durées additionnées aux torpeurs journalières, fait augmenter légèrement l'économie d'énergie (55.03%) par rapport au dépense (44.97%).

A partir du mois de mars, les dépenses énergétiques augmentent contrairement aux économies d'énergies qui diminuent.

Selon Vignault (1994), La réduction des dépenses énergétiques est inversement corrélée à la taille: plus l'animal est petit, plus l'économie est importante, et en conséquence, entraîne une réduction de l'utilisation des réserves. Dans tous les cas, les avantages énergétiques (réduction des besoins et des dépenses d'énergie) acquis par le phénomène de la torpeur peuvent aider considérablement à la survie des animaux face aux conditions défavorables du milieu.

Reproduction

La littérature ne fournit, à notre connaissance, aucune indication sur la biologie de reproduction du Hérisson d'Algérie.

Dans le but de vouloir mettre un nouvel éclairage sur cet aspect physiologique non connu chez le Hérisson d'Algérie, nous avons tenté pour la première fois d'aborder une approche sur les variations pondérales, histologiques et hormonales du testicule.

Ces paramètres ont été développés chez le Hérisson d'Europe par plusieurs auteurs; Marchal, 1911; Courrier, 1927; Allanson, 1934; Saure, 1969; Saboureau, 1979; Saboureau et *al.*, 1981; Casting, 1985; Fowler, 1988; Van der Colf et *al.*, 1992, qui ont défini le profil du cycle de fonctionnement testiculaire par un schéma général caractérisé par; un repos automnal, une reprise hivernale et une séquence d'activité maximale printanière.

Les variations pondérales testiculaires chez le Hérisson d'Algérie (*Aterix algirus*) présentent des valeurs maximales au printemps (mars [3.60±0.35 g] - avril [3.08±0.41g] - mai [3.10±0.54 g]), et des valeurs minimales en automne (septembre [2.32±0.37g] - octobre [1.99±0.42g] – novembre [1.95±0.55g]). 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 Arlette (1972).

Les présents résultats montrent que le poids testiculaire maximal est corrélé avec le diamètre maximal des tubes séminifères. Cela reflète une activité spermatogénétique qui est en relation avec une augmentation du niveau de la testostérone plasmatique. Des corrélations similaires ont été indiquées chez le Hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus L.*) (Saboureau, 1979; Fowler, 1988).

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 obtenus chez le Hérisson d'Algérie sont maximales durant les mois de mai –juin et minimales au mois d'octobre –novembre. Ces données sur les variations de la concentration plasmatique en testostérone, sont en accord avec celles obtenus chez le Hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*) (Saboureau, 1979; Casting, 1985; EL Omari, 1987).

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

En effet, nous distinguons quatre phases: **a)** la phase de mise au repos (début octobre).**b)** une phase de repos (fin octobre),**c)** la phase mise en activité (février).**d)** la phase d'activité (mai à juin).

La téstostéronémie élevée chez le Hérisson d'Algérie apparait 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. Cela est prouvée aussi chez le Hérisson d'Europe mâle (Saboureau, 1979; Casting, 1985; El Omari, 1987; Fowler, 1988).

Une activation testiculaire est marquée durant le mois de février, où les animaux peuvent manifester des torpeurs de grande durée. Durant cette période, on a bien noté une augmentation du poids du testicule et une activité spermatogénétique importante.

Lors de la mise au repos du testicule, il existe également une dissociation entre les activités endocrines et exocrine, mais inversement par rapport au phénomène observé lors de la reprise, dès le mois d'octobre, la testostérone est déjà très faible alors que les animaux sont encore capable de se reproduire (Casting, 1985).

La reprise précoce hivernale (au cours de la fin d'hibernation) de l'activité testiculaire parait très souvent la règle chez les hibernants qui à été décrite; chez la marmotte (Courier, 1927; Della et *al.*, 2001), chez le Lérot (Dussart et *al.*, 1973), 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; Casting, 1985; El Omari, 1987; Fowler, 1988).

D'un point de vue adaptatif, cette activation de la fonction testiculaire durant l'hibernation constitue un phénomène remarquable puisque dès la fin de la mauvaise saison, la période de reproduction peut commencer. A partir des observations sur le terrain, Mouhoub Sayah (2009), note que le Hérisson d'Algérie peut se reproduire dès le mois de février ou mars. Mais sous d'autres latitudes, le rut peut être plus tardive, comme c'est le cas chez le Hérisson d'Europe dans l'ouest de la France, il peut se reproduire dès le mois de février ou mars (Saure, 1969) alors qu'en Finland (Suomalainen, 1953); Suède (Jagerskiold, 1958), région baltique (Greve, 1909), Pologne (Skowron et *al.* 1947), Allemagne du Nord (Heck, 1912), la période de reproduction débute en avril-mai et se termine en juillet, les naissances ont lieu en juillet-aout et il n'y a qu'une seul portée par an. En Allemagne du sud (Herter,

1938; Schütz, 1954), Hollande (Hubrecht, 1889), Angleterre (Marschall, 1911; Allanson, 1934), la période de reproduction va de février-mars à septembre et il y a deux portées par an.

De telles observations montrent donc, que les facteurs climatiques sont capables d'intervenir sur la mise au repos des glandes génitales qui peut être plus ou moins précoce selon la latitude.

L'hibernation et la reproduction partagent des mécanismes de contrôle saisonnier. Chez les mammifères, les cycles saisonniers sont contrôlés par la photopériode, c'est-à-dire le rapport de la durée du jour à celle de la nuit. L'information sur la luminosité est transmise par la rétine et analysée par l'hypothalamus qui la convertit, via la glande pinéale, en un pic de production nocturne de mélatonine. Ce mécanisme est indispensable au contrôle de la reproduction, notamment à la production d'hormones (Vignault, 1994).

Le travail qui vient d'être analysé a pour but, l'étude des variations saisonnières de la température corporelle en fonction de la température ambiante au cours de la fin d'hiver et printemps. En complément à cet aspect, nous avons contribué à l'étude de la reproduction chez le Hérisson, par un dosage hormonal (Testostérone) et une approche pondérale, histologique du testicule.

La fin de l'hibernation chez le Hérisson d'Algérie est caractérisée par quelques torpeurs de longues durées [4 à 5 jours) (mars, avril) qui seront remplacées par de nombreuses torpeurs de courte durée à faible amplitude au cours du printemps (mai, juin). Ces torpeurs sont entrecoupées par des réveils, ces derniers sont corrélés avec l'augmentation de la Ta. Les variations du niveau de la Ta influencent directement le niveau de la Tc des animaux et les durées relatives des torpeurs et des euthermies.

L'élévation de la température extérieure qui se produit au début de la matinée, semble être ici, un facteur important pour la mise en route des processus de réchauffement. Toutefois, il est difficile de conclure l'existence d'un seuil.

Les résultats obtenus laissent à penser que l'alternance des phases d'hypothermie et d'euthermie pourrait être contrôlée par le niveau thermique ambiant. Les réveils débutent, en effet, dans la majorité des cas, durant la première partie de la matinée. Il peut donc être envisagé que la température extérieure joue un rôle dans la régulation de la séquence hypothermie-euthermie, mais il est évident que l'intervention, d'autres facteurs (externe ou interne?) est également à retenir. La transition vers la vie active en période printanière, se fait par de nombreuses torpeurs. Le niveau de la Tc reste variable avec le nombre de torpeurs journalières au printemps et qui s'atténuent à la fin de la période printanière. La persistance de ces torpeurs journalières et de l'hétérothermie au printemps, nous amène à se poser des questions en relation avec plusieurs paramètres: condition d'élevage en captivité? Influence de l'alimentation artificielle? Environnement artificiel qui est privé d'une source d'énergie (soleil) permettant à l'animal de se réchauffer? L'ensemble de ces questions peuvent avoir une réponse tout en étudiant l'éthologie combinée à la physiologie de l'espèce dans son milieu naturel.

Le bilan énergétique calculé chez les animaux au cours de cette période d'étude, présente presque une égalité d'énergie entre les dépenses et l'économie. Cette particularité durant la vie active, est probablement le fait des adaptations physiologiques et écologiques qui permettent à l'Hérisson d'aboutir à l'ajustement des mécanismes physiologiques en fonction de son environnement. Au cours de l'étude des variations de la Tc en fonction de la Ta, une

variabilité individuelle est observée entre les animaux, malgré qu'ils se trouvent dans les mêmes conditions d'élevage.

L'étude du fonctionnement testiculaire, montre que la spermatogenèse au cours de la fin de l'hiver et printemps, est fortement stimulé dès la fin d'hibernation, les tubes séminifères augmentent de taille et présentent des signes d'activité très prononcées dès le deuxième mois de l'année (février), de plus en dépit de l'hypothermie et de la forte diminution du métabolisme générale.

Le poids testiculaire chez le Hérisson d'Algérie présente une valeur maximale au printemps (mars). Le taux plasmatique en testostérone présente des valeurs maximales au printemps (mars-avril-juin) et minimales au début de l'hibernation (octobre -novembre). L'acquisition de la faculté d'hiberner n'a donc pas modifier le comportement des structures nerveuses et neuroendocriniennes qui assurent la régulation du déroulement du cycle du fonctionnement testiculaire

A partir de cette étude, des variations pondérales, histologiques et hormonales du testicule chez le Hérisson d'Algérie, montrent que, *Atelerix algirus* a un cycle sexuel caractérisé par un repos automnal, une reprise hivernal et une séquence d'activité maximale printanière.

L'hibernation et la reproduction présentent deux aspects bien distincts, l'un caractérise le repos et l'autre caractérise l'activité de l'animal. Ces deux aspects sont indispensables dans la vie du Hérisson. Ces mécanismes sont manipulés par des facteurs externe tels que; la photopériode, la température ambiante.

En perspective, il serait intéressant d'approfondir les données de l'hibernation sur un effectif d'animaux plus important et en fonction de leur statut (âge, sexe,...), dans leur milieu naturel. Certainement un suivi de la température corporelle au cours de la période estivale pourrait élucider l'estivation chez cet animal vivant dans un environnement subtropical.

-Notre contribution à l'étude de la reproduction à apporter des données préliminaires et partielles, dans ce sens nous souhaiterons que les études sur le fonctionnement testiculaire seront poursuivies pendant un cycle annuel complet .Cela pourrait être possible, en maitrisant d'autres techniques de prélèvement sanguin: Cathétérisme artériel chronique permettant de suivre régulièrement l'évolution de la concentration plasmatique sans perturber les animaux

Des études futures sur la reproduction chez le Hérisson femelle en associant la connaissance des bilans énergétiques (hibernation, gestation, lactation) apporteront sûrement de nouvelles données importantes.

-Des recherches expérimentales, demeurent la seule voie pour illustrer les différents mécanismes neuroendocriniens et métaboliques intervenant, en relation avec les facteurs de l'environnement, dans la régulation de la fonction de reproduction et l'hibernation.

- Agrane S (2001)** - Insectivorie du Hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* (Lerboulet 1842) (Mammalia, Insectivora) en Mitidja Orientale (Alger) et près du lac Ichkeul(Tunisie). Thèse de Magister, Inst.Nat.Agr., El-Harrach, Algérie, Algérie; 198p.
- Alcover J A (2002)** - *Atelerix algirus* (Lereboullet, 1842). In: Atlas delos Mamiferos terrestres deEspaña, (eds) L.J. Palomo & I.J. Gisbert, pp.58–61.Dirección Generalde Conservación de la Naturaleza-SECEM-SECUM, Madrid.
- 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.
- Ambid L, Berges R, Cazaneuve C (1986)** - Seasonal body weight rhythm and circannual endocrino-metabolic cycles in the hibernating ground squirrel(*Citellus tridecemlineatus*). Pp 371-378 in: Assenmacher I& Boissin J (eds) . Endocrine regulations as adaptive mechanisms to the environment. Editions du C.N.R.S.; Paris.
- Ammam M (1987)** – Inventaire de la faune du Djebel El Achch (Saida) en vue d'un aménagement cynégétique. Thèse ing.Agr., El Harrach, 100p.
- Annika Herwik (2007)** - Torpor and timing: Impact of endogenously controlled hypothermia on the circadian system of two hamster species. Thesis Dr. Rer. Nat.univ. of veterinary Medicine Hannover, 137 p
- Anonyme (2006)** – Protection et récupération des escargots. Ed.Ch-1373 Chavornay. 157p.
- Arllette Petter Rousseaux (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.
- Arlt W (2006)** - Androgen Therapy in Women. *Eur J Endocrinol*; **154**(1): 1-11.
- Arnaud Coline (2012)** - Effets de l'environnement social et physique sur l'évolution des comportements de reproduction .Étude chez un mammifère hibernant et un oiseau migrateur. Thèse en spécialité «Évolution, Écologie, Ressources Génétiques, Paléontologie» Université Montpellier 2 .Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive:144p.
- Atanasov AT (2005)** - Allometric relationship between the length of pregnancy and body weight in mammals. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine.* **8**,13-22.
- Aubert A (2001)** - Hérisson, Taupes et Musaraignes : une pépinière d'espèces. *Conf. Inst. Municipal, Angers.* **3**: 1-13p.
- Aubert A (2002)** - Le Hérisson. Cours Univ. Temps libre, Cholet (25 nov.): 1-19p.
- Aulagnier S, Haffner P, Mitchell-Jones A J, Moutou F, Zima J (2008)** - Guide des mammifères d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. Delachaux et Niestlé S.A., Paris.
- Baaziz B (1991)** – Approche biogéographique de la faune de Boughzoul.Régime alimentaire de quelques Vertébrés superieurs .Thèse Ing. Agr., El-Harrach, Algérie, 63p.

- Baouane M (2005)** - Nouvelles techniques d'étude du régime alimentaire du Hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* (*Erinaceidae*, *Mammalia*) aux abords du marais de Réghaia. Thèse de Magister, Inst. Nat. Agr., El-Harrach, Algérie; 208 p.
- Baouane M, Doumandji S et Talab A (2004)** – Contribution à l'étude du régime alimentaire du Hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* (Lereboullet, 1842) (*Mammalia*, *Erinaceidae*) aux abords du marais de Réghaïa. Journée protec. Vég., 15 mars 2004, Dép. Zool. agro. For. Inst. nati. agro., El Harrach, p. 31.
- Barnes B.M and Ritter D (1993)** – Patterns of body temperature change in hibernating Arctic ground Squirrels.in life in cold eds. Carey C.G.L, Florant GL, Wunder B.A , Horwitz B *westview, Boulder C.O.*pp.119-130.
- Baumgart G (1996)** – Le hamster d'Europe (*Cricetus cricetus* L) E en Alsace. Office national de la chasse.Gerstheim – 67.267p.
- Benjoudi D (1995)** – Place des insectes dans le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* Duvernoy et Lereboullet 1842 (*Mammalia*, *Insectivora*) dans la région de Ibouddrarène (Grande Kabylie). Thèse de Magister, Inst.Nat.Agr.,El-Harrach,Algérie; 123p.
- Benjoudi D et Doumandji S (1996)** – Importance des Formicidae en particulier de la fourmi moissonneuse *Messor barbara* Linné 1787 dans l'alimentation du Hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* Duvernoy et Lereboullet à Ibouddrarène (Grande Kabylie). IIème Journnée Ornit., Dép. Zool. Agro.For.Inst . nati. agro. El Harrach, 66 p.
- Benoit Malpaux, Jean-Claude Thiéry, Philippe Chemineau (1999)**- Melatonin and the seasonal control of reproduction, *Repro.Dev.***39**:355-366p.
- Berthoud G (1980)** -Le Hérisson (*Erinaceus europaeus* L.) et la route. *Terre et vie*, **34**:361-372p.
- Berthoud G (1982)** – Contribution à la biologie du Hérisson (*Erinaceus europaeus* L.) et applications à sa protection. Thèse Doc. Sci. Université de Neuchâtel: 250 p.
- Biche M (2003)** – Ecologie du Hérisson du désert *Hemiechinus Aethiopicus*(Ehrenberg, 1833 *Insectivora-Erinaceidae*) dans la réserve de Mergueb(M'sila –Algerie). Thèse de doctorat, Univ. De Liège,Belgique, 140p.
- Bockler H, & Heldmaier G (1983)** - Interaction of shivering and non-shivering thermogenesis during cold exposur in seasonally-acclimatized djungarian hamsters (*Phodopus Sungorus*).*J.Therm. Biol.*, **8**, 97-98.
- Boissonneault C (2006)** - Les animaux exotiques. In www.AnimauxExotique.com.
- Botoni L, Lucini V, Massa R, Vigorita V (1986)** – les plaines d'Europe. Larousse, Paris. 38-41
- Boubet Boris (1996)** - L'hibernation de la Marmotte des Alpes *Marmota marmota*, Thèse de médecine vétérinaire présentée à l'Université Claude Bernard Lyon I: 324p.

- Boulal Y (2008)** – Ecologie trophique du Hérisson de désert b *Parachinus aethiopicus* (Ehrenberg 1833) dans la région de Djamaa (oued Righ) Mém, Ing. Agro,ITAS. Ouargla, 131p.
- Bourlière F (1951)** – Vie et mœurs des Mammifères Payot, Paris: 134-146p.
- Bourbonnais Gilles (2001)** - Le système reproducteur [en ligne]. Cours compensateurs Chapitre 6. Université Laval.1-63 p.
- **Brahmi K (2005)** – Place des insectes dans le régime alimentaire des mammifères dans la montagne de Bouzeguène (Grande Kabylie). Thèse magister, Ins. Nat. Agr. El Harrach, 300p.
- Brochi P (1886)** – Traité de Zoologie agricole. Ed. Baillière J.-B. et Fils, Paris,984p.
- Bronson H F (1988)** – Mammalian reproductive strategies genes, photoperiod and latitude, *Reproduction Nutrition Developpements* **28**,335-347.
- Bronson H F, Heidman P D (1994)** - Seasonal regulation of reproduction in Mammals in the physiology of reproduction 2nd edition, volume 2. P 541-583 (E.Knobil and neil J.D. (eds).New Yorck .Raven.
- Bunnell T (2009)** – Growth rate in early and late litters of the *European hedgehog (Erinaceus europaeus)*. *Lutra* **52**(1):15-22.
- Cabanne F et Bonenfant J L (1980)** – Anatomic Pathologique Principes de pathologie générale et spéciale. Ed.Maloine SA.éditeur Paris 1980.
- Camus L Gley E (1901)** – Sur la variation du poids des hérissons. *C.R.Soc.Biol.,Paris*, **53**, 1019-1020.
- Canguilhem B (1989)** – Extrnal and endogenous control of body weight rhythm in the european hamster, *Cricetus cricetus* . In “Living in the cold”, eds Malan A & Cangulhem B., Les éditions INSERM/John Libbey Eurotext Ltd, p.25-32.
- Castaing L (1985)** - Hibernation et reproduction du herisson. (*Erinaceus europaeus L*) : interrelations et regulation par les facteurs externes. Thèse de doctorat science. Univ. François Rabelais.Tours, France. 123p.
- Chalivoix Stéphanie (2010)** - Transition photopériodique et plasticité neuronale dans l’hypothalamus ovin : aspects neuro-anatomiques et fonctionnels. Thèse Docteur de l’université François – Rabelais:199p.
- **Charnot Yolande (1964)** - Le cycle testiculaire du Dromadaire, bulltin 1964,Tome 44, 3e et 4e trimestre, laboratoire de Physiologie animale, Faculté des Sciences, Rabat) :9p.
- Corbet G B (1978)** - The Mammals of the Palaearctic Region: A Taxonomic Review. British Museum (Natural History), London, U.K.
- Corbet G B (1988)** - The family *Erinaceidae*: a synthesis of its taxonomy, *phylogeny, ecology and zoogeography*. *Mammal Review***18**:117–172.
- Cossins A R, Bowler R K (1987)** – Temperature biology of animals.Chapman and Hall, London.

- Courier R (1927)** - Etude sur le déterminisme de caractères sexuels secondaire chez quelque mammifères a activité sexuelle périodique .*Arch. Biol.* **37**, 173-334.
- Cranford J A (1983)** – Body temperature, heart rate and oxygen consumption of normathermic and heterothermic western jumping mice (*Zapus princeps*). *Comp.Biochem.Physiol. A* **74**:595-599.
- Cristinelli A (2006)** - Torpeur et Hibernation chez les vertébrés Homéothermes, thèse de Doctorat vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort;132p.
- Davis D E (1976)** - Hibernation and circannual rythmes of food consumption in marmots and ground squirrels.*Q.Rev.Biol.* **51**:477-513.
- Dechert (1986)** – Le Hérisson. Cours Univ. Temps libre, Cholet (25 Nov). Pp. 1-19.
- Della Torre G, Demard A, Krier A, Litchinko N (2001)** – Les phénomènes biologique s'exerçant sur la marmotte hibernant.Ed.Quid. 196p.
- Derdoukh W (2006)** - Bioécologie trophique des hérissons *Atelerix algirus et Hemiechinus (Paraechinus) aethiopicus* dans différentes régions en Algérie. Mémoire Mag. agro., Inst. nati. agro. El Harrach, 444 p.
- Dmi'el R, Schwarz M (1984)** – Hibernation patterns and energyexpenditure ih hedgehog from semi-arid and temperate habitats.*J.Comp.Physiol.B. B*, **155**, 117-123.
- Doumandji S, Doumandji A (1992a)** - Note sur le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie (*Erinaceus algirus*) dans la banlieue d'Alger. *Mammalia* **56** :318-321p.
- Doumandji S, Doumandji A (1992b)** - Note sur le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie (*Erinaceus algirus*) dans un parc d'El Harrach (Alger).*Mém.Soc.R.belge Entomol.* **35** :403-406.
- Dussart G, Richoux J-P (1973)** - Régulation de la fonction Génitale chez le lérot. Action des hormones gonadotropes sur les activités monoamine oxydasiques diencéphaliques et sur les glandes génitales durant l'hibernation. *Ann. Endocr. Paris*, **34**, 115-132.
- Elaine Epperson L, James Rose C, Rae Russell L, Mrinalini Nikrad P, Hannah ,Carey, Sandra Martin L (2012)** - Seasonal protein changes support rapid energy production in hibernator brainstem. *Journal of Comparative Physiology B*;**180**(4):599-617p.
- 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. Science. De La Vie . Tours- France. 164p.
- Ellis L C, Palmer R A, Balph D H (1983)** – The reproductive cycle of male Unita ground squirrels: some anatomical and biochemical correlates.*Comp.Biochem.Physiol.A*, **74**, 239-245.
- Felix J (1974)** - Faune d'Europe. Gründ, Paris. 248p.
- Festing M F W (1976)** - Hamsters. In: The UFAW Handbook on the care and Management of Laboratory Animal (5th Ed.). Churchill Livingstone, London, UK.P:248-266p.

- Fowler P A, Racey (1990)** - Seasonal cycles of body temperatures and aspects of heterothermy in the hedgehog, *Erinaceus europaeus*. *J.Comp.Physiol.*; **160**,299-307.
- Fowler P A (1988)** - Thermoregulation in the female hedgehog, *Erinaceus europaeus*, during the breeding season, *J.repro.fert.* **82**:285-292p.
- **French AR (1982)** - Effects of temperature on the duration of arousal episodes during hibernation. *J.Appl.Physiol.:Resp. Environ. Exercice Physiol.* **52**:216-220.
- Frey H (1980)** – Metabolisme énergétique de *Suncus etruscus* (*Soricidae Insectivora*) en torpeur. *Rev.Suisse Zool.* **87**:739-748.
- Gabe M, Agid R, Martoja A, Saint-Girons M C, Saint-Girons M (1963)** - Données histophysiologiques et biochimiques sur l'hibernation et le cycle annuel chez *Elyomys quercinus*. *Arch.Biol., Liège*, **75**, 1-87.
- Gaisler J, Zejda J (1995)** - La grande encyclopédie des Mammifères. Gründ, Paris: 56-57p.
- Geisser F et Baudinette E R V (1990)** – the relation between body mass and rate of rewarming from hibernation and daily torpor in mammals. *J.Exp.Biol.* **151**: 349-359.
- Geiser F (1996)** - Hibernation endotherms. In Geiser F, Hulbert AJ, Nicol SC, editors. *Adaptation to the cold: Tenth International Hibernation Symposium*. Armidale, Australia: University of New England Press: 81-86.f
- Geiser F, Drury R L (2003)** – Passive rewarming from torpor in mammals and birds: Energetic, ecological and evolutionary implications. Pp. 51-62 in: Bares BM & Carrey HV (eds). *Life in the cold: 12th International Hibernation Symposium*. University of Alaska, Fairbanks.
- Geiser F, Goodship N, Pavey C R (2000)** – Was basking important in the evolution of mammalian endothermy. *Naturwissenschaften* **89**:412-414.
- Geiser F, Broome L S (1993)** – The effect of temperature on the pattern of torpor in a marsupial hibernator. *J.Comp. Physiol. [B]* **163**:133-137.
- **Geiser F (2004)** – Metabolic rate and body temperature reduction during hibernation and daily torpor. *Annu.Rev.Physiol.* **66**:239-274.
- Geiser F, Kortner G, Maddocks T A, Brigham M R (2004)** – Torpor in Australian birds. Proceeding, 23th International Ornithological Congress, *Beijing, Acta Zoologica Sinica. In press.*
- Genermont j, Perrin C (2003)** - Pourquoi la nature s'engourdit Graines, Kystes, Hibernation, Gènes au repos Editeur: EDP sciences:328p.
- Germain Marie-Sofie (2008)** – Les Hérissons, De Vecchi. 118p.
- Giroud Sylvain (2008)** - Différences saisonnières des mécanismes d'économie d'énergie, d'une Primate Malgache hétérotherme : le Microcèbe, Thèse de Doctorat, Univ. Louis Pasteur Strasbourg:179p.

- Graham E, Graham A (1992)** - Metabolism and behavior of wintering common map turtles, *Graptemys geographic*, in Vermont. *Cdn.Field Nat.* **106**(4):517-519.
- Grasse P (1955)** – Traité de zoologie. Mammifères. Ed. Masson et Cie, Paris, T.XVII, pp. 1174 - 2300.
- Greve K S (1909)** - Säugetiere Kur-liv-Estlands. Riga.In:“ L. Saure, 1969 ”.
- Gubbels Remb, Van Gelder JJ, Lenderes A (1989)** – Thermotelemetric study on the hibernation of the common hamster, *Cricetus cricetus* (Linnaeus 1758), under natural conditions. *Bijdragen tot de Dierkunde* **59**:27-31.
- Guyard A (1971)** – Etude de la différenciation de l’ovotestis et des facteurs contrôlant l’orientation sexuelle des gonocytes de l’escargot *Hélix asperca* Muller. Thèse d’état .Univer. France.190p.
- Gwinner E (1986)** – Circannual rhythmus in the control of avian migration.*Adv.Stud.Bchav.* **16**:191-228.
- Hall V, Goldman B (1982)** – Effects of gonadal steroid hormones on hibernation in the turkish hamster (*Mesocricetus brandti*).*J.Comp.Physiol.* **135**:107-114.
- Hamadache T A (1997)** – Biométrie cranienne et etude du régime alimentaire du Hérisson désert *Hemiechinus (Paraechinus) aethopicus* (Ehrenberg, 1983) dans la réserve naturelle de Mergueb. Thèse Ing.Agr.; Inst. Nat. Agr.; El Harrach, Algerie, 62p.
- Hanak V, Mazak V (1979)** - Encyclopédie des animaux du monde entier. Gründ, Paris : 59-61p.
- Harbi E (1991)** – Répartition des Mammifères d’Algerie.Mémoire Ing.Agr., Inst, Nat. Agr., El-Harrach, Algerie, 97p.
- Heck L (1912)** - Die Säugetiere , I.Brehms Tierleben, Leipzig. In: “ L. Saure, 1969 ”.
- Heim de Balsac H, Bourliere F (1955)** - [Ordre des Insectivores] Systématique, in Grassé (P.P.), Traité de zoologie. Masson, Paris XVII (II): 1667-1674p.
- Heldmaier G, Klingenspor M, Wemeyer M, Lampi BJ, Brook S SPJ, Storey KB (1999)** - Metabolic adjustments during daily torpor in the Djungarian hamster *Am. J. Physiol.* **276**: 896-906p.
- Heldmaier G, Brockler H , Buchberger A, Lynch G R, Puchalski, Steinlechner S, Wiesinger H (1985)** – Seasonal acclimation and thermogenesis. In “circulation, Respiration and metabolism. Eds Gilles R., *Spring-Verlag, Berlin, p.* 490-501.
- Heller H C (1988)** – Sleep and hypometabolism. *Can.J.Zool.* **66**:61-69.
- Herter K (1938)** – Biologie der europäischen Igel.Monogr.Wildsäugetiere, 5. Leipzig; 222p.
- Hubert P (2008)** - Effet de l’urbanisation sur une population de l’Hérissons européens (*Erinaceus europaeus*).Doctorat de l’université de Reims Champagne-Ardenne:124p.
- Hubrecht (1889)** - *Quart.J.Micr.Sci.*, 30, 283(in: “Deanesly, 1934, Phil.Trans.Roy.Soc., London).

- Idioma Bot, Siebot, Pierre (2007)** - Licence de documentation libre GNU:/Hérisson-wikipédia_Fichiers/Hibernation wikipédia_Hébernation-Wikipédia.htm.
- Jagerskiold L A (1958)** – Högre ryggradsjur. In “L. Saure, 1969”.
- Jarry G, Coll (1989)** – Guide des animaux des champs et des bois. Sélection dureader’s digest, Paris: 120-125p.
- Jourd P (2008)** - Le hérisson d’Europe.éd. Delachaux et Niestle 207p.
- Khaldi Mourad, Jordi Torres, Berta Samsó, Jordi Miquel, Mohamed Biche, Meryam Benyettou, Ghania Barech, Hadj Aissa Benelkadi, Alexis Ribas (2011)** - Endoparasites (Helminths and Coccidians) in the Hedgehogs *Atelerix algirus* and *Paraechinus aethiopicus* from Algeria *African Zoology* **47(1)**:48-54p.
- Kilduff TS, Heller HC, Licht P, Dark J, Zucker I (1989)** - Suprachiasmatic influence hibernation rhythms of golden-mantled ground squirrels. *Brain Res.* **509**: 111-128p.
- Kolmlmann M (1911)** – Remarques sur les Hérissons de l’Ile de Djerba (Tunisie). *Bull. Mus. hist. natu., Paris*, **15**: 400 – 401.
- Kock D (1980)** – Distribution of hedgehogs in Tunisia corrected. *African small mammals Newsletter*, (5): 1 – 12.
- Kornter G, Geiser F (2000)** – The tomporal organisation of daily torpor and hibernation: circadian and circannual rythms . *Review chronobiology International* **17**:103-128.
- Kowalski K, Rzebik-Kowalska B (1991)** - Mammals of Algeria. Editions of Polish. Acad. Sci., Inst.Sust. And Evol.Anim.Wroclow.Warszawa.Krakow, 352 p.
- Krabe V (1978)** – Seasonal changes in microscopical structure of the vesicular gland and the prostate in *Glis glis*, (*Cliridae, rodentia*). *Zoologicke Listy*, **19**, 249-260.
- Kristofferssone R, Soivio (1964)** – A comparative long-term study of hebernation in finish and german hedgedogs in a constant ambient temperature. *Ann Acad Sci. Fenn.Sertiv*; 22p.
- Landes E (1997)** - Überprüfung kommerzieller Igelfutter auf ihre Eignung (Akzeptanz,Verdaulichkeit, Nährstoffzusammensetzung), *Tierärztl Prax* **25**, 178-18.
- Leprivey F (1996)** - Etude préliminaire des parametre hématologique du Hérisson d’Europe. (*Erinaceus europaeus*) thèse.Méd.Vét. Nantes n°89, 56p.
- Libois R M, Rosoux R (1982)** - Le Hamster commun (*Cricetus cricetus L*) en Belgique;Statut actuel et ancien des populations ,*Annls Soc.r.zool.Belg.-T112*-fasc.2-Bruxelles : 227-236p.
- Lionel Schlliger,Aline Tyrbin (2007)** - Pathologie induite par l’hibernation. *Manouria* **10(34)**-27.
- Lison L (1960)** – Histochimie et cytochimie animales principes et méthode vol.I. Ed.Gauthier-Villons, Paris.

- Lovegrove B G, Kortner G, Geiser F (1998)** - The energetic cost of arousal from torpor in the marsupial *Sminthopsis macroura*: benefits of summer ambient temperature cycles. *J.Comp.Physiol.B.* **169**:11-18.
- Lyman C P, Willis JS, Malan A, Wang L C H (1982)** – Hibernation and torpor In the mammals and birds. *Physiological Ecology*, Academic Press, New York.
- Lynch, Raphael, Mellor, Spare, Inwood (1976)** - Techniques de laboratoire medical et pathologie Clinique tome 2. Maloine s.a.editeur-Paris.
- Macdonald D, Barrett P (1995)** – Guide complet des Mammifères de France et d'Europe. Delachaux et Niestlé. Lausanne, Paris: 22-25.
- Malan A (2007)** – Sommeil d'hiver, pour la science, n°**352** février 2007. 56:63.
- Martoja R, Marotoja M (1967)** – Initiation aux techniques de l'histologie animale Masson et Cie .Paris.
- Marchal, F H A (1911)** –The male generative cycle in the hedgehog; with experimemnts on the fonctionnal correlation between the essential and accessory sexual organs. *J.Physiol.*, London, **43**, 247-259.
- Marianne, Danièle, Marie Verry (2012)** - Les cheminements du hérisson d'Europe, *Erinaceus europaeus* dans deux quartiers de la ville de Nantes., These de docteur viterinaire, Ecole na-vet. Agro.alin.et de l'alimentation Nantes Atlantique- ONIRIS. 141p
- Mateo J A (2007)** - Lagarto ocelado .Timon Lepidus (Daudin 802). In : carrascal.L.M .Salvadors, A, (eds), encyclopedia virtual de los vertebrados Espanoles.Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. Site internet. – <http://www.vertebradosibericos.org>
- Mennessier Katy (2013)** - Mode de vie et alimentation du Hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*), Thèse de doctorat en vétérinaire, Ecole National Vétérinaire de Toulouse- ENVT 83p.
- Michel C (2001)** –Utilisation du mollusque Gastéropode terrestre Hélix aspersaa et aquatique *lymnaea polustris* comme indicateurs de pollution par des elt metalique et xenoboitique. These.Doc. 280p.
- Michel J (1994)** -Phylogenèse des états de sommeil, Acta psychiat. Belg. 256-267p.
- Mimoun K (2006)** - Insectivorie du Hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* (Lereboullet, 1842) dans la foret de Beni Ghorbi(Tizi Ouzou). Thèse Magister, Inst. Nat. Agr., El-Harrach, Algérie, 175p.
- Mimoun K et Doumandji S (2007)** – Place des insectes dans le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* (Lereboullet, 1842) dans la forêt de Beni Ghobri (Tizi-Ouzou). Journées Inter. Zool. agri. For , 8p.
- Mitchell jones AJ, Amori G, Bogdanoxicz W, K Rytufek B, Reijnders PJH ,Spitzenberger F, Stubbe M, Thissen JBM, Vohralik V, Zima J (1999)** - Atlas of *European Mammals*. Academic Press, London.

- Moran S, Turner P D, O'Reilly C (2009)** –Multiple paternity in the European hedgehog. *Journal of Zoology*- 278:349.
- Morgane, Hélène, Annick Andrien (2012)** - Le Hérisson d'Europe *Erinaceus europaeus*, Indicateur de la biodiversité en ville de Nante (44)-Etude parasitologiques et Toxicologiques, Thèse de docteur vétérinaire. Ecole National Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'alimentation Nantes Atlantique- O N I R I S . 86 p.
- Morin R (2008)** – Élevage de la Grenouille. Document d'information DADD-10- ministre de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. 9p. [http://: www.mapaq.yowv.qc.ca/fr](http://www.mapaq.yowv.qc.ca/fr) .
- Morris P, Berthoud G (1987)** –La vie du hérisson. Editions Delachaux & Niestlé, Paris. 127p.
- Morris P (1984)** –An estimate of the minimum body weight necessary for hedgehogs (*Erinaceus europaeus*) to survive hibernation.*J.Zool.* (London). **203**:291-294.
- Mouhoub Sayah C (2009)** - Ecologie 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 science Agronomiques. Alger, 180p.
- Montoya R, Ambid L (1979)** - Torpor induced at any season by suppression of food proteins in a hibernator, the garden dormouse (*Eliomys quercinus* L.). *Comp.Biochem.Physiol.A* **62**:371-376.
- Mrosovsky N (1980)** - Circannual cycles in golden_mantled ground squirrels: experiment with food deprivation and effects of temperature on periodicity.*J.Comp.Physiol.* **136**:355-360.
- Mrosovsky N (1986)** – Cyclical obesity in hibernation. The search for adjustable regulator. In « Recente advances in obesity resarch, vol. 4». Eds, Hirsch J et Van Itallie T B. Libbey , London, Pp. 45-56.
- Mrosovsky N, Barnes D S (1974)** – Anorexia, food deprivation and hibernation.*Physiology and Behavior*, 12, 265-270.
- Newman H H (1906)** – The Habits of certain tortoises.*j.comp.Neur.Physiol.*pp. **16**- 152.
- Oklejewicz M, Dean S, Strijkstra A.M (2001)** – Temporal organization of hibernation in wild-type and tau mutant Syrian hamsters- *J.comp.Physiol B.* **171**: 431-439.
- Ortmann S (2000)** - Regulation of body temperature and energy requirements of hibernating Alpine marmots (*Marmota marmota*). *Am. J. Physiol.*, **279**: R698-R704.
- Passing H, Bablok W, Bender R, et al (1988)** - A General Regression Procedure for Method Transformation. *J Clin Chem Clin Biochem Nov*; **26**(11):783-790.
- Pevet P, Marron M-Pevet, Vivien B-Roels, Buijs R M (1987)** – Pinéale et Reproduction saisonnière chez le hamster d'Europe (*Cricetus cricetus*). *Path.Biol.* **35**, n8, 1141-1142.
- Rahmani S (1998)** – Contribution a l'étude du régime alimentaire du Hérisson du désert *Hemiechinus (Paraechinus) aethopicus* Ehrenberg1833 dans la réserve naturelle de Mergueb (M'sila Algérie). Thèse Ing .Agr., El-Harrach, Algerie, 50p.
- Reeve N J (1994)** - Hedgehog.T. et A.D.Poyser (ed). London, 313p.

- **Reeve N J, Huijser MP (1999)** - Mortality factors affecting wild hedgehogs: a study of records from wildlife rescue centre. *Lutra* 42:7-24.
- **Reichholf, Esser (1981)** – Daten Zur mortalitat des Igels (*Erinaceus europaeus*) verursacht durch den Strassenverkehr. *Zeitschrift fuer Säugetierkunde* 46:2 16-22.
- **Rezgoune née Chellat Djalila (2007)** - Analyse cytogénétiques des anomalies chromosomiques des Hommes infertiles, Thèse de Magister de l'Université de Mentouri Constantine: 96p.
- **Rode P, Didier R (1946)** - Atlas des Mammifères de France. N. Boubée, Paris. ; 14-17p.
- **Rosner W, Auchus R J, Azzis R (2007)** –Position Statement: utility, Limitations, and Pitfalls in Measuring Testosterone: *An Endocrine Society Position Statement. J Clin Endocrinol Metab* ; 92(2):404-413.
- **Rubenstein Jonathan, Robert E Brannigan (2005)** - Infertility, Male. section 1-11.
- **Saboureau M (1979)** –cycle annuel du fonctionnement testiculaire du hérisson. (*Erinaceus europaeus L.*) . Thèse de doctorat .Université François-Rabelais de Tours; 198p.
- **Saboureau M, Dutourné B (1981)** - The reproductive cycle in the male hedgehog (*Erinaceus europaeus L.*) study of endocrine and exocrine testicular function. *Reprod.Nutri.Devlopp.* 21(1);109-126p.
- **Saboureau M (1992)**. – Rôle de la photopériode et de la glande pinéale dans la régulation de la reproduction chez un mammifère hibernant: le Hérisson. *Bull.Soc.Ecophysiol.* XVI(1-2). 39-52.
- **Saboureau M, Vignault MP, Ducamp J J (1991)** - L'hibernation chez le Hérisson (*Erinaceus europaeus L.*) dans son environnement naturel: étude par biotéléométrie des variations de la température corporelle. *C.R.Acad.Sci.Paris* 313:93-100.
- **Saboureau M, Boissin J (1983)** – Endocrine cycles and hibernation in the hedgehog: mechanisms of adaptation to natural variations in the environment. Pp 203-233 in: N.S.Margaris; M.Arianoutsou-Faraggitaki & R.J.Reiter (eds). *Plant, animal, and microbial adaptations to terrestrial environment*. Plenum Publishing Corporation.
- **Saboureau M, Castaing L, (1986)** - Hibernation and reproduction in the female hedgehog. Pp 191-200 in: Assenmacher I & Boissin J (eds). *Endocrine regulations as adaptive mechanisms to the environment*. Editions du C.N.R.S. Paris.
- **Sahraoui Brahim K (1984)** – Les mammifères terrestres d'Algérie au musée de Maeght d'Oran et zoogéographie des mammifères terrestres d'Algérie. DES. Inst.Bio. Sci.Terr, Uni. Oran, 75.
- **Saint-Girans M C (1973)** – Les Mammifères de France et du Bénilux (France marine exceptée). Edition Doin, Paris, 481p.
- **Saure L (1969)** – Histological studies on the sexual cycle of the male hedgehog (*Erinaceus europaeus L.*) . *Aquilo, Helsinki, Ser.Zool.* 101, 84-94.
- **Sayah C (1988)** – Comparaison faunistique entre quatre stations dans le parc national du Djurdjura (Tikdja). Thèse Ing. Agro. Inst.Nati. Agro. El Harrach, 130p.

- Sayah C (1996)** – Place des insectes dans le régime alimentaire du Hérisson d’Algérie, *Erinaceus algirus* duvernoy et Iereboullet; 1842(Mammalia, Insectivora) dans le parc national du Djurdjura (Tikjda). Thèse Magister Agro.Inst.Nati.Agro., El-Harrach; 340p.
- Sellami M, Belkacemi H , Sellami S (1989)** – Premier inventaire des mammifères de la réserve naturelle de Mergued (M’Sila, Algérie). *Mammalia*, T. **53** (1): pp. 116-119.
- Seninet M L (1996)** – *Données préliminaires sur l’alimentation du Hérisson du désert Paraechinus aethiopicus en milieu steppique*. Mémoire Ing. agro. Inst. nati., agro., El Harrach, 71 p.
- Schmid J (1996)** - Oxygen consumption and torpor in mouse lemurs(*Microcebus murinus* and *M.myoxinus*): Preliminary results of study in western Madagascar.Pp.47-54 in:Geiser F, Hulbert AJ & New England Press, Armidale.
- Schutz H (1954)** - Das Verhalten des hodens und nebenhodens beim Igel (*Erinac. Europ. Et rom L.*) während des oestrus.*Anat.A*, **101**, 84-94.
- Schwamberger K (1972)** - Bunte Welte der Tiere. Die einheimischen Säugetiere. Kosmos. Franckh’sche Verlagshandlung. Stuttgart. 10-11.
- Siffroi J P (2001)** - La spermatogenèse [en ligne]. Service d’Histologie. Biologie de la Reproduction et Cytogénétique, Hôpital Tenon b.1-57p.
- Siffroi J P (2003)** - Origines géniques et chromosomiques des anomalies de la spermatogenèse: aspects cliniques et rapports avec les modèles animaux. *Gynécologie Obstétrique & Fertilité* **31**;504–515p.
- Skowron S, Zajaczek S (1947)** – Modifications histologiques des glandes endocrines durant le cycle annuel chez le Hérisson C.R.*Soc.Biol.*, **141**, 1105-1107.
- Soivio A, Tahti H, Kristofferson R (1968)** – Studies on the periodicity of hibernation in the hedgehog (*Erinaceus europaeus L.*). III Hibernation in constant ambient temperature of 5°C.*Ann.Zool.Fenn.* **5**:224-226.
- Storch V, Welsch U (1997)** - Systematische Zoologie. Gustav Fischer, Iéna : 692-693p
- Suomalainen P(1953)** – Untta talvikoroksen fysiologiasta. *Suomalainen tiedeakatemia Esiteimät ja pöytäkirjat*, Pp. 138-149.
- Suomalainen P, Saarikosky PL (1971)** – Studies on the physiology of the hibernating hedgehog. 14. Serum free fatty acid, glycerol and total lipid concentrations at different times of the year and of the hibernating cycle.*Ann.Acad.Sci.Fenn., IV Biol.* **184**:1-6.
- Superina M, Boily P (2007)** – Hibernation and daily torpor in an armadillo, the pichi (*Zaedyus Pichy*) .*Comparative Biochemistry and physiology A* **148**:983-898.
- Talmat N, Daoudi-Hacini S et Doumandji S (2004)** – Place des insectes dans le régime alimentaire du Hérisson d’Algérie *Atelerix algirus* dans la région de Tizirt en Grande Kabylie (Tizi Ouzou). Journée Protec. Vég., 15 mars 2004, Dép. Zool.agro. for., Inst. nati. agro., El Harrach, p. 64
- Thienpont L M, Franzini C, Kratochvila J (1995)** – Analytical quality specifications for reference methods and operating specifications for networks of reference laboratories.

Recommendations of the European EQA-Organizers Working Group B. *Eur J Clin Chem and Clin Biochem*; **33**:949-957.

-**Thonnerieux M, Guerrier D, Michele Vigier, H elene Pellet (1977)** - Transformation de la graisse brune en graisse blanche. Arguments morphologiques et fonctionnels (comportement vis-à-vis des corticosteroïdes au cours d'une agression), *Ann.Biol.anim.Bioch.Bbiophys*, **17(5B)**:765-774p.

-**Tournier Benjamin (2006)** - Rôle des gènes horloges dans la traduction biologique de la photopériode par les Noyaux Supra chiasmaticques et la Pars tuberalis des mammifères. Thèse de l'université Louis Pasteur, Faculté des Sciences de la Vie – Strasbourg: 291p.

-**Tritschler Laurent (2006)** - Comprendre le fonctionnement de l'horloge circadienne par l'étude de trois de ses sorties : les rythmes de sécrétion de mélatonine et de corticostérone, et le rythme d'activité locomotrice. L'université Louis Pasteur de Strasbourg: 140p

-**Twente J W, Twente J A (1965)** - Regulation of hibernation periods by temperature. Proceeding of the National Academy of Science of the United States of America **54**:105:1058-1061.

-**Vacheret N (1999)** - Histologie fonctionnelle des organes [en ligne]. Faculté de Médecine. Laennec. -Université Claude Bernard - Lyon 1 France: 1-4p.

-**Vand der Colf W J ,R J Van Aarde (1992)** – Seasonal changes in plasma testosterone levels in the male South African hedgehog (*Atelerix frontalis*). *S.Afr.J.Zool.***27(1)**. 3p.

-**Vignault Marie-Paule (1994)** – Gestion des réserves au cours du cycle annuel chez un animal hibernant, le Hérisson (*Erinaceus europaeus L.*) Thèse de doctorat de science de la vie , Université François Rabelais de Tours; 210p.

-**Vignault M P, Saboureau M (1993)** – Rythmes d'activité chez le Hérisson au cours de l'hibernation. *Rev.Ecol. (Terre vie)* **48**:109-119.

-**Wang L C H, Hudson JW (1971)** – Temperature regulation in normothermic and hibernating eastern chipmunk, *Tamias Striatus*. *Comp.Biochem.Physiol. A* **38**:59-90.

-**Wang L C H (1973)** - Radiotelemetric study of hibernation under natural and laboratory conditions. *Amer.J.Physiol.* **224**: 673-677.

-**Warnecke L, Turner JM, Geiser F (2008)** - Torpor and basking in a small arid zone marsupial. *Naturwissenschaften* **95**:73-78.

-**Wit L C, Twente J W (1983)** – Metabolic responses of hibernating golden mantled ground squirrels *Citellus lateralis* to lowered environmental temperatures. *Comparative Biochemistry and Physiology* **74A**:823-827.

-**Wu AHB (2006)** - Tietz Clinical Guide to Laboratory Tests. 4^e edition, WB Saunders Co, 1010 pp.

-**Wunnenberg W, Kuhnen G, Laschefski-Seviens R (1986)** - CNS, regulation of body temperature in hibernators' and non hibernators. Pp. 185-192 in: Heller HC, Mussachia XJ& Wang LCH (eds). Living in the cold: Physiological and Biochemical Adaptation. Elsevier, New York.-

ANNEXE 1

Animal n° 6	Animal n° 3	Animal n° 4
-Capturé: 01/01/2013	-Capturé: 30/09/2013	-Capturé: 11/10/2012
-Sexe: ♂ adulte	-Sexe: ♀ adulte	-Sexe: ♂ adulte
-P: 580 g	-P: 523 g	-P: 552 g
-P+E: 588 g	-P+E: 540 g	-P+E: 556g
-M oreille: 906, Rouge	-M oreille: 504 Rouge	-M oreille: 904 Marron
-N=°: E: 1-2	-E: 5-6	-E: 7-8
-Implanté: 20/02/2013	-Implanté: 21/02/2013	-Implanté: 01/03/2013
-Provenance: Sétif	-Provenance: Sétif	-Provenance: Sétif
-Mort: 14/04/2013	-Mort: 03/07/2013	-Mort: 04/06/2013
-Elevage: Cage	-Elevage: parc du labo	-Elevage: parc du labo
-N=° de série:	-N=° de série:	- N=° de série:
*1FF 88041	*11FBB941	*1FFC9941
*1FF97841	*201F0441	*1FF95D41

P: Poids de l'animal

E: Emetteur

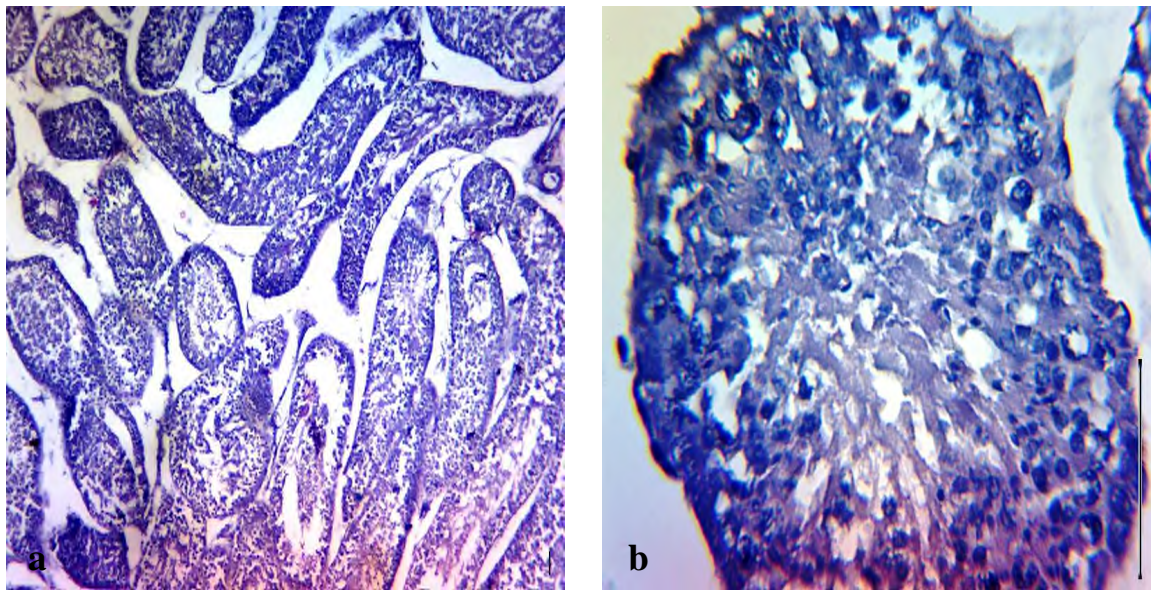
Fiches techniques des animaux implantés

ANNEXE 2

- 01 –Xylène.....15min pour déparaffiner.
- 02- Xylène..... 15min.
- 03 –Xylène.....15min.
- 04 –Alcool 100%.....01min passage.
- 05 –Alcool 100%.....01 min passage.
- 06 –Alcool100%.....01min passage.
- 07 –Eau.....01min blanchissement
- (Faire disparaître la couleur jaune des lames).
- 08 -Hemalun Hematoxyline de HARRIS.....30 second
- 09-Eau.....30second
- 10-Eosine.....03min
- 11-Eau.....01min
- 12-Eau.....01min
- 13-Alcool.....01min
- 14-Alcool.....01min
- 15-Alcool.....01min
- 16-Xylène.....01min
- 17-Xylène.....02min
- 18-Xylène.....10min

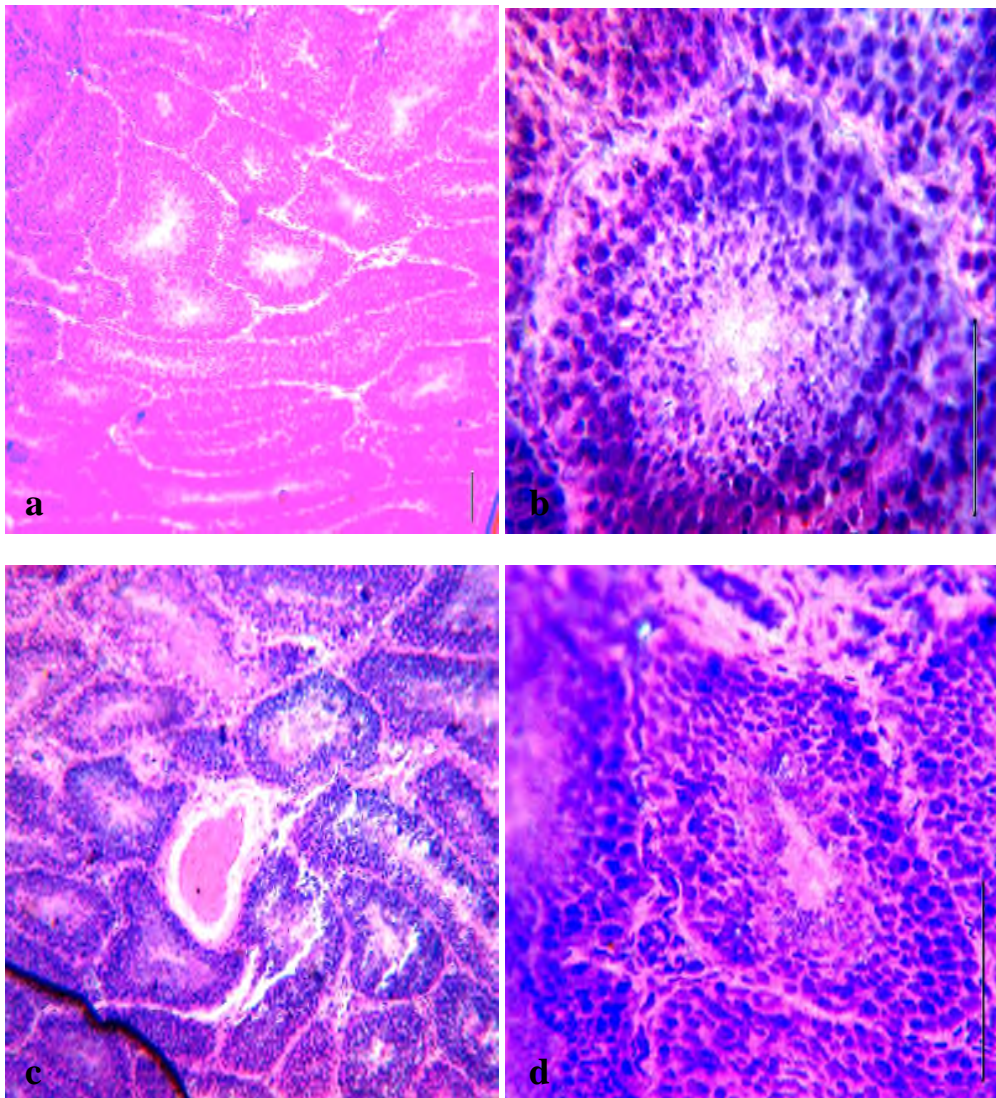
Coloration «H E» «Hemalun-Eosine»

ANNEXE 3



Structure histologique des gonades en période d'activité chez l'animal A10 (juin) (a [Gx4], b[Gx40]) Tube séminifère.

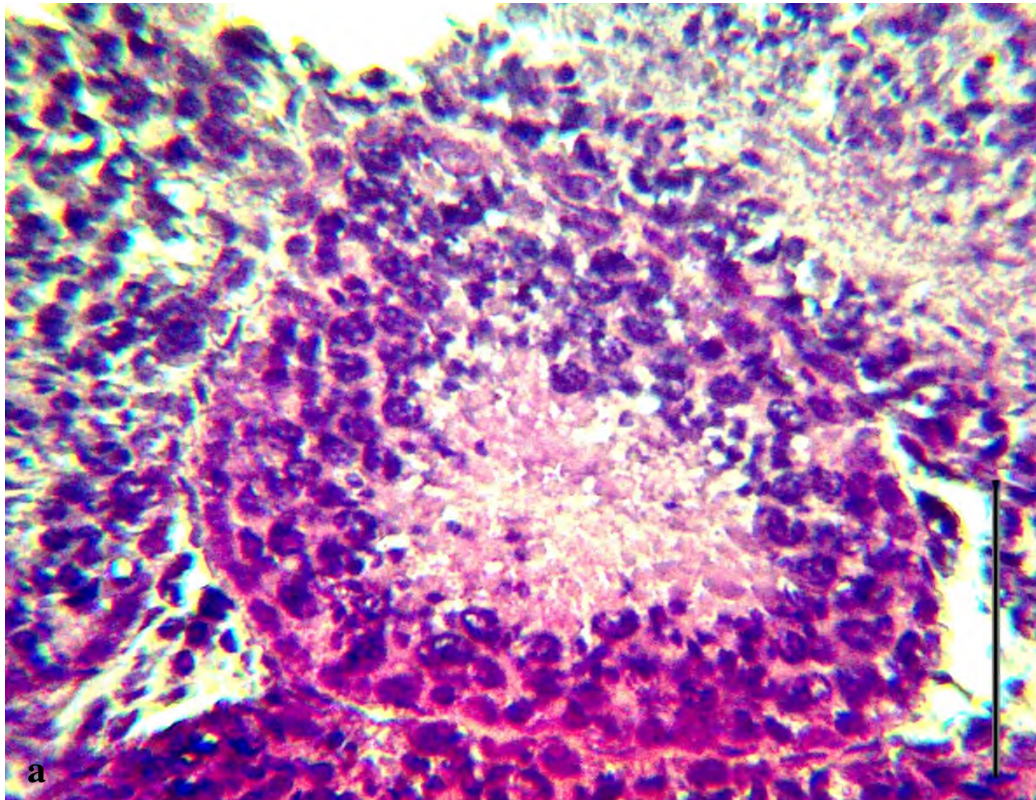
ANNEXE 4



Structure histologique des gonades en période d'activité chez l'animal

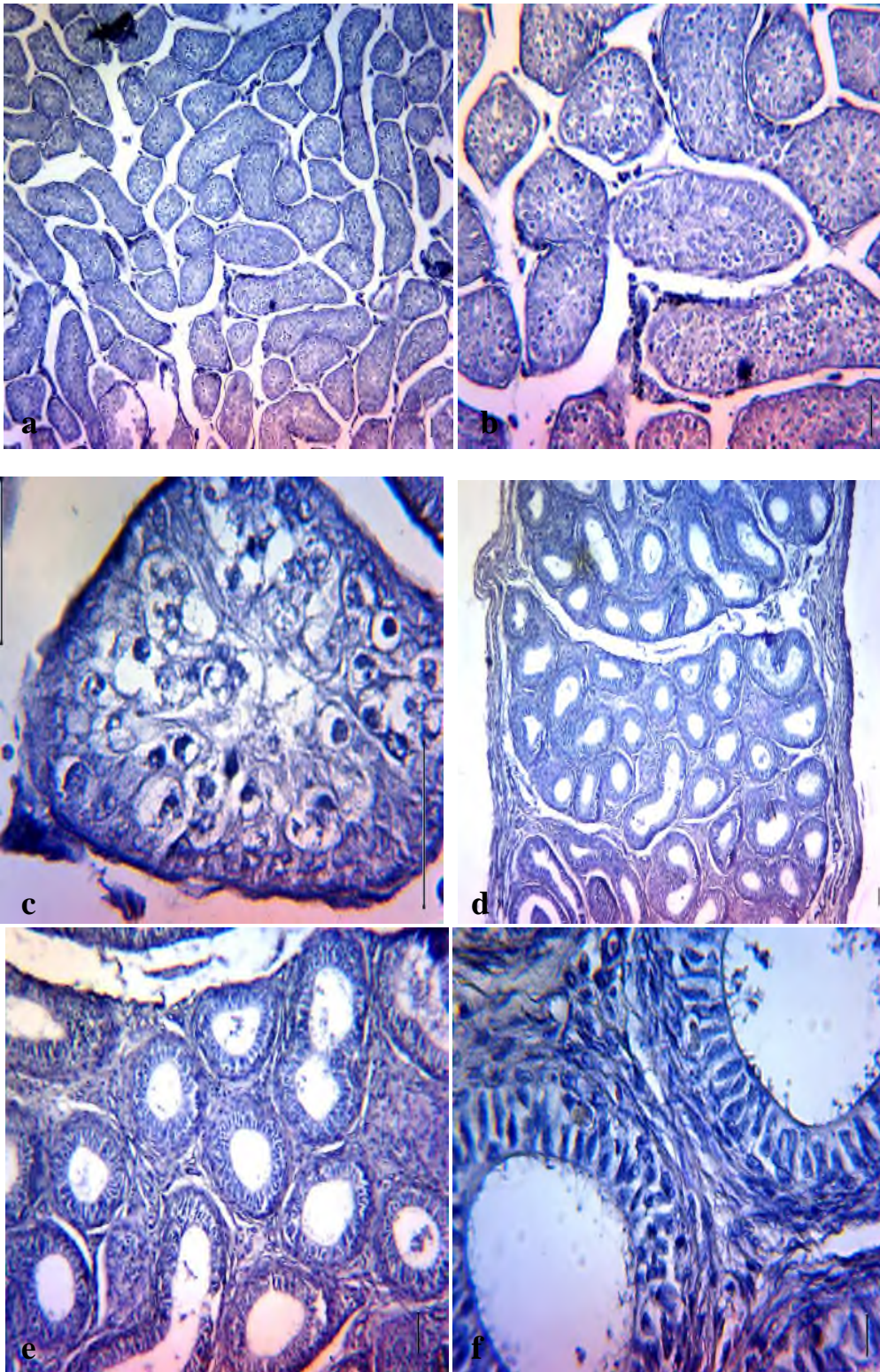
A12 (juin) (a[Gx10], b[Gx40], c[Gx10], d[Gx40]) tube séminifère .

ANNEXE 5



**Structure histologique des gonades en période d'activité chez l'animal A 11
(Juin) (tube séminifère)(x 40)**

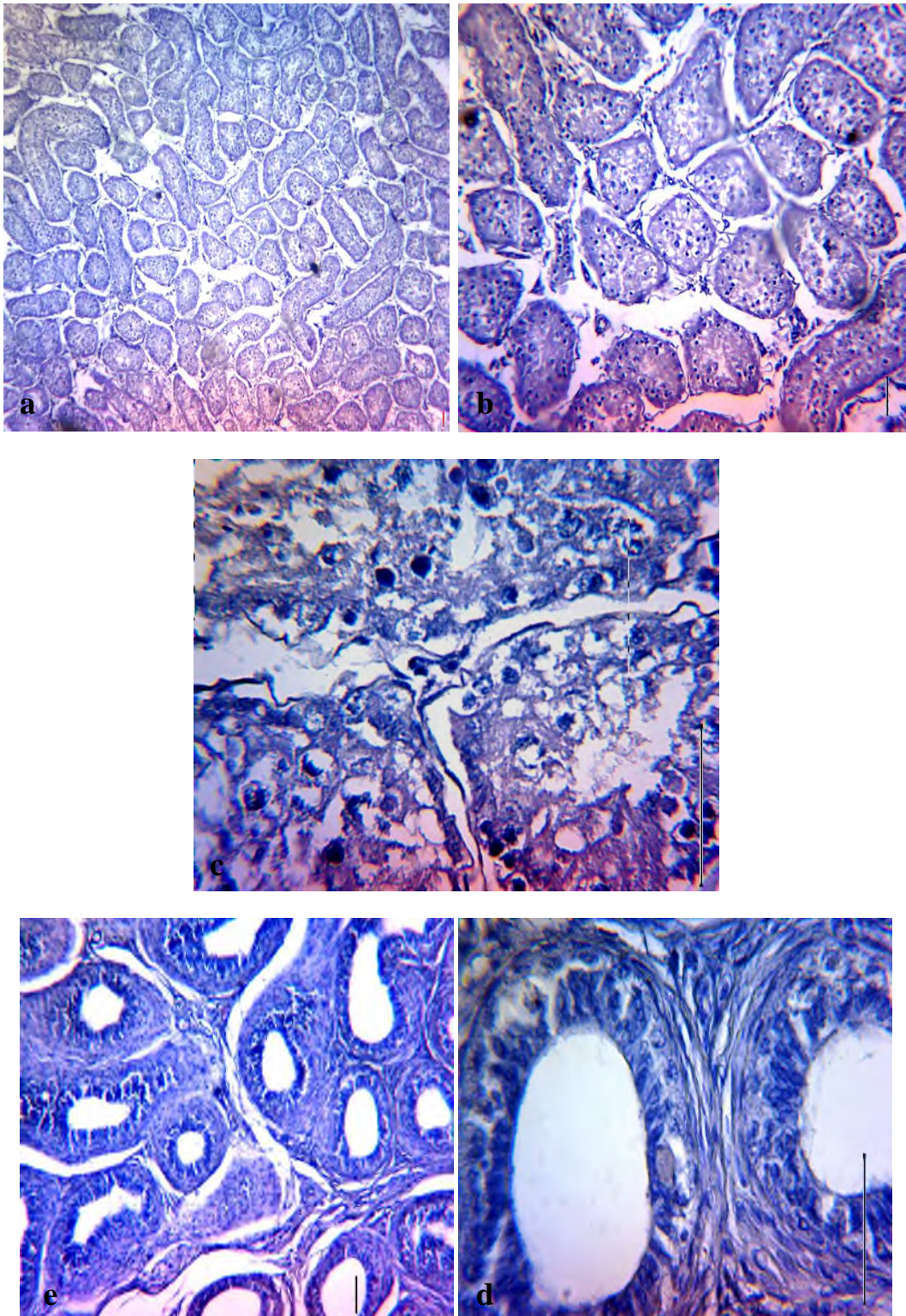
ANNEXE 6



Structure histologique des gonades en période de mise au repos chez l'animal A22 (début octobre) (a[Gx4], b[Gx10], c[Gx40]) Tube séminifère;

(d[Gx4], e[Gx10], f[Gx40]) Epididyme.

ANNEXE 7



Structure histologique des gonades en période de mise au repos chez l'animal A18 (début octobre) (a[Gx4], b[Gx10], c[Gx40]) Tube séminifère;

(d[Gx4], e[Gx10]) Epididyme.

RESUME

Le travail qui vient d'être analysé à pour but, l'étude des variations saisonnières de la température corporelle en fonction de la température ambiante au cours de la fin d'hiver et printemps. En complément à cet aspect, nous avons contribué à l'étude de la reproduction chez le Hérisson par un dosage hormonal (Testosterone) et une approche pondérale, histologique du testicule.

Afin de suivre l'évolution de la température corporelle (Tc) du Hérisson d'Algérie au cours de cette période d'étude, sans perturbation, nous avons utilisé des "temperature loggers" ou systèmes iButton (Dallas Maxim Integrated Products, UK). Les émetteurs sont implantés dans la cavité abdominale des animaux anesthésiés. L'étude est réalisée en environnement semi-naturel (au niveau de l'animalerie de l'université de Bejaia).

Au cours de cette période d'étude, l'alternance des phases de torpeur ($T_c < 33^\circ\text{C}$) et des phases d'euthermie ($T_c > 33^\circ\text{C}$) est marquée par: quelques torpeurs de longues durées (2 à 5 jours) avec une grande amplitude [$T_c \text{ min: } 9.6-10.3^\circ\text{C}$] proche des $T_a \text{ min}$] observées en fin février-début avril et par de nombreuses torpeurs journalières de courte durée ($< 24\text{h}$) avec une faible amplitude sont constatées en mi-avril, mai et juin qui caractérise la sortie de l'hibernation.

L'étude du fonctionnement testiculaire, montre que la spermatogenèse au cours de la fin de l'hiver et printemps, est fortement stimulé dès la fin d'hibernation, les tubes séminifères augmentent de taille et présentent des signes d'activité très prononcées dès le deuxième mois de l'année (février).

Le poids testiculaire et le taux plasmatique en testostérone chez le Hérisson d'Algérie présentent des valeurs maximales au printemps et des valeurs minimales au début de l'hibernation (octobre -novembre). L'acquisition de la faculté d'hiberner n'a donc pas modifier le comportement des structures nerveuses et neuroendocriniennes qui assurent la régulation du déroulement du cycle du fonctionnement testiculaire.

A partir de cette étude, des variations pondérales, histologiques et hormonales du testicule chez le Hérisson d'Algérie, montrent que, *Aterixaligus* a un cycle sexuel caractérisé par un repos automnal, une reprise hivernal et une séquence d'activité maximale printanière.

L'hibernation et la reproduction présentent deux aspects bien distincts, l'un caractérise le repos et l'autre caractérise l'activité de l'animal. Ces deux aspects sont indispensables dans la vie du Hérisson. Ces mécanismes sont manipulés par des facteurs externe tels que; la photopériode, la température ambiante.

The work that has been analyzed goal, the study of seasonal variations in body temperature according to the ambient temperature during the late winter and spring. In addition to this, we have contributed to the study of reproduction in the Hedgehog by hormonal assay (Testosterone) and weight, testicular histological approach. To monitor body temperature (Tc) of the Hedgehog Algeria during the study period, without disturbance, we used "temperature loggers" or iButton (Dallas Maxim Integrated Products, UK) systems. Transmitters implanted in the abdominal cavity of anesthetized animals. The study was conducted in a semi-natural environment (at the animal house of the University of Bejaia).

without disturbance, we used "temperature loggers" or iButton systems (Dallas Maxim Integrated Products, UK). Transmitters implanted in the abdominal cavity of anesthetized animals. The study was conducted in a semi-natural environment (at the animal house of the University of Bejaia). During this study period, alternating phases of torpor ($T_c < 33^\circ\text{C}$) and phases euthermie ($T_c > 33^\circ\text{C}$) is marked by some torpor long periods (2 to 5 days) with a large amplitude [$T_c \text{ min: } 9.6-10.3^\circ\text{C}$] near $T_a \text{ min}$] observed in late February and early April and by numerous daily torpor of short duration ($< 24\text{ hours}$) with low amplitude are recorded in mid-April, May and June that characterizes the emergence from hibernation. The study of testicular function, spermatogenesis shows that during the late winter and spring, is strongly stimulated dice the end of hibernation, the seminiferous tubules increase in size and show signs of activity very pronounced dice second month of the year (February).

Testicular weight and plasma testosterone levels in the Hedgehog Algeria have maximum in spring and minimum values at the beginning of hibernation (October-November) values. Acquiring the ability to hibernate so do not change the behavior of neural and neuroendocrine structures that regulate the conduct of the cycle of testicular function. From this study, weight, histological and hormonal changes in the testis in the Hedgehog Algeria, show that *Aterixaligus* has a sexual cycle characterized by a fall rest, a winter cover and spring a sequence of maximum activity. The hibernation and reproduction have two distinct aspects, one characterizes the rest and the other characterizes the activity of the animal. These two aspects are essential in the life of the Hedgehog. These mechanisms are manipulated by external factors such as; photoperiod, ambient temperature.

لعمل الذي تم تحليل الهدف، ودراسة التغيرات الموسمية في درجة حرارة الجسم لدرجة الحرارة المحيطة وفقا وآخر

الشتاء والربيع. بالإضافة إلى هذا، وساهمت في دراسة التكاثر القنفذ عن طريق الفحص الهرموني (التستوستيرون)، والوزن، ونهج النسيجي الخصية. لمراقبة درجة حرارة الجسم (ح) القنفذ الجزائر تسقط على فترة الدراسة، من دون ازعاج، استخدمنا "الحطابين درجة الحرارة" أو iButton (دالاس مكسيم المنتجات المتكاملة، المملكة المتحدة) الأنظمة. مرسلات مزروعفي تجويف البطن من الحيوانات تخدير. وقد أجريت الدراسة في بيئة شبه الطبيعية (في مبنى الحيوان من جامعة بجاية). دون ازعاج، واستخدمنا "الحطابين درجة الحرارة" أو أنظمة iButton (دالاس مكسيم المنتجات المتكاملة، المملكة المتحدة). مرسلات مزروع في تجويف البطن من الحيوانات تخدير. وقد أجريت الدراسة في بيئة شبه الطبيعية (في مبنى الحيوان من جامعة بجاية).

خلال هذه الفترة الدراسة، مراحل بالتناوب من سبات (ح $> 33^\circ\text{C}$ درجة مئوية) ومرحل euthermie ($< 33^\circ\text{C}$) يتميز سبات طويل بعض الفترات (2-5 أيام) مع مجموعة واسعة [ح ق: 9.6 حتى 10.3°C درجة مئوية] قرب تا دقيقة لوحظ في أواخر فبراير وأوائل أبريل والعديد من سبات يوميا لمدة قصيرة ($> 24\text{ ساعة}$) مع انخفاض السعة المسجلة في منتصف ابريل ومايو ويونيو وهذا يميز ظهور من وضع الإسبات. دراسة وظيفة الخصية، الحيوانات المنوية وهذا يدل على الوقوع في أواخر الشتاء والربيع، والنرد حفز بقوة نهاية الإسبات، والأنتيبب المنوية زيادة في الحجم وتظهر علامات النشاط وضوحا للغاية شهر الثاني النرد من السنة (فبراير).

الوزن وهرمون تستوستيرون البلازما مستويات الخصية في القيم القنفذ الجزائر أن يكون بين الحد الأقصى والحد الأدنى من القيم في الربيع في بداية الإسبات (أكتوبر ونوفمبر). اكتساب القدرة على السبات حتى لا تغيير سلوك العصبي والغدد الصم العصبية الهيكال التي تنظم السلوك من دائرة وظيفة الخصية. من هذه الدراسة، الوزن والنسيجية وتبادل الهرموني في الخصية في الجزائر القنفذ، وتبين ان *Aterixaligus HAS* دورة الجنسي تتميز قسطا من الراحة سقوط، وغطاء الشتاء والربيع لسلسلة من الحد الأقصى النشاط.

الإسبات والاستسناخ وأثنين من الجوانب المتميزة، واحدة يميز بقية والأخر يميز نشاط الحيوان. هذين الجانبين ضرورية في حياة القنفذ. يتم معالجته عن طريق هذه الآليات الخارجية: مثل العوملة؛ الإضاءة ودرجة الحرارة المحيطة.