ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE – EL HARRACH - ALGER
En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat d'Etat en Sciences Agronomiques

Ecophysiologie du Hérisson d'Algérie Atelerix algirusLereboullet, 1842 (Mammalia, Insectivora) dans quelques stations du Djurdjura et dans la vallée de la Soummam

Présentée par M Chafika MOUHOUB-SAYAH
Directeur de Thèse : Pr. Salaheddine DOUMANDJI E.N.S.A. El-Harrach
Co. Directeur de Thèse : Dr. Michel SABOUREAUINCI-Strasbourg France
Soutenue le 19 novembre 2009

devant le jury : Présidente : Pr. Bahia DOUMANDJI-MITICHEE.N.S.A. El-Harrach Examinateurs : MC. Atika GUENDOUZ-BENRIMA I.N.A. Blida MC. Farid ZAIDIUniversité de Béjaia MC. Riadh MOULAÏUniversité de Béjaia

Table des matières

Remerciements . . 5

Résumé . . 7

Summary . . 8

ملخص . . 9

Introduction . . 10

MATERIEL ET METHODES . . 14

I - Présentation de l'animal . . 14

1. - Systématique . . 14

2. Biogéographie . . 14

3. Répartition géographique . . 15

4. Données biologiques et écologiques . . 15

II – Description des Régions d'Etudes . . 18

1. - La vallée de la Soummam (terrain de petites plaines cultivées) . . 18

2. - Le Parc National du Djurdjura (terrain de montagne) . . 22

III – Etude du Hérisson d'Algérie dans son milieu nature . . 25

I. - Enquête sur la biologie du Hérisson . . 25

2. - Etude de la mortalité au cours des saisons dans la vallée de la Soummam . . 26

IV – Etude du régime alimentaire . . 27

1. - Composition du régime alimentaire . . 27

2. - Analyse énergétique . . 31

V – Etude de la température corporelle . . 32

1. - Capture et conditions d'élevage . . 32

2. - Mesure de la température corporelle . . 33

CHAPITRE I ETUDE DE LA MORTALITE DU HERISSON D'ALGERIE DUE AU TRAFIC ROUTIER DANS LA VALLEE DE LA SOUMMAM . . 38

I – Résultats / 1. – Données globales sur le nombre de hérissons d'Algérie victimes du trafic routier dans la vallée de la Soummam . . 38

I - Résultats . . 39

II - Discussion . . 43

CHAPITRE II ETUDE DU REGIME ALIMENTAIRE DU HERISSON D'ALGERIE . . 47

RESULTATS – Composition du régime alimentaire dans la V.S et le PND . . 47

I - Résultats . . 49

II – Discussion . . 66

CHAPITRE III VARIATIONS SAISONNIERES DE LA TEMPERATURE CORPORELLE DU HERISSON D'ALGERIE . . 72

I - Résultats . . 72

1. - Variations au cours de l'automne et de l'hiver de la température corporelle du Hérisson d'Algérie élevé en environnement semi naturel (en salle) . . 73

2. - Variations au cours de l'automne et de l'hiver de la température corporelle du Hérisson d'Algérie élevé en environnement extérieur (parc) . . 90

3. - Variations au cours du printemps et de l'été de la température corporelle du Hérisson d'Algérie élevé en salle ou en environnement extérieur . . 101

II - Discussion . . 108

1. - Variations de la température corporelle en automne et en hiver . . 109

2. - Variations de la température corporelle au printemps et en été . . 114

3. - Variations de la température corporelle au cours de l'année chez le Hérisson d'Algérie : bilan et perspectives . . 115

DISCUSSION GENERALE . . 117

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES . . 123

ANNEXES . . 138

ANNEXE I . . 138

ANNEXE II . . 138

ANNEXE III . . 139

ANNEXE IV . . 140

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma gratitude et présenter mes vifs remerciements à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à sa réalisation.

Aux membres du Jury de la thèse :

Au Professeur **Salaheddine DOUMANDJI**, du Département de Zoologie (Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie d'El Harrach, Algérie) qui m'a fait profiter de son remarquable et enrichissant enseignement de l'entomologie. Je ne pourrai pas oublier qu'il n'a jamais cessé de me prodiguer avec une égale bienveillance conseils et encouragements.

Au Docteur **Michel SABOUREAU** : Dès mon arrivée au laboratoire vous m'avez initié au travail de recherche et vous n'avez cessé de me faire bénéficier de votre grande expérience. Vous avez donné une nouvelle impulsion à mon travail en étendant en particulier le domaine de nos recherches à l'étude de l'hibernation. Il est inutile de rappeler le rôle que vous avez joué dans le lancement de la partie expérimentale. Veuillez trouver ici le témoignage de mon profond respect et ma sincère reconnaissance.

Au Professeur **Bahia DOUMANDJI-MITICHE** : Je suis très sensible à l'honneur que vous m'a fait en acceptant de présider ce jury de thèse en dépit de vos nombreuses obligations.

A Madame **Atika GUENDOUZ-BENRIMA** et Messieurs **Farid ZAÏDI**, **Riadh MOULAÏ** : qui malgré leurs nombreux engagements ont bien voulu accepter de participer au jugement de mon travail. Je les remercie pour l'intérêt qu'ils ont manifesté à diverses reprises pour ce travail.

A Messieurs les Professeurs Mohamed CHIBANE (Doyen de la faculté des Sciences et de la nature de l'Université de Béjaia) et Aïssa MOALI (Directeur du laboratoire d'Ecologie et Environnement) pour leur précieux conseils et la mise à ma disposition des moyens nécessaires à la réalisation de ce travail.

A Monsieur et Madame Paul PEVET qui m'ont permis de découvrir les secrets de l'hibernation chez le Hérisson d'Algérie, par leurs précieux dons de matériel (iButton) et pour avoir facilité mes séjours en France.

Il m'est très agréable de remercier le Dr. Jean Patrice ROBIN pour son initiation aux techniques d'étude du métabolisme énergétique, son dévouement et sa constante bonne humeur bien souvent mise à l'épreuve. Je remercie aussi le Dr. Yvon LE MAHO pour m'avoir permis d'effectuer ces recherches dans son laboratoire et pour m'avoir conseillé lors de ce travail.

Je remercie vivement monsieur **Mokhtar HARRAT** pour sa précieuse collabortion à mon initiation dans la programmation des iButtons.

A tous les Collègues, enseignants chercheurs et responsables de l'Université de Béjaia, en particulier ceux de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.

Que l'ensemble des personnels des deux laboratoires français de Strasbourg, où j'ai effectué mes stages trouve ici l'expression de toute ma gratitude et de ma sincère amitié.

Je remercie également Madame Bernadette SABOUREAU pour son accueil très chaleureux durant mes séjours en France.

Je n'aurai garde d'oublier les forestiers et paysans fournisseurs de Hérissons, sans l'aide desquels ce travail n'aurait pas pu être mené à bien.

Il m'est très agréable de remercier toute personne m'ayant apporté son soutien lors de la réalisation de ce travail.

Résumé

Le Hérisson d'Algérie est un petit mammifère dont la biologie est très peu connue. L'étude de la mortalité routière de cet animal le long de la vallée de la Soummam (Béjaia-Bouira) a permis de montrer la dynamique de la population au cours des saisons et d'en préciser les variations en fonction du sexe et de l'âge. Les hérissons sont trouvés près des petits villages et dans des biotopes dont la couverture végétale importante (haies, talus herbeux, prairies, etc.) favorise une forte disponibilité alimentaire. Les hérissons victimes du trafic routier montrent une variation saisonnière marquée avec un maximum au printemps (mai) et un minimum en hiver (décembre à mars). En mai, la forte mortalité des mâles correspond à une activité locomotrice élevée caractéristique de la période de rut. L'apparition des jeunes à partir du début de l'été (juillet) permet de situer les mises bas à la fin du printemps (juin). Au début de l'automne, la disparition progressive des animaux (les adultes puis les jeunes) jusqu'au début du printemps montre l'existence d'une période de vie ralentie (en automne et en hiver) qui succède à la période de vie active (printemps et été).

L'étude du régime alimentaire par l'analyse des fèces a confirmé la prédominance chez le Hérisson d'Algérie d'un régime insectivore. Si les Hyménoptères constituent les proies dominantes pendant toute l'année, il est à noter qu'en automne une inflexion s'effectue en faveur des Lépidoptères (larves) et des Annélides. L'étude préliminaire de l'apport énergétique des principales proies du Hérisson montre que les contenus énergétiques sont très proches (et varient en relation avec la masse des proies) ce qui ne permet pas actuellement de corréler les choix alimentaires saisonniers avec les variations de paramètres physiologiques ou comportementaux (reproduction, masse corporelle, torpeur, etc.).

Au cours des différentes saisons de l'année, les variations de la température corporelle (Tc) du Hérisson et de la température ambiante (Ta) ont été enregistrées à l'aide de "iButtons". Au cours de l'automne et de l'hiver, l'alternance des phases de torpeur (Tc < 33 °C) et des phases d'euthermie est très marquée avec : de novembre à début décembre, des torpeurs journalières (courte durée [< 12 h], amplitude faible [$Tc_{min.}$ 17-29 °C]), puis de mi-décembre à début mars de longues phases de torpeur (durée : 2 à 7 jours, grande amplitude [Tc_{min} 9,7-13 °C proches des Ta_{min}]) et, fin mars, des torpeurs journalières comparables à celles observées en novembre. Cette étude a montré clairement que le Hérisson d'Algérie présente toutes les caractéristiques d'un véritable hibernant avec ses variations individuelles et, une tendance à une meilleure qualité de l'hibernation chez les femelles et les jeunes sub-adultes que chez les mâles. Au printemps et au cours de l'été (fortes variations nycthémérales de la Ta) de nombreuses torpeurs journalières d'amplitudes variables ont été enregistrées.

Chez le Hérisson d'Algérie, la thermorégulation observée tout au long de l'année montre donc une forte tendance à l'hétérothermie et offre la possibilité à cet animal de pouvoir s'adapter en permanence aux variations fluctuantes et rapides de son environnement subtropical.

Mots clés : HERISSON D'ALGERIE, *ATELERIX ALGIRUS*, TEMPERATURE CORPORELLE, TORPEURS, REGIME ALIMENTAIRE, MORTALITE, VALLEE DE LA SOUMMAM.

Summary

The biology of the Algerian hedgehog, a small mammal, is not well-known. The road mortality of Algerian hedgehogs studied along the Soummam valley (from Béjaia to Bouira) showed the dynamics of the population and its seasonal variations in relation to sex and age of animals. A very high density of hedgehogs was observed in suburban areas with attractive environmental biotopes (such as hedges, herb-rich embankments, cultivated fields, etc.) which offer high resource availability. In the course of the year, the hedgehog road kills were maximal in spring (May) and minimal in winter (December to March). The predominant number of male road kills was observed in spring (maximum in May). It is most likely due to the males strong locomotor activity and their large home ranges typical of the rut period. Crushed juvenile hedgehogs found from July onwards indicate that births occurred at the end of spring (in June). The progressive decrease of crushed animals (adults and then juveniles) from the beginning of autumn to early spring showed the existence of an inactive season (autumn and winter) alternating with an active season (spring and summer).

The composition of the diet of the Algerian hedgehog was determinated by the analysis of faeces and confirmed the prevailing insectivorous regime. Among insect orders, Hymenoptera were the dominant prey during the whole year, but in autumn a change was noted in favour of Lepidoptera (larvae) and Annelidae. The determinations of energy content in the main taxa did not differ greatly (except variations according to the mass of the prey). Further detailed analyses are necessary to investigate a possible correlation of the seasonal variations in the diet with physiological or behavioural parameters (such as reproduction, body mass or torpor).

During the different seasons of the year, the body temperature patterns (Tb) and ambiente temperature variations (Ta) were recorded with temperature loggers (iButton). In autumn and winter, torpors (Tb < 33 °C) alternated with euthermic phases (Tb > 33 °C). During this period it was observed successively: a) short daily torpors from November to beginning of December (duration: < 12h, low amplitude: $Tb_{min.}$ 17-29 °C), b) long torpors from mid-December to beginning of March (duration: 2 to 7 days, large amplitude: Tb_{min} 9.7-13 °C close to Ta_{min}), and c) short daily torpors at the end of March, similar to the ones observed in November. This study showed clearly that the Algerian hedgehog presents all the characteristics of a deep hibernator with individual variations and a tendency for a better hibernation quality in females and subadults than in males. Moreover, many daily torpors bouts with a wide range of amplitude were recorded even in spring and summer (when nycthemeral Ta variations are large).

In the Algerian hedgehog, the properties of annual thermoregulation indicate a propensity to heterothermia and offers the animal the possibility to adapt at any time to rapid and unexpected events of its subtropical environment.

Key-words: ALGERIAN HEDGEHOG, *ATELERIX ALGIRUS,* BODY TEMPERATURE, TORPORS, FOOD ALIMENTATION, MORTALITY, SOUMMAM VALLEY.

ص خ م

إيكوفيزيولوجيا قنفذ الجزائر (*Atelerix algirus* **Lereboulet, 1842** (*Mammalia, Insectivora*) في بعض محطات من جرجرة و واد الصومام

إن القنفذ الجزائري من الثدييات الصغيرة , بيولوجيته غير معروفة بكاملها حاليا, دراسة وقايته على طول طرقات وادالصومام (بجاية- البويرة) قد ظهرت ديناميكية سكنه خلال المواسم و كذلك تحديد الإختلافات حسب نوع الجنس و العمر.
لقد وجدت القنافذ بالقرب من القرى الصغيرة و المواقل ذات الغطاء النباتي الكثيف (الهام, المنحدرات العشبية, والمروج ، الخ) للأنها تتميز بكثرة غذائها. إن القنافذ ضحايا حركة المرور على الطرق ظهرت تغيرات موسمية ملحوظة مع كحد أقصى في فصل الربيع (ماي) و حد أدنى في فصل الشتاء(ديسمبر و مارس).في ماي ،إرتفاع معدل الوفيات من الذكور بتناسب مع النشاط الحركي المميز للفترة التكاثر .ظهور الصغار من بداية الصيف سمحت بمعرفة أن الولادات تتم في أواخر الربيع (جوان).في بداية الخريف, الإختفاء التدريجي الحيوانات (البالغين و الصغار) حتى أوائل الربيع قد ظهرت أنه توجد مرحلة حياة متباطئة (في الخريف و الشتاء) التي تلي فترة الحياة النشيطة (الربيع و الصيف).
إن دراسة النظام الغذائي عن طريق تحليل القضلات قد أكدت أن قنفذ الجزائر من أكلات الحشرات في الأغلب. إذ غشائيات الأجنحة تعتبر الفريسة المهيمنة على مدار العام و قد لوحظ تغيير في الخريف لصالح أشربات الأجنحة (البرقات والديدان الحلقية).
إن الدراسة الأولية للطاقة التي تمنحها الفريسة الرئيسية للقنفذ قد ظهرت أن المحتوى الطاقوي متقارب جدا (يتغير حسب وزن الفريسة) و هذا لا يسمح لنا في الحين بالربط بين الخيارات الغذائية الموسمية والتغيرات الفيزيولوجية والسلوكية (التكاثر ،كتلة الجسم والخمول ، الخ).
خلال مواسم مختلفة من السنة، سجلت تغيرات في درجة حرارة الجسم (T_b) للقنفذ ودرجة الحرارة المحيطة (T_a) باستخدام "iButtons".خلال الخريف و الشتاء ،تناوب مراحل السبات (T_a< 33°C) ومرحلة الأوتارميا التي تميزت: من نوفمبر الى أوائل ديسمبر، السبات اليومي (مدة قصيرة [<12 سا] ، منخفضة السعة [T_b بين 29°C_17])،ثم من منتصف ديسمبر الى بداية مارس، فترات طويلة من السبات(المدة من 2 الى 7 أيام، سعة كبيرة [T_b بين 13°C-9,7]) وفي أواخر مارس، السبات اليومي مشابه الذي في نوفمبر .هذه الدراسة قد بينت بوضوح أن قنفذ الجزائر قد أظهرجميع الخصائص الحقيقية السبات مع الإختلافات الفردية ، والإتجاه نحو أفضل نوعية من السبات عند الإناث وشبه البالغين عكس البالغين من الذكور .أما في الربيع والصيف (التغيرات الكبيرة أثناء تناوب الليل و النهار لدرجة الحرارة T_b) قد سجلت العديد من التغيرات اليومية مختلفة السعة للسبات.
التوازن الحراري عند قنفذ الجزائر خلال السنة قد أظهر وجود إتجاه قوي نحوالإثروثرميا ويتيح الفرصة للحيوان على التكيف مع التقلب المستمر والتغيرات السريعة في البيئة المدارية.

الكلمات الرئيسية : قنفذ الجزائر ، *Atelerix algirus* ، درجة حرارة الجسم ، سبات ، النظام الغذائي ، وقيات ، وادي الصومام.

Introduction

En Algérie, les études les plus fréquentes concernent les espèces de la faune mammalienne, et plus particulièrement le singe magot, la mangouste, le chacal ou le sanglier. Par contre, chez de nombreuses autres espèces, plus rares ou plus discrètes, les recherches sont souvent absentes ou partielles. C'est le cas du Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*), une espèce pourtant largement répandue en Afrique du nord, des chaînes montagneuses de l'Atlas jusqu'au littoral méditerranéen (Sahraoui-Brahim 1984) et dans tout le nord de l'Algérie (Sellami *et al.* 1989). La biologie de ce Mammifère Insectivore qui présente une taille relativement petite (~1 kg) et une activité principale nocturne, reste encore peu connue. Les premières études sur cette espèce ont porté sur le régime alimentaire après collecte et analyse des fèces (Doumandji & Doumandji 1992a,b). Par rapport au Hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus* L.), une espèce dont les caractéristiques sont similaires et qui a fait l'objet de très nombreux travaux, le Hérisson d'Algérie présente beaucoup de domaines à étudier et à préciser. Les connaissances sur la structure et la dynamique des populations, le rythme d'activité locomotrice, la nutrition, l'évolution du poids, la reproduction, la régulation de la température corporelle, etc… restent à préciser en relation avec l'évolution des principaux paramètres de l'environnement (photopériode, température ambiante (Ta), disponibilités alimentaires, etc.). Compte tenu de la répartition respective du Hérisson d'Algérie (méridionale : au nord de l'Afrique) et du Hérisson d'Europe (septentrionale : du nord au sud de l'Europe), les comparaisons entre les 2 espèces s'avèrent intéressantes en terme d'adaptation.

L'étude de la population d'une espèce nocturne de petite taille telle que le Hérisson d'Algérie est assez difficile à faire sur le terrain avec peu de moyens. Cependant, un suivi de la mortalité routière permet de constituer une photographie de la population sur le terrain et/ou de préciser l'activité des animaux, et ceci pendant une période précise ou soit de façon dynamique au cours de l'année. En Europe, le nombre d'animaux morts lié à la densité des réseaux routiers et à l'augmentation du trafic routier a fait l'objet de nombreuses études pour son impact sur diverses populations animales. Ainsi, les réseaux routiers modifient l'habitat (fragmentation et rôle de barrière) et la mortalité due au trafic routier peut avoir des conséquences significatives sur la diminution des populations de différents groupes zoologiques (incluant Insectes, Amphibiens, Reptiles, Oiseaux et Mammifères : Mader 1979 ; Holsbeek *et al.* 1999 ; Hels & Buchwald 2001 ; Clevenger *et al.* 2003). Chez les Mammifères, le Hérisson (*Erinaceus europaeus* L.), une des espèces les plus communes dans les pays de l'Europe de l'Ouest, est aussi souvent victime du trafic routier (Reeve 1994 ; Huijser & Bergers 1998 ; Huijser 1999 ; Reeve & Huijser 1999). Le nombre de hérissons victimes du trafic routier est estimé être de 1 à 3 animaux/km/an dans différents pays d'Europe (Göransson *et al.* 1976 ; Berthoud 1980 ; Garnica & Robles 1986 ; Huijser *et al.* 1998), voire de 0,1 à 5,6 animaux/km/an (Reeve 1994 ; Orlowski & Nowak 2004) en relation avec la densité du réseau routier. Les résultats de ces études, malgré une grande variabilité, indiquent tous une réduction non négligeable des populations de hérissons (Suède : 17-22 % Göransson *et al.* 1976 ; 15 % Kristiansson 1990 ; Suisse : 26 % Morris & Berthoud 1987 ; Pays-Bas : 30 % Huijser &Bergers 2000). Les variations observées peuvent être reliées à différents paramètres comme l'intensité du trafic (Huijser 1999 ; Orlowski & Nowak 2004), la structure des milieux traversés (Huijser 1999 ; Somers & Verhagen 1999), la

saison de l'étude (Kristiansson 1990), etc... Indirectement, ces études apportent aussi des informations sur différentes variables de la population telles que : la densité et la répartition de l'espèce dans une région et/ou un milieu donné, la dynamique de la population et ses variations en relation avec la saison, le sexe et l'âge des animaux, le déroulement des cycles saisonniers comme la reproduction ou l'hibernation, etc…

En Algérie, le développement du réseau routier et de l'intensité du trafic au cours de ces dernières décennies s'est effectué à l'image des pays de l'Europe de l'Ouest. De nombreux témoignages des usagers font état d'animaux écrasés sur les axes routiers traversant les massifs boisés et les abords d'oueds. Le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) est une des espèces régulièrement victimes du trafic routier, notamment en période printanière et estivale. Aucune étude n'ayant jusqu'alors été menée dans ce domaine en Algérie, nous avons relevé, pendant une longue durée (5 ans), le nombre de hérissons trouvés écrasés le long d'un axe routier très fréquenté empruntant la vallée de la Soummam. La répartition des hérissons écrasés le long de cet axe, nous a permis de déterminer les habitats et les zones sensibles. En relation avec la détermination du sexe, de l'âge et de la répartition de ces différentes catégories au cours de l'année nous avons aussi pu préciser certains aspects encore mal connus de la biologie de cette espèce (activité locomotrice, reproduction, hibernation, etc.).

Le Hérisson d'Algérie est un Mammifère Insectivore encore très peu étudié mais il est à noter que les premiers travaux concernant cette espèce en Algérie portent sur l'étude de son régime alimentaire. Ces études ont été effectuées d'abord sur le Littoral algérois (Doumandji & Doumandji 1992a,b), puis, plus récemment, dans différentes régions du pays (Benjoudi 1995 ; Sayah 1996 ; Agrane 2001 ; Mimoun 2006). Le Hérisson d'Algérie présente un régime insectivore très prononcé et participe à l'équilibre biologique en agissant sur le contrôle des populations d'insectes notamment les insectes ravageurs. De ce fait, il a pu être utilisé traditionnellement pour protéger les cultures maraîchères, mais les connaissances précises du

régime alimentaire restent fragmentaires et ne permettent pas d'établir des relations claires avec les cycles biologiques de l'animal. Chez le Hérisson d'Europe, au contraire, les variabilités saisonnières et mensuelles de la composition du régime ont été amplement étudiées en analysant les fèces et les contenus stomacaux (Castaing 1982 ; Morris & Berthoud 1987). Au-delà des préférences alimentaires observées, il est intéressant de relier ces données aux disponibilités alimentaires du milieu, à ses variations saisonnières et à la valeur énergétique des aliments consommés. Compte tenu des besoins et des dépenses liés à différents facteurs (déplacements, reproduction, torpeur, etc.), il sera alors possible de déterminer un bilan énergétique pour chaque situation ou saison. Chez les animaux présentant des rythmes saisonniers marqués, comme le Hérisson, le bilan le énergétique le plus accessible qui rend compte de la constitution et de l'utilisation des réserves organiques est l'évolution de la masse corporelle (Saboureau *et al.* 1986). Chez les hibernants, les cycles annuels de la prise alimentaire et de la masse corporelle constituent des facteurs essentiels largement étudiés (Pengelley & Fisher 1957 ; Kayser 1961) qui interviennent dans le bon déroulement de la programmation des grandes étapes des cycles biologiques (reproduction,engraissement, hibernation). Ces événements saisonniers offrent un intérêt particulier car l'individu présente, selon la période considérée, des états physiologiques différents au cours de l'année.

Depuis l'Antiquité "*Aristote, il y a plus de 2000 ans, relève qu'en automne certains Mammifères disparaissent. Ils se retirent dans des abris et ne réapparaîtront qu'au prochain printemps*" (Kayser 1970). Probablement que de tels propos pourraient être

appliqués au Hérisson d'Algérie dont l'activité parait être réduite en hiver (Shilling *et al.* 1986), malgré quelques traces d'excréments trouvés sur le terrain pendant cette période (Doumandji & Doumandji 1992 ; Sayah 1996). Afin de surmonter les contraintes liées à l'apparition du froid et/ou à la raréfaction de la nourriture pendant l'automne et l'hiver, certains Oiseaux et Mammifères vivant dans des habitats très variés répartis sur toute la planète (Kayser, 1961 ; Lyman et *al.,* 1982 ; Heldmaier *et al.* 2004) peuvent hiberner pour assurer leur survie. L'hibernation est associée à une préparation conduisant à des modifications physiologiques importantes (Kayser 1961a ; Pohl 1961 ; Canguilhem *et al.* 1988) se traduisant par l'abaissement contrôlé du métabolisme de l'animal, la diminution réversible de la température corporelle (Tc) et, dont le résultat final essentiel est une réduction considérable de la dépense énergétique (Kayser 1964 ; Heller 1988 ; Wang 1989). Au cours de l'hiver, l'hibernation (observée chez certains Rongeurs [Marmotte, Hamster, Spermophile, Lérot, etc.], Insectivores [Hérisson d'Europe] et Chiroptères), est caractérisée par une alternance de phases de torpeurs (hypothermie ou abaissement de la température corporelle) entrecoupées par un réchauffement et un retour à

l'euthermie (ou réveil périodique) avec à nouveau une température centrale élevée (Tc ~ 35 °C). Selon les niches écologiques occupées, il est possible de trouver des animaux montrant : 1) des torpeurs journalières (hypothermie de courte durée < 24h et Tc > Ta - hamster sibérien, petits marsupiaux, etc.), 2) de longues torpeurs (hypothermie de longue durée de 24h à plusieurs jours et avec Tc ~ Ta - marmotte, hérisson d'Europe, hamster d'Europe, etc.), ou 3) les 2 types de torpeurs (des torpeurs journalières puis de longues torpeurs). Ces 2 dernières catégories d'animaux sont désignées sous le terme général d'hibernants (Körtner & Geiser 2000 ; Geiser 2004). Pendant la torpeur journalière ou l'hibernation, le métabolisme est réduit à une fraction du métabolisme de l'euthermie et les mécanismes physiologiques des régulations thermiques et métaboliques sont les mêmes (Wilz & Heldmaier 2000). Notons aussi que les animaux présentant des torpeurs journalières peuvent continuer à rechercher de la nourriture à chaque réveil (Pavey *et al.* 2009), alors que les hibernants présentent de longues durées de jeûne. Pendant la préparation de la période hivernale ou au cours de l'hiver les disponibilités alimentaires (Heldmaier *et al.* 2004) mais aussi la composition du régime alimentaire peuvent chez certaines espèces influencer fortement les caractéristiques des torpeurs (Geiser 1991, Pavey *et al.* 2009). Le cours de l'hibernation se trouve donc largement sous l'influence de certains facteurs externes (températures ambiantes, disponibilités alimentaires) (Saboureau & Boissin 1983) et/ou de rythmes internes (El Omari 1987 ; Vignault 1994). Actuellement, chez le Hérisson d'Europe, les caractéristiques de l'hibernation sont maintenant bien connues, tant du point de vue comportemental que physiologique (Kristoffersson & Soivio 1967 ; Saboureau 1979 ; Castaing 1985 ; Fowler 1986 ; Vignault 1994).

De ces quelques considérations générales découle notre travail dont l'objectif sera de décrire quelques aspects de la biologie du Hérisson d'Algérie au cours de l'année, et d'en préciser les variations saisonnières et leurs caractéristiques.

Les points suivants seront successivement abordés :

- Matériel et Méthodes

- 3 chapitres principaux comportant une partie *Résultats* et une partie *Discussion* :

§ I) Etude de la mortalité routière du Hérisson d'Algérie due au trafic routier dans la vallée de la Soummam,

§ 2) Etude du régime alimentaire du Hérisson d'Algérie,

§ 3) Variations saisonnières de la température corporelle du Hérisson d'Algérie.

- Discussion générale et perspectives.

Dans la partie **Matériel et Méthodes** nous présenterons le Hérisson d'Algérie, les régions d'études, le milieu naturel accompagnant l'étude de la mortalité routière, l'étude du régime alimentaire (de la collecte des échantillons à l'analyse des résultats incluant l'énergétique), puis l'étude des variations de la température corporelle selon les conditions expérimentales.

Le chapitre consacré à l'**Etude de la mortalité routière du Hérisson d'Algérie due au trafic routier dans la vallée de la Soummam** montre sur 5 années successives le nombre de victimes et leur répartition en fonction des secteurs, des saisons, des mois et des années. Les relations de la mortalité routière avec les variations de la température ambiante ont été recherchées ainsi que la répartition en fonction du sexe et de l'age au cours de l'année. Ces données doivent permettre de mieux appréhender les variations de l'activité générale des hérissons en fonction des saisons.

Le chapitre consacré à l'**Etude du régime alimentaire du Hérisson d'Algérie** montre, après analyse des fèces, les principales proies et la diversité de l'alimentation suivie dans 2 milieux différents (la vallée de la Soummam [en plaine] et le Parc National du Djurdjura [en montagne]). Les données obtenues ont été traitées en fonction des saisons et des disponibilités du milieu, ce dernier paramètre a permis de déterminer lors d'une étude préliminaire la valeur énergétique des différentes proies. Les informations obtenues montrent que le bol alimentaire apparaît lié à la disponibilité des proies au cours de l'année.

Le chapitre consacré à **l'Etude des variations saisonnières de la température corporelle du Hérisson d'Algérie** présente les enregistrements de ce paramètre dans différentes conditions, en continu à l'aide de "temperature loggers (iButton)". Les variations de la température corporelle (Tc) du Hérisson ont pu être décrites au cours des saisons (automne - hiver et printemps – été). L'impact de la mauvaise saison (diminution des disponibilités alimentaires, chute des températures ambiantes) sur les variations de la Tc a été tout particulièrement suivi afin d'avoir une meilleure connaissance des mécanismes permettant à cet animal d'assurer sa survie. Au cours du printemps et de l'été l'évolution de la Tc a aussi permis d'appréhender des problèmes de thermorégulation face cette fois à des températures ambiantes élevées. Cette approche nouvelle et innovante appliquée au Hérisson d'Algérie a montré des aspects jusqu'alors inconnus de la biologie de cet animal et de son adaptation aux variations de son milieu.

La **Discussion générale** fera la synthèse des différents résultats présentés dans les trois chapitres précédents, en relation avec les travaux obtenus chez les Hibernants. Dans la partie **Perspectives** les points à compléter seront précisés et les grandes orientations possibles de la suite de ce travail seront envisagées.

MATERIEL ET METHODES

I - Présentation de l'animal

1. - Systématique

Classe : Mammifère

Sous-classe : Euthérien

Ordre : Insectivore

Sous-ordre : Euinsectivora

Super-famille : Erinacoidea

Famille : Erinaceidae

Sous-famille : Erinaceinae

Genre :*Atelerix*

Espèce :*algirus*

2. Biogéographie

Les Erinaceidae habitent les zones tropicales et tempérées de l'ancien monde mais, au Tertiaire, ils existaient aussi en Amérique du nord (Frechkop 1981). Les hérissons sont apparus avant la fin du Crétacé, il y a environ 80 millions d'années. Pour Saint-Girons (1973), le Hérisson sous sa forme actuelle occupe l'Europe depuis la fin du Pléistocène, en compagnie, entre autres, de l'ours des cavernes, du mégathérium et de l'homme. Par contre, selon Morris & Berthoud (1987), les premiers hérissons sont apparus probablement il y a plus de 15 millions d'années, bien avant les tigres aux dents de sabre, les rhinocéros laineux et les mammouths. Alors que tous ces animaux ont actuellement disparus, le Hérisson est toujours présent. Tout porte à croire que dès son apparition sur la terre, le Hérisson était déjà suffisamment bien doté de caractères d'adaptation pour traverser les temps géologiques sans être remplacé ni a avoir subi de modifications. Le Hérisson d'Algérie, *Atelerix algirus,* aurait une origine éthiopienne (Heim de Balsac 1936).

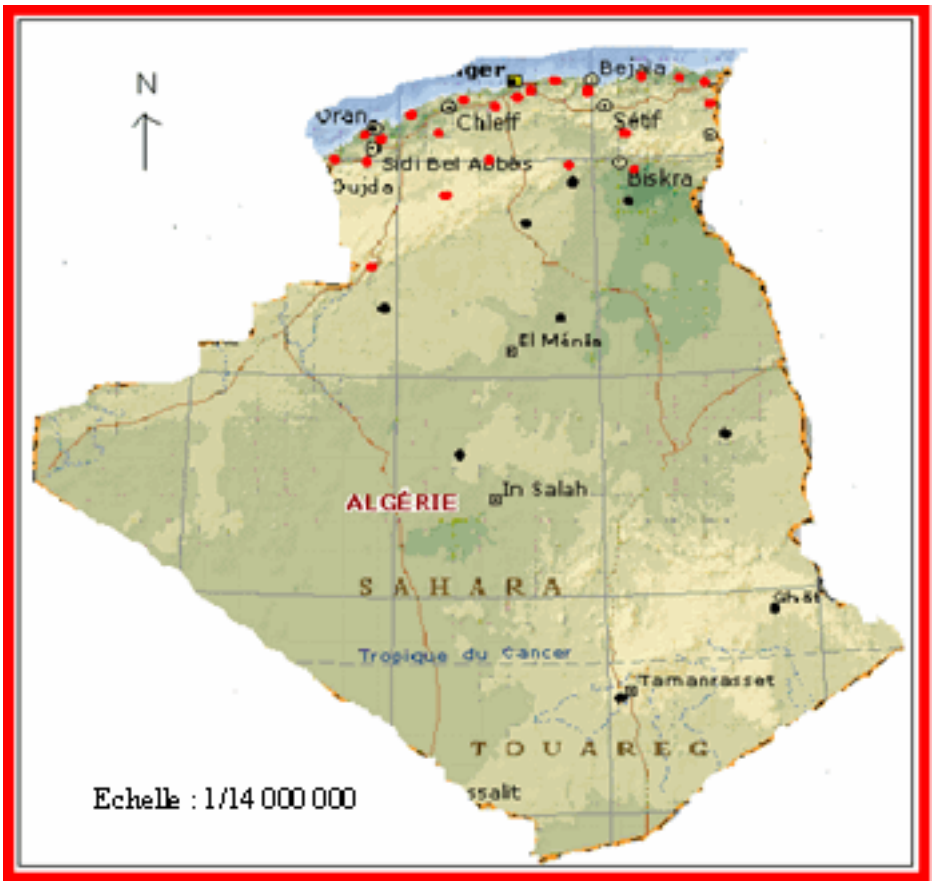


Figure 1 - *Répartition géographique d'Atelerix algirus (.) et Hemiechinus aethiopicus(.) d'après Sahraoui-Brahim (1984), Sellami et al. (1989) et Harbi (1991)*

3. Répartition géographique

Les *Erinaceinae* sont représentés par le genre *Erinaceus* en Europe et en Asie, par les genres *Aethechinus* et *Atelerix* en Afrique seulement et, par les genres *Hemiechinus* et *Paraechinus* dans le sud-ouest de l'Asie ainsi que dans le nord de l'Afrique.

Les études faunistiques sur les mammifères d'Algérie (Kowalski & Rzebik-Kowalska 1991) montrent l'existence de deux espèces de hérissons : le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus)* et le Hérisson du désert (*Hemiechinus aethiopicus).* L'espèce *Atelerix algirus* occupe essentiellement l'Afrique du nord, et en particulier tout le nord de l'Algérie (Fig. 1) sur la bande située entre les plateaux sahariens et les chaînes montagneuses de l'Atlas jusqu'au littoral méditerranéen (Sahraoui–Brahim 1984). Plus au sud, elle peut apparaître sur les hauts plateaux où elle coexiste avec le Hérisson du désert (Sellami *et al.* 1989). En outre, cette espèce a aussi été signalée dans le midi de la France, à Lecques au sud-est du département du Var, puis retrouvée par la suite à la Rochelle (Saint-Girons 1973). La présence de l'espèce de l'autre coté de la mer Méditerranée en France et en Espagne suscite des interrogations : s'agit-il d'une introduction délibérée par l'homme ou d'une relique de la faune du Pliocène à caractère africain (Heim de Balsac 1936).

4. Données biologiques et écologiques

A ce jour peu de travaux ont été effectués sur le hérisson d'Algérie, d'où une méconnaissance de plusieurs aspects de sa biologie tels que : l'hibernation, la reproduction et la génétique des populations. Une brève description de l'espèce et de sa répartition a été faite (Schilling *et al.* 1986 ; Sellami *et al*. 1989 ; Le Berre 1990). Quelques travaux, basés sur l'étude du régime alimentaire de ce Mammifère, ont montré l'action régulatrice de cette espèce sur les populations d'insectes prédateurs des cultures (Doumandji & Doumandji 1992a ; Benjoudi 1995 ; Sayah 1996 ; Agrane 2001, Mimoun 2006).

Le hérisson d'Algérie est un mammifère de petite de taille : sa longueur est de 20 à 25 cm chez l'adulte et sa masse corporelle est comprise entre 300 et 1300 g, selon le sexe et la saison. Les caractères morphologiques les plus remarquables sont le pelage dorsal constitué de piquants orientés en tous sens et une musculature peaussière qui permet à l'animal de se mettre en boule dès qu'il est inquiété (stratégie anti-prédateur). Les piquants 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. Par contre, d'autres

Figure 2 – *Différences observées entre plusieurs hérissons d'Algérie (Atelerix algirus) d'une même population (photos Chafika Mouhoub).*

Figure 3 – *Hérisson femelle avec quatre petits de quelques jours (photos Chafika Mouhoub).*

hérissons se caractérisent par une coloration blanchâtre des flancs, du museau et de la partie ventrale et les piquants sont aussi plus clairs que chez les autres sujets. S'agit-il d'un polymorphisme ou d'une sous-espèce ? Hypothèse qui reste à vérifier par des travaux de génétique sur les deux types observés (Fig. 2). En Tunisie, plus précisément dans l'île de Djerba, l'existence d'une sous-espèce a été signalée et désignée sous le nom d'*Atelerix algirus vagans* Thomas (Max-Kollmann 1955). Cette dernière diffère de l'espèce type par une coloration remarquable des piquants et des poils : l'animal est presque entièrement d'un blanc pur avec des piquants présentant quelques traces colorées en gris.

Le hérisson est commun dans des biotopes très variables : tels que les lisières forestières, les prés bordés de haies (paysage de bocage), les jardins, les terres cultivées, les prairies humides et buissonnantes et, les talus des bords de routes. Il est retrouvé jusqu'à 1600 m en montagne (Massif du Djurdjura) dans les forêts de cèdres (Sayah 1996), ou aussi sur les terrains découverts entre les broussailles accompagnant les buissons ou les arbustes.

Ce mammifère présente une activité crépusculaire et nocturne. De ce fait, il dort le jour dans des nids d'herbes sèches et de feuilles mortes souvent situés dans les buissons mais il peut aussi se cacher dans des abris divers comme entre des pierres, sous un tas d'herbe, sous un fagot de bois ou encore sous des troncs d'arbres. Dès la tombée du jour, les hérissons se mettent en chasse d'une allure zigzagante.

Son régime alimentaire est essentiellement insectivore pendant toute l'année (Doumandji & Doumandji 1992a). Entre les mois de mai et d'août, il consomme surtout des Formicidae (Athmani 1988 ; Sayah 1988) et des coléoptères : notamment les Carabidae, les Scarabeidae, les Meloidae, les Chrysomelidae et les Curculionidae (Agrane 2001 ; Benjoudi 1995). L'ordre des Hyménoptères vient largement en tête des proies consommées (88%) et parmi ce taxon l'espèce *Messor barbara* est la plus consommée (Sayah 1996). Par son régime alimentaire, le Hérisson élimine un bon nombre d'animaux déprédateurs, ce qui en fait un précieux auxiliaire des jardiniers et des cultivateurs.

La reproduction du Hérisson d'Algérie a été très peu étudiée. Les observations d'animaux maintenus en captivité montrent que les accouplements se font à partir du mois d'avril. Après 5 à 7 semaines de gestation, les femelles mettent bas et les portées sont de 3 à 5 petits (observations personnelles). Les nouveaux-nés ont une couleur rose-pâle et ils sont aveugles et sourds. Très rapidement, ils présentent des piquants blancs et mous qui deviennent durs (Fig. 3). 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. Chez les jeunes, la faculté de s'enrouler ne se manifeste qu'à partir du 14ème jour

Figure 4 – *Localisation du milieu d'étude (d'après Encarta 2004 modifié).*

II – Description des Régions d'Etudes

Le présent travail s'est déroulé essentiellement dans deux régions situées dans l'Atlas Tellien du nord algérien (Fig. 4), présentant des caractéristiques environnementales fondamentalement différentes : un milieu cultivé formé de petites de plaines (la vallée de la Soummam) et un milieu montagnard et forestier (le Parc National du Djurdjura). L'étude concernant la biologie du Hérisson a été réalisée en grande partie dans la Vallée de la Soummam, cette zone a été retenue en raison de ses caractéristiques paysagères et des potentialités trophiques qu'elle offre pour les populations de hérissons. Dans la région montagneuse, où l'espèce est moins fréquente, nous nous sommes limités à étudier seulement le régime alimentaire par un échantillonnage des fèces.

1. - La vallée de la Soummam (terrain de petites plaines cultivées)

1.1. - Situation géographique et caractéristiques générales

La région de la vallée de la Soummam, s'étend sur environ 120 km, du versant sud-ouest du massif montagneux du Djurdjura (latitude 36°21' N ; longitude de 3°53' E) à la côte de la Mer Méditerranée, à l'Est de Béjaia (latitude 36°45'N ; longitude 5°20'E). Entre Béjaia et El Kseur, la vallée de la Soummam, est un couloir sinueux de 65 km de long et 4 km de large. Cette vallée constitue une entité régionale socio-économique à vocation agricole du Nord-Est Algérien. Les parcelles cultivées côtoient les pôles urbains et les hameaux épars. Elle est parcourue par un réseau hydrographique assez dense. Près de la mer, le relief est formé de mini plaines issues de dépôts alluviaux de part et d'autre des rives de l'Oued

Soummam. En remontant vers la source, le relief devient plus accidenté avec l'altitude et la vallée devient plus étroite. La vallée de la Soummam est caractérisée par une agriculture de type intensif dominée par les cultures maraîchères et les agrumes. Elle bénéficie d'une irrigation à partir de réseaux équipés et des pompages dans les oueds (Soummam, Zitoune, Bou-Sellam et Amassine).

La flore de la région appartient dans son ensemble à l'étage bioclimatique de la végétation méditerranéenne humide. Cette végétation est riche et très variée et elle montre successivement des zonescultivées, des bocages et des maquis de strates arborescentes représentés par le chêne liège, le chêne vert, le pin d'Alep, le peuplier et l'olivier.

Les sols rencontrés sont généralement des dépôts alluviaux qui se composent de basses terrasses alluviales constituées essentiellement de sables et d'argiles. Ce sont généralement des sols profonds avec une bonne capacité de rétention et souvent bien pourvus en éléments fertilisants.

Le réseau routier est assez bien développé, les routes nationales n°12 et 26 suivent le cours de la vallée de la Soummam et relient Béjaia à Bouira. L'existence du centre portuaire et des zones industrielles de la région de Béjaia, ainsi que la diversité des sites touristiques, sont à l'origine d'un grand trafic routier sur cet axe.

Au cours de ces dernières années, la région a connu, à l'instar de toute l'Algérie, de profondes mutations socio-économiques et urbanistiques ayant entraîné un morcellement des paysages engendrant de réelles perturbations et des changements dans la structure et l'organisation du milieu naturel. Les changements intervenus sont surtout liés aux activités humaines telles que l'intensification de l'agriculture, l'urbanisation, la fréquentation touristique et les incendies. Ce milieu, d'accès relativement facile et dans lequel le Hérisson d'Algérie est très fréquent, s'est avéré être un terrain propice à l'étude de certains aspects de la biologie de cette espèce.

1.2. - Le climat

Au cours de ce travail sur l'écologie du Hérisson, nous avons étudié l'évolution des paramètres environnementaux pendant les deux périodes essentielles de la vie de ce mammifère : la période de vie active et la période de vie ralentie. Pour mieux comprendre et analyser ces aspects du cycle annuel en fonction des variations saisonnières, nous avons jugé utile de présenter les caractéristiques principales du climat de la vallée de la Soummam et de ses environs. Par sa position géographique et ses caractéristique physique, la vallée de la Soummam présente 3 types de climats (Seltzer 1946) : a) humide sur le bassin versant nord, b) sub-humide sur le long de la Soummam entre Sidi Aich et Béjaia (cette zone présente une bonne pluviométrie de 600 à 900 mm avec des températures qui oscillent entre 24 et 28 °C), et c) semi aride le long de la vallée de la Soummam entre Tazmalt et Sidi Aich (zone caractérisée par une faible pluviométrie de 400 à 600 mm et des températures plus élevées).

La description proposée pour la présentation du climat repose sur l'analyse des données enregistrées à la station météorologique de Béjaia : a) pendant une période de 30 ans (de 1974 à 2004), et b) pendant nos différentes études de 2002 à 2008 sur le Hérisson.

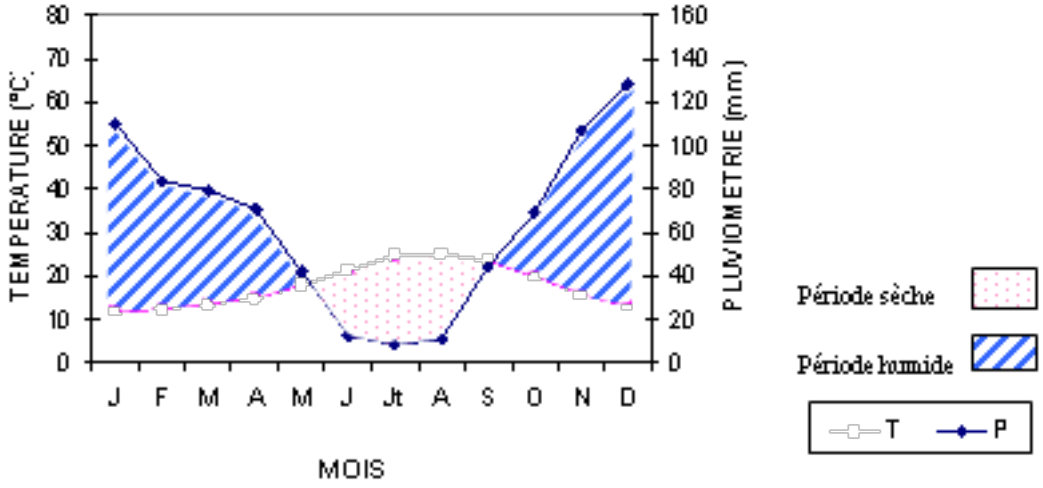


Figure 5 – *Diagramme ombrothermique de la région de Béjaia (période 1974 - 2004)*

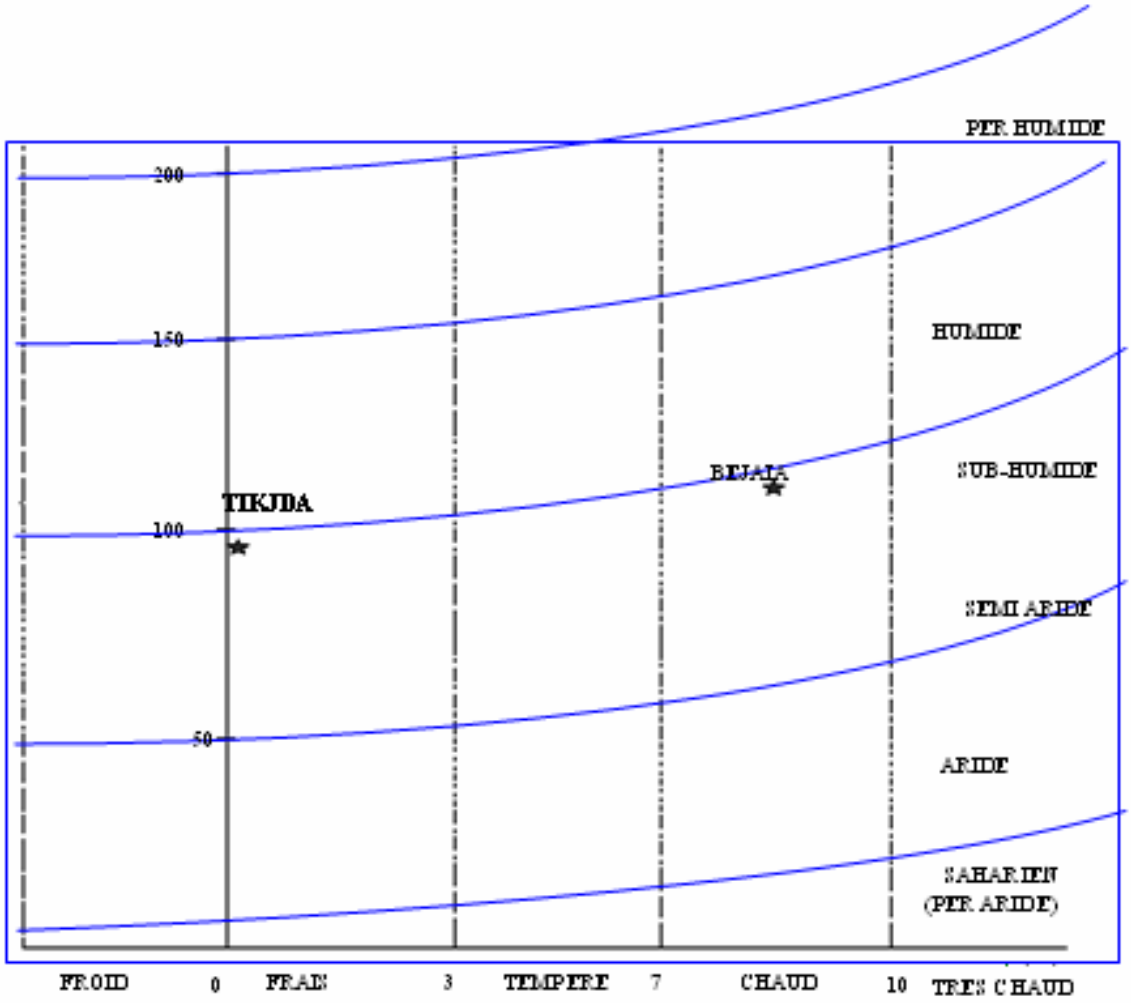


Figure 6 - *Situation des 2 régions d'études sur le climagramme d'Emberger Quezel (2000).*

1.2.1. - Conditions climatiques pendant la période 1974-2004

Les données climatiques de référence prises en considération sont celles de la station météorologique de Béjaia (coordonnées géographiques : 36° 43' N / 05° 04' E, altitude 1,75 m et localisation : Aéroport Abane Ramdane, Béjaia).

Les températures ambiantes (Ta) les plus basses sont mesurées pendant les mois de janvier et de février (Ta minimales de 7,3 et 7,8 °C respectivement). Au début du printemps, la température ambiante augmente progressivement pour atteindre des valeurs élevées en juin (21,4 °C). L'été n'est pas excessivement chaud avec des températures maximales variant entre 27,8 et 29,7 °C (Tab. 1). Les précipitations estivales sont très faibles (8,6 mm) et se produisent essentiellement en juillet et août. L'automne est doux (Ta de 20,2 à 13,1 °C) et les pluies importantes ne font leur apparition qu'en décembre (127,3 mm ; Tab. 2).

Les différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment les uns des autres (Dajoz 1985) et divers indices tenant compte de la température (T) et de la pluviométrie (P) ont été établis pour caractériser le climat. En région méditerranéenne, le diagramme ombrométrique de Bagnouls et Gaussen et le quotient pluviométrique d'Emberger sont les souvent plus utilisés. Pour la région de Béjaia, pendant la période de 30 ans (1974-2004), le diagramme ombrothermique fait apparaître une période sèche de 4 mois, de mi-mai à mi-septembre (Fig. 5), et le quotient pluviométrique d'Emberger (valeur : 117) permet de situer la région de Béjaia dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver chaud (Fig. 6).

1.2.2. - Conditions climatiques pendant la période 2002-2008

Au cours de la période 2002-2008, une légère variation de la distribution des températures ambiantes a été observée entre les années. L'hiver 2005 a été particulièrement très froid (Tab. 1), avec de la neige en janvier sur toute la vallée de la Soummam et une pluviométrie élevée en février (168 mm). Les printemps sont caractérisés par des températures moyennes variant entre 16 et 25 °C ; toutefois, en 2004 et 2005, les températures moyennes printanières ont été plus basses que les autres années. Les températures estivales, avec un maximum de 33 °C en août, ont évolué normalement par rapport aux moyennes saisonnières. En général, les précipitations durant l'été sont très faibles, malgré une pluviométrie exceptionnelle due à des pluies d'orage (135 mm) entre juillet et août 2002. En automne, les températures ambiantes (Ta) diminuent dès le mois d'octobre, elles sont minimales en décembre (variations entre 8 et 11 °C) et les pluies sont importantes en décembre (maximum de 315 mm en 2002).

Années		MOIS											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2002	Max	17,0	17,0	19,0	21,0	23,0	26,0	28,0	29,0	28,0	26,0	22,0	19,0
	min	7,0	8,0	9,0	11,0	15,0	17,0	21,0	21,0	20,0	16,0	12,0	11,0
	Moy	12,0	12,5	14,0	16,0	19,0	21,5	24,5	25,0	24,0	21,0	17,0	15,0
2003	Max	16,0	15,0	19,0	20,0	22,0	30,0	32,0	33,0	28,0	25,0	21,0	16,0
	min	8,0	7,0	10,0	12,0	15,0	20,0	23,0	23,0	20,0	17,0	13,0	8,0
	Moy	12,0	11,0	14,5	16,0	18,5	25,0	27,5	28,0	24,0	21,0	17,0	12,0
2004	Max	17,0	18,0	18,0	20,0	22,0	26,0	30,0	31,0	29,0	28,0	19,0	17,0
	min	8,0	9,0	8,0	11,0	13,0	17,0	21,0	22,0	19,0	17,0	11,0	9,0
	Moy	12,5	13,5	13,0	15,5	17,5	21,5	25,5	26,5	24,0	22,5	15,0	13,0
2005	Max	14,0	14,0	16,0	19,0	24,0	28,0	30,0	30,0	28,0	26,0	21,0	17,0
	min	4,0	6,0	7,0	9,0	11,0	18,0	21,0	21,0	19,0	17,0	11,0	8,0
	Moy	9,0	10,0	11,5	14,0	17,5	23,0	25,5	25,5	23,5	21,5	16,0	12,5
2006	Max	15,0	16,0	20,0	23,0	24,0	28,0	30,0	30,0	29,0	28,0	24,0	18,0
	min	7,0	7,0	10,0	13,0	17,0	18,0	21,0	21,0	19,0	17,0	14,0	9,0
	Moy	11,0	11,5	15,0	18,0	20,5	23,0	25,5	25,5	24,0	22,5	19,0	13,5
2007	Max	19,0	20,0	18,0	20,0	25,0	26,0	29,0	31,0	27,0	24,0	20,0	16,0
	min	8,0	10,0	9,0	14,0	15,0	19,0	20,0	22,0	19,0	16,0	11,0	8,0
	Moy	13,5	15,0	13,5	17,0	20,0	22,5	24,5	26,5	23,0	20,0	15,5	12,0
2008	Max	18,0	19,0	19,0	22,0	23,0	27,0	30,0	30,0	27,0	25,0	20,0	17,0
	min	7,0	9,0	9,0	11,0	15,0	18,0	21,0	22,0	20,0	17,0	11,0	8,0
	Moy	12,5	14,0	14,0	16,5	19,0	22,5	25,5	26,0	23,5	21,0	15,5	12,5
1974-2004	Max	16,3	16,6	18,3	19,5	21,8	25,7	29,6	29,7	27,8	24,9	20,4	17,6
	min	7,3	7,8	8,8	10,3	13,5	17,1	19,8	20,7	18,9	15,4	11,4	8,6
	Moy	11,8	12,2	13,6	14,9	17,7	21,4	24,7	25,2	23,4	20,2	15,9	13,1

Tableau 1 -*Températures ambiantes mensuelles (en °C) : maximales (Max), minimales (min) et moyennes (Moy) de Béjaia pendant la période 2002-2005 et températures moyennes mensuelles de 1974 à 2004. Données fournies gracieusement par la station météorologique de Béjaia.*

(Station météorologique de Béjaia)

Années	MOIS												Total
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	
2002	69	104	58	18	24	0	107	28	62	36	193	315	1014
2003	311	69	31	221	27	1	8	2	114	76	46	206	1112
2004	148	55	87	110	70	26	0	5	19	30	178	136	864
2005	166	168	60	42	8	0	0	6	28	32	107	172	789
2006	127	141	47	17	53	5	1	20	35	21	13	133	613
2007	9	20	175	132	12	10	3	7	63	149	175	207	962
2008	7	20	120	37	66	7	3	4	144	61	131	73	673
1974-2004	110,1	83,3	79,3	70,4	41,8	12,5	8,6	11,2	43,9	69	106,5	127,3	763,9

Tableau 2 - *Moyennes des précipitations mensuelles (en mm) de la région de Béjaia pendant la période 2002-2007 et pluviométrie moyennes mensuelles de 1974 à 2004.*

(Station météorologique de Béjaia)

2. - Le Parc National du Djurdjura (terrain de montagne)

2.1. - Situation géographique et caractéristiques générales

L'un des plus majestueux massifs montagneux nord-africain, le Djurdjura (3° 54' à 4° 40' de longitude Est ; 36° 27' de latitude Nord), prend naissance à 140 km au Sud-Est d'Alger. Tout en intégrant une portion de l'Atlas Tellien, il est situé à une cinquantaine de kilomètres de la Mer Méditerranée et chevauche le territoire de la Wilaya de Bouira au Nord et celui de Tizi-Ouzou au Sud. Le massif est orienté d'Est en Ouest, sa longueur est de 50 km et sa largeur varie de 3 à 10 km. Avec une superficie de 18 550 ha, le Parc National du Djurdjura est l'une des réserves naturelles les plus importantes d'Algérie. Il a été créé par le décret n° 83-460 du 23 juillet 1983, puis érigé en réserve de la biosphère par l'UNESCO en 1997. Il se caractérise par des massifs élevés et majestueux (Lalla-Khadîdja: 2 308 m et Akouker : 2 305 m d'altitude)etdes vallées encaissées. La ligne de crête des sommets du Djurdjura représente aussi une ligne de partage des eaux à la fois vers le Nord et vers le Sud, délimitant ainsi deux gigantesques bassins versants où prennent naissance de nombreux cours d'eau qui vont se rejoindre et se jeter dans la Mer Méditerranée (l'oued Isser par le Nord et l'oued Soummam par le Sud).

Ce massif montre principalement des habitats forestiers (3 469 ha) et de larges pelouses (8 300 ha). La flore est marquée par la présence d'espèces nobles, rares et endémiques, telles que : le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus Atlantica*), le Pin Noir (*Pinus nigra ssp. clusina var. mauritania*), le Genévrier sabine (*Junisperus sabina),* le Houx (*Ilex aquifolium*). La faune est riche et diversifiée et comprend la plupart des espèces de l'Algérie du Nord telles que : le Singe magot (1500 individus), la Hyène rayée, le Chacal, le Renard roux, la Genette, la Mangouste, le Sanglier, le Hérisson, le Porc-épic, etc.

Dans le Parc National du Djurdjura, notre terrain d'étude, destiné à déterminer le régime alimentaire du Hérisson (*Atelerix algirus)* à partir des fèces, est constitué par la pelouse alpine de Si El Hlou (située sur le versant Sud de Tikjda). Cette station est caractérisée par deux ensembles géomorphologiques très distincts : E1, une clairière en pente très accentuée, délimitée en amont par la lisière d'une cédraie et hérissée de rochers pouvant constituer des abris, et E2, une clairière en pente douce, traversée par un cours d'eau et entourée en amont par un maquis. La station de Si El Hlou est formée d'une riche strate herbacée (*Anthemis pedunculata, Chrysanthemum coronarium, Bellis silvestris, Galium ellipticum, Mentha rotundifolia, Origanum glandulosum, Astragalus armatus, Anagallis arvensis, Rosa montana, Thymus Algeriensis, Poa bulbosa, Arum italicum, Ranunculus macrophyllus, Asphodelus microcarpus, etc.*) attirant une entomofaune riche et variée (Si Bachir 1991).

Années		Mois											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1990 2004	Max	7,15	8,82	11,85	13,74	18,82	25,49	29,07	29,21	24,2	17,5	11,52	7,83
	min	0,9	2,33	3,17	4,53	8,61	13,47	16,25	16,76	13,8	9,85	4,94	2,2
	Moy	4,03	5,58	7,51	9,14	13,72	19,48	22,66	22,99	19	13,7	8,23	5,02

Tableau 3 - *Températures ambiantes mensuelles corrigées (en °C) : maximales (Max), minimales (min) et moyennes (Moy) de la région Tikjda pendant la période 1990-2004.*

(Données corrigées : station météorologique de Bouira)

	Mois												Total
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Pluviosité	138,11	70,92	58,28	78,89	64,89	19,55	8,49	22,40	43,67	57,36	94,68	130,69	787,93

Tableau 4 - *Moyennes corrigées des précipitations mensuelles (en mm) de la région de Tikjda, pendant la période 1990 à 2004.*

(Données corrigées : station météorologique de Bouira)

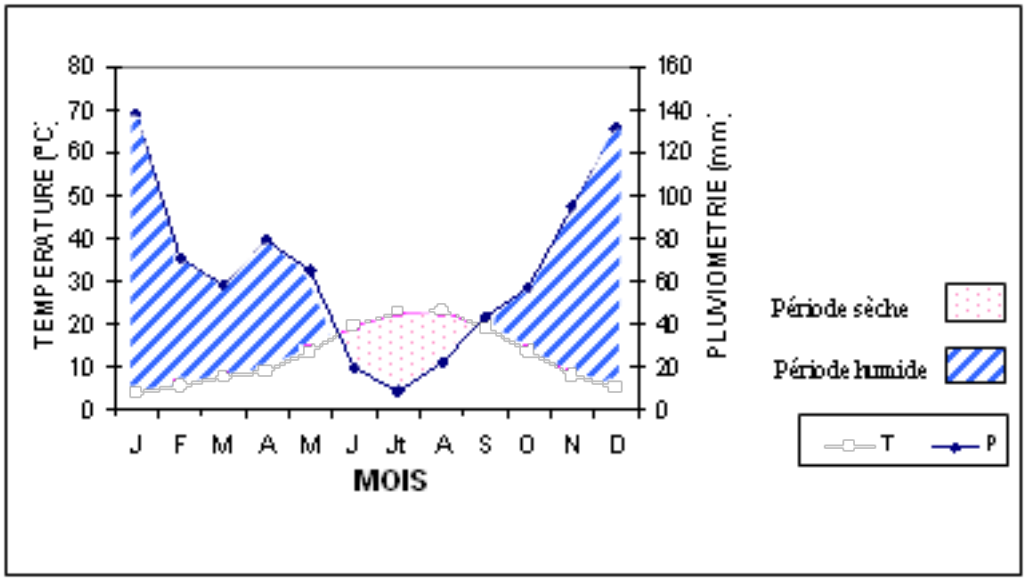


Figure 7 – *Diagramme ombrothermique de la région de Tikjda (Parc National du Djurdjura : 1990 - 2004).*

2.2. - Le climat du Djurdjura

Le Djurdjura a la forme d'un arc de cercle ouvert vers le Nord et, de ce fait, la partie centrale se trouve directement exposée aux influences maritimes avec des vents forts (> 20 m/s) venus du Nord, un gradient pluviométrique très important et des températures minimales adoucies. Au contraire, le versant Sud présente un effet de continentalité plus accentué et des vents chauds. Comme toute région méditerranéenne, le Djurdjura présente donc un climat capricieux et fortement saisonnier caractérisé en général par des étés chauds et secs et des hivers froids et humides. Toutefois, l'altitude assez élevée de ce massif montagneux s'accompagne d'un microclimat humide à variante fraîche (pluviométrie > 1500 mm/an ; grêle > 6 jours/an). Les températures sont basses de décembre à avril, et souvent accompagnées de chutes de neige (plus de 2 m d'épaisseur sur les sommets au-dessus de 1000 m). Les gelées sont fréquentes de mi-décembre jusqu'à mi-février (17,2 jours/an) (Abdeslem 1995).

L'absence de données météorologiques concernant le Parc National du Djurdjura nous a contraint à prendre en considération celles de la station de Bouira comme données de référence. Les températures et les pluviométries mensuelles ont été corrigées selon la méthode de Seltzer (1946), qui préconise des coefficients de corrections tenant compte de la différence d'altitude (815 m) entre la station d'étude (Si El Hlou : 1450m) et la station de référence (Bouira : 635m). Pour chaque élévation de 100 m en altitude, les températures sont corrigées par une diminution de 0,4 °C pour les températures minimales et de 0,7 °C les températures maximales, ainsi que l'augmentation des précipitations. Les valeurs estimées des températures et des précipitations du Djurdjura (région de Tikjda) pour la période allant de 1990 à 2004 sont consignées dans les tableaux 3 et 4.

Le Djurdjura reçoit les précipitations sous forme de pluie et de neige, principalement d'octobre à février (62 % de la pluviométrie annuelle). Au contraire, la période de juin à

septembre est caractérisée par la sécheresse. Le diagramme ombrothermique établi selon les données pluviométriques et les températures (Fig. 7), permet de confirmer ces deux périodes : l'une humide et froide (entre mi-septembre et fin mai), et l'autre chaude et sèche (de début juin à fin août) mais plus courte. Le quotient pluviométrique de la station de Si El Hlou (95,46 - calculé sur la période de 1990 à 2004) rapporté sur le climagramme d'Emberger montre que la station de Tikjda (Parc National de Djurdjura) se situe dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver frais (Fig. 6).

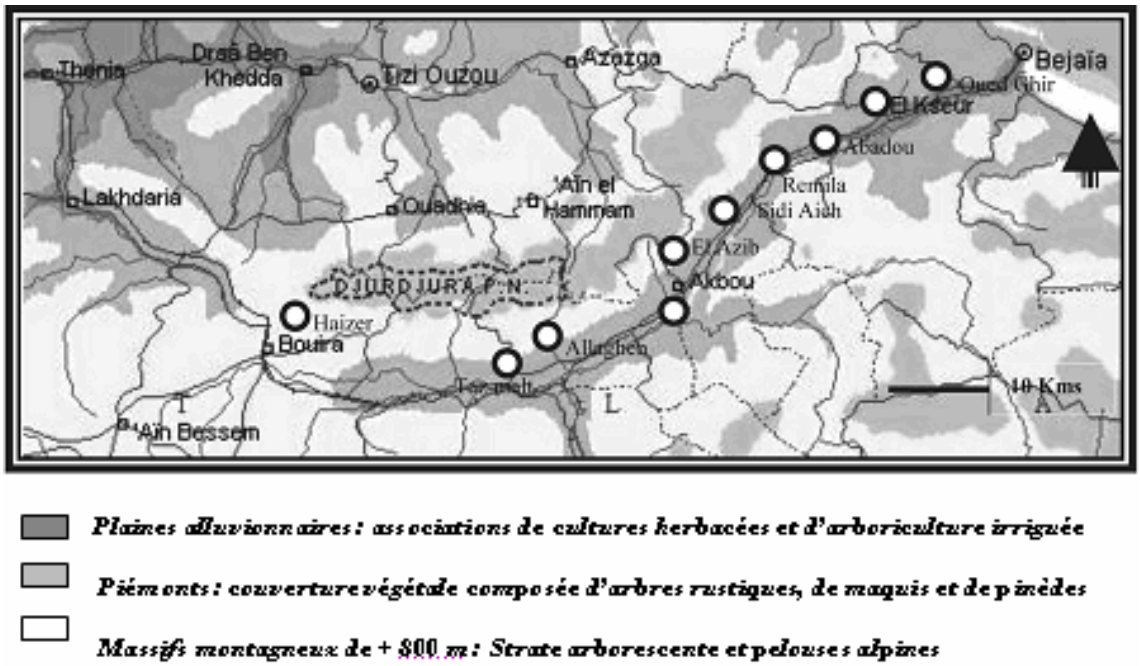


Figure 8 - *Itinéraire suivi le long de la vallée de la Soummam (de Béjaia à Bouira), mentionnant les différents secteurs (cercles ronds), lors de l'étude de la mortalité due au trafic routier chez le Hérisson d'Algérie (Atelerix algirus).*

III – Etude du Hérisson d'Algérie dans son milieu nature

I. - Enquête sur la biologie du Hérisson

Les données concernant la biologie du Hérisson d'Algérie et les relations avec son environnement étant rares et souvent peu précises, il nous a semblé nécessaire de procéder à une enquête destinée à recueillir diverses informations (type d'habitat, période de présence ou d'absence durant l'année, alimentation, reproduction [période de mise bas et nombre de petits], mortalité routière) sur cet animal dans son milieu naturel. Cette enquête a été réalisée avec la collaboration de UCD Bejaia, avec des agriculteurs, et avec des paysans de la vallée de la Soummam vivant en contact direct avec l'espèce. Un questionnaire typique comportant 10 questions a été remis à plus de 60 personnes de tous niveaux intellectuels connaissant bien la région (tels que les agriculteurs, les usagers de la route, les travailleurs de la direction des travaux publics, etc.). En complément, des

investigations personnelles (concernant l'habitat, les nids, l'alimentation et la mortalité) ont aussi été réalisées sur le terrain de 2002 à 2006.

2. - Etude de la mortalité au cours des saisons dans la vallée de la Soummam

Afin de suivre l'impact du facteur routier sur la mortalité du Hérisson d'Algérie, nous avons choisi de prospecter l'axe routier longeant la vallée de la Soummam d'ouest en est. C'est aussi un important axe routier au trafic dense (en moyenne de 13 000 à 22 000 voitures par jour), composé de plusieurs tronçons principaux reliant Bejaia à El Kseur (RN 12), EL Kseur à M'Chadallah (RN 26) et Slim à Bouira (RN 33) sur une distance d'environ 100 km. L'axe routier indiqué est caractérisé par des chaussées souvent étroites avec des bordures herbeuses pouvant attirer les hérissons.

Sur cet axe routier d'environ 100 km entre Béjaia et Bouira (Fig. 8), nous avons relevé, pendant 5 ans (de 2002 à 2006), le nombre de hérissons d'Algérie écrasés. Ces relevés ont été faits en voiture à vitesse réduite, selon une fréquence régulière (3 fois par semaine). Les cadavres ont été collectés pour déterminer le sexe et l'âge des animaux. Exceptionnellement, sur certains tronçons à forte mortalité, ces relevés ont été effectués à pied pour des raisons de sécurité, sans incidence sur l'échantillonnage car restreint à la chaussée. Compte tenu que le Hérisson est un animal nocturne, la collecte des cadavres a été faite régulièrement en début de matinée afin de réduire, soit leur détérioration par le passage des véhicules, soit leur déplacement par des chiens errants, ou soit leur prélèvement par des charognards potentiels (chacal, renard, mangouste, chouette).

Chaque animal trouvé a fait l'objet d'une fiche mentionnant la date, le lieu, l'environnement immédiat, le sexe et l'âge. La répartition des hérissons victimes du trafic routier a été rapportée à la zone de prospection et, celle-ci a été découpée en une dizaine de tronçons (Fig. 8) de 7 à 12 km, afin de déterminer les habitats et les zones sensibles en relation avec les différents paysages rencontrés. Les données globales concernant les hérissons écrasés ont été rapportées en fonction du temps (années, mois, saisons), analysées en relation avec le sexe et l'âge (mâles adultes ou femelles adultes et jeunes [non sexés] nés dans l'année).

Un indice de la mortalité routière (I_{mr} = nombre de cadavres par unité de distance et de temps [cadavres/km/an]) a été calculé : $I_{mr} = 365*c / s*d$ (c étant le nombre de cadavres relevés pendant la période s [en jours] sur l'axe considéré de longueur d [en km] au cours d'une année).

Au cours de l'année, les variations de la température ambiante (Ta) peuvent moduler l'intensité des déplacements du Hérisson d'Algérie ou le phénomène de l'hibernation que nous venons de mettre en évidence chez cette espèce (Mouhoub *et al.* 2006, 2008). Pendant la période 2002-2006, à partir des relevés fournis (moyennes mensuelles des températures maximales [Ta_{Max}] et minimales [Ta_{min}]) par la station météorologique de l'aéroport de Béjaia, nous avons recherché s'il y avait une relation entre le nombre de hérissons victimes du trafic routier et les variations saisonnières ou annuelles de la Ta.

Les données ont été présentées en pourcentage ou en moyenne ± erreur standard à la moyenne (Moyenne ± sem). Elles ont été analysées par une analyse de variance (ANOVA) à 1 ou 2 voies (Logiciel STATISTICA, StatSoft Inc., Tulsa OK 74104, USA) et les comparaisons

des moyennes ont été effectuées *post hoc* à l'aide du test LSD (différence significative à $P < 0,05$).

Figure 9 – *Formes et tailles des fèces du Hérisson d'Algérie, Atelerix algirus. (photo : Chafika MOUHOUB)*

IV – Etude du régime alimentaire

1. - Composition du régime alimentaire

Deux grandes approches sont classiquement utilisées pour étudier le régime alimentaire : l'approche "directe", basée sur l'observation des animaux pendant leur phase d'alimentation et, l'approche "indirecte", fondée soit sur l'analyse des restes ou des prélèvements issus du système digestif ou soit sur des relevés d'indices témoignant de l'activité alimentaire typique de l'espèce (Baubet 1998). Compte tenu du fait que le Hérisson est une espèce discrète et nocturne, nous avons utilisé la seconde méthode et analysé les prélèvements issus du système digestif (fèces et prélèvements stomacaux). L'analyse des fèces récoltés sur le terrain a été complétée par l'analyse des contenus stomacaux ou intestinaux (identification d'items ingérés moins dégradés que dans les fèces) des animaux victimes du trafic routier.

1.1. - Collecte des échantillons

1.1.1. - Fèces

Au cours de ses pérégrinations nocturnes, le Hérisson fait ses crottes (ou fèces) dans des endroits dégagés tels que sur les prairies, les chemins forestiers ou les bordures de routes. Le Hérisson d'Algérie rejette des crottes de forme cylindrique, généralement effilées à l'une des extrémités (Fig. 9) et, selon l'âge de l'animal, leurs dimensions varient beaucoup. Ces défécations ont des couleurs variables en fonction de l'alimentation : elles peuvent être grises ou cendrées (quand l'animal consomme des Crustacés Isopodes et des Myriapodes Diplopodes du genre *Iulus*), noirâtres et luisantes (en présence de parties sclérotinisées

d'Insectes ou d'autres Arthropodes), ou de la couleur de la terre (ingérée en périodes de pluies, surtout en automne et en hiver) (Doumandji & Doumandji 1992a).

Les fèces du Hérisson ont été récoltées dans deux sites différents sur lesquels l'animal est rencontré fréquemment : dans la vallée de la Soummam et dans le Parc National du Djurdjura durant l'année 2004. Dans la vallée de la Soummam, quatre stations bordées de bocages ou de hameaux, représentent différents biotopes tels que des terres cultivées, une prairie, un ruisseau boisé et une lisière forestière, alors qu'en montagne il s'agit d'une pelouse alpine. Au cours de cette étude, les fèces sont collectées deux fois par mois (2ème et 4ème semaine du mois),

conservées séparément dans des sachets étiquetés, puis congelées à –20 °C en attendant les analyses. Il est à remarquer qu'en période hivernale (décembre à février) ces récoltes se sont avérées infructueuses.

Durant notre étude, nous avons récolté 503 fèces en 2004. Après tirage au sort (5 fèces par station/mois), 180 échantillons représentatifs des différents biotopes de la vallée de la Soummam ont été analysés ainsi que 175 échantillons provenant de la pelouse alpine de Si El Hlou.

1.1.2. Estomacs

Le suivi de la mortalité du Hérisson dans la vallée de la Soummam nous a permis de récupérer 19 estomacs complets. Les estomacs sont prélevés rapidement et congelés à –20 °C dans l'attente des analyses. Toute information concernant le prélèvement (date, lieu, identification de l'animal) est associée au flacon.

1.2. - Comptage et détermination des proies

Pour déterminer la composition des fèces, les échantillons choisis sont décongelés dans une solution de formol à faible concentration (2 %), dilacérés puis filtrés à travers un tamis (maille de 1 mm) pour retenir les différentes pièces sclérotinisées des Arthropodes. La solution aqueuse et les particules passant au travers du filtre (filtrat total [V]) sont récoltées dans un bêcher et conservées pour déterminer ultérieurement la présence éventuelle de chètes (ou de soies) des vers de terre.

1.2.1. - Les Arthropodes

La partie solide retenue par le tamis est dispersée dans une boite de pétri puis les différents fragments d'Invertébrés issus de la digestion sont séparés sous une loupe (grossissement 10 x 1,6). Les éléments comparables sont mis dans une autre boite à fond quadrillé dans laquelle toutes les pièces semblables peuvent être regroupées sur un même cadran. Afin d'éviter les risques de surestimation liée à la fragmentation des pièces sclérotinisées, nous avons isolé et dénombré certaines parties caractéristiques du corps des proies comme : les apex des élytres (Coléoptères), les capsules céphaliques (Hyménoptères et Orthoptères), les téguments et raster (larves de Lépidoptères et Coléoptères), les cerques (Dermaptères), les longues pattes tubulaires (Aranéides), les mandibules et les fémurs (Orthoptères). La détermination des espèces proies ingérées par le Hérisson a été effectuée en collaboration avec les équipes des laboratoires d'Entomologie Agricole et Forestière (INA) et d'Ecologie et Environnement (Université de Béjaia) en se référant à leurs précieuses collections.

1.2.2. - Les Lombricidae

L'évaluation de la consommation des vers de terre peut se faire par plusieurs méthodes : soit en déterminant le volume de terre ingéré existant dans l'échantillon (Skoog 1970), ou soit en comptant les soies non attaquées par les sucs gastriques (Mouchès 1981). Cette dernière technique a été retenue pour notre étude, elle consiste à prélever une fraction de1 cm^3 du filtrat total (V). Afin de colorer les soies en jaune, on ajoute 1 cm^3 d'acide picrique à 10 %. Après quelques heures, ces 2 cm^3 sont étalés dans une boite de pétri dont la surface (S) est connue. Dans cette surface, le nombre de soies (n) est déterminé aléatoirement dans 10 champs différents de la loupe binoculaire. Connaissant le rayon du champ (R), le nombre approximatif de vers consommés (N) est calculé par la formule suivante

$$N = n \times V \times 2 / 10 \times (\pi R^2 . 2/S) \times 1000 \text{ soit } N = n \times V \times S \times 10^{-4}$$

La complexité de cette formule n'est en fait qu'apparente car seul le volume total de la dilution (V) et le nombre de soies (n) peuvent varier, ($\pi R^2/S$) étant une constante.

Il est aussi possible de contrôler la fiabilité de cette méthode en comptant le nombre de gésiers qui peuvent être retrouvés après tamisage (Bradbury 1977), bien que ces éléments soient parfois difficiles à retrouver lorsque les fèces sont anciennes (les gésiers étant vraisemblablement lysés sous l'action des moisissures).

1.3. - Exploitation des résultats

Pour l'exploitation des résultats concernant le régime alimentaire, nous avons utilisé des indices écologiques de composition et de structure, ainsi qu'une méthode statistique.

1.3.1. Indices écologiques de composition

Les indices écologiques de composition sont représentés par les richesses totales et moyennes, la fréquence centésimale (ou abondance relative), et la fréquence d'occurrence accompagnée par les interprétations de la constance.

La richesse totale (S) est le nombre des espèces composant un peuplement (Blondel 1979). C'est un paramètre fondamental pour la caractérisation d'une communauté d'espèces. La richesse totale S est le nombre de toutes les espèces inventoriées au sein de N excréments.

La richesse moyenne est le nombre d'espèces identifiées à chaque relevé. Ce paramètre est la richesse réelle la plus ponctuelle (Blondel 1979). Elle permet de calculer l'homogénéité du peuplement (Ramade 1984).

La fréquence centésimale (ou abondance relative) d'une espèce est le nombre des individus de cette espèce par rapport au nombre total des individus de toutes les espèces contenues dans le même prélèvement (Bigot et Bodot 1973). Elle est calculée selon la formule suivante :

$$AR\ \% = ni * 100 / N$$

(ni est le nombre des individus de l'espèce i prise en considération, et N est le nombre total des individus de toutes les espèces confondues).

La constance (ou fréquence d'occurrence) est définie par le nombre d'apparitions d'une catégorie alimentaire ou d'une espèce prise en considération par rapport au nombre total de fèces analysées Dajoz (1982). Sa formule est :

$$C\ (\%) = ni * 100 / N$$

(ni est le nombre de fèces contenant l'espèce i, et N est le nombre total de fèces analysées).

En fonction de la valeur de C, une espèce i peut être définie comme : Omniprésente (si 75% < C < 100%), Régulière (si 50% < C < 74%), Constante (si 25% < C < 49%), Accessoire (si 5% < C < 24%), ou Rare (si C < 5%).

1.3.2. - Indices écologiques de structure

Les indices écologiques de structure sont représentés par l'indice de diversité de Shannon Weaver, l'indice de diversité maximale et l'indice d'équirépartition.

L'indice de diversité de Shannon Weaver est considéré comme le meilleur moyen de traduire la diversité (Blondel *et al.* 1973). Celle-ci informe sur la structure du peuplement d'où provient l'échantillon et sur la façon dont les individus sont répartis entre les diverses espèces (Vieira Da silva 1979). L'indice de diversité est calculé par la formule suivante (Bornard *et al.* 1996) :

$$H' = -\sum Pi \cdot \log_2 Pi$$

(H' est l'indice de diversité exprimé en bits, Pi = ni/N exprime la probabilité de rencontrer l'espèce i, et N est le nombre total des individus toutes les espèces confondues).

L'indice de diversité maximale correspond à la valeur la plus élevée possible du peuplement, calculée sur la base d'une égale densité pour toutes les espèces présentes (Muller, 1985). Cet indice est calculé selon la formule suivante : Hmax. = log2S

(S est la richesse totale).

L'indice d'équirépartition (ou équitabilité) désigne dans un peuplement ou dans une communauté le degré de régularité des effectifs des diverses espèces qu'il renferme (Ramade 1993). Il correspond au rapport de la diversité (H') observée à la diversité maximale (H'max.) (Weesie & Belemsobgo 1997) : E = H' / Hmax.

L'équirépartition E varie entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand la quasi- totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement, celui-ci est déséquilibré. Elle tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus, les populations en présence sont équilibrées entre elles (Ramade 1984).

1.3.3. - Méthode statistique

L'expression statistique des résultats est exploitée par l'analyse factorielle des correspondances (A.F.C.). Elle peut être définie comme une méthode descriptive qui aide à faire l'analyse des correspondances entre deux variables qualitatives (Dervin 1992). L'A.F.C. cherche à extraire par l'intermédiaire d'une matrice des données, des fonctions numériques successives, non corrélées d'importances décroissantes qui montrent les liaisons statistiques possibles dans un espace multidimensionnel entre deux ensembles à caractère différents. Cette technique permet de regrouper en un ou plusieurs graphiques l'information contenue dans un tableau (Delagarde 1983). Dans la présente étude l'utilisation de l'A.F.C. a pour objectif de mettre en évidence les différences entre les régimes alimentaires mensuels des deux milieux d'étude à savoir la vallée de la Soummam et le Parc National du Djurdjura.

2. - Analyse énergétique

2.1. - Echantillonnage des disponibilités alimentaires sur le terrain

L'échantillonnage des disponibilités alimentaires sur le terrain a été effectué simultanément pendant les périodes de collectes des fèces. Pour collecter les Invertébrés qui constituent l'aliment de base du Hérisson, l'échantillonnage a été effectué en utilisant le filet faucard et les pots de barber.

2.1.1. – Filet faucard

L'objectif de ce type d'échantillonnage est de rechercher les différentes espèces vivant dans le milieu d'étude à l'aide d'un filet faucard. La méthode consiste à effectuer de mouvements de va-et-vient sur toute la hauteur de la végétation tout en rasant le sol afin de récupérer les insectes qui se trouvent dans la végétation (Benkhellil 1991).

2.1.2. – Pot de Barber

Le but est d'obtenir des échantillons aussi représentatifs que possible du milieu d'étude et de dénombrer les effectifs des espèces par l'utilisation de pots de Barber.Cette technique est utilisée pour capturer les Arthropodes marcheurs tels que : les Coléoptères, les larves de

collemboles(ou *Podurata*), les Aranea, les Diplopodes, ainsi que les Insectes volants qui viennent se poser à la surface ou qui sont emportés par le vent (Benkhellil 1991). En guise de pots de Barber, nous avons utilisé des gobelets en plastique enfoncés dans le sol (l'ouverture étant au ras du sol afin d'éviter l'effet barrière) et contenant de l'eau sur 1/3 de leur hauteur. Quelques gouttes de produit pour la vaisselle sont ajoutées pour éviter l'effet de surface et un trou de vidange est aménagé dans la paroi pour pallier aux débordements en cas de précipitations. Dans chaque station, 10 gobelets ont été disposés en ligne droite et espacés de 2 m les uns des autres. Ce type d'échantillonnage a été effectué durant tous les mois de l'année 2004. Les pots sont laissés en place pendant 7 jours. Les Arthropodes piégés sont récupérés sur un filtre pour être triés et déterminés.

2.2. - Etude du contenu énergétique des proies

Les diverses espèces d'Invertébrés capturées lors des différents échantillonnages sont triées et déterminées. Pour chaque espèce, des individus sont ensuite congelés (- 20 °C). L'eau des échantillons est éliminée par la lyophilisation et au cours de cette étape les lyophilisats sont pesés régulièrement jusqu'à l'obtention d'une masse constante de matière sèche. Chaque échantillon est réduit en poudre puis des petites pastilles de 1 g (± 0,1 mg) sont réalisées à l'aide d'une presse afin de déterminer la valeur calorique de la proie.

Ce travail a été effectué dans l'Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien (IPHC), Département d'Ecologie, Physiologie & Ethologie, UMR 7178, CNRS - Université de Strasbourg (France).

2.2.1 – Calorimétrie

2.2.1.1. - Principe de la bombe calorimétrique

La détermination de la valeur calorique des différents échantillons a été effectuée à l'aide d'une bombe calorimétrique adiabatique PARR ®1241. Ce système permet la combustion complète d'un échantillon dans une enceinte close saturée en dioxygène

à 25 bars. L'enceinte est totalement immergée dans un récipient contenant un volume connu d'eau déminéralisée (2 L). L'ensemble récipient (R) et enceinte (E) est placé dans un caisson thermostaté. La combustion de l'échantillon produit de la chaleur qui induit une élévation de la température de l'ensemble RE. Grâce à un procédé de réajustement permanent de la température du caisson thermostaté, aucune perte de chaleur vers le milieu extérieur n'est possible. La quantité d'énergie dégagée par l'échantillon est donc strictement proportionnelle à l'élévation de la température de RE. Dans les calculs, il faut cependant soustraire de la valeur énergétique brute des échantillons : a) la valeur énergétique la combustion du filament (valeur connue par unité de longueur) et, b) la production d'acides forts par super oxydation des composés soufrés et azotés. Ces acides sont dosés après chaque combustion à l'aide d'une solution de carbonate de sodium ([Na2CO3] = 0,0709 mol.L^{-1}) de façon à ce qu'un ml de carbonate de sodium versé corresponde à 4,1855 J.

Avant chaque série de mesures, l'appareil a été calibré avec de l'acide benzoïque dont la valeur calorique est de 26,445 Kj.g^{-1}. Connaissant l'équivalent calorique d'une élévation de la température de RE de 1 °C (EC), la valeur calorique (VC, en Kj.g^{-1})des échantillons peut être calculée directement d'après la formule suivante :

$$EC = [AB \times 26{,}445 + F + A] / \Delta t_{AB}$$

$$VC = (EC \times \Delta t_{échant.}) - F - A)) / M_{échant.}$$

Avec :	EC ⟶ Equivalent calorique (kj. C^{-1})
	AB ⟶ Masse d'acide benzoïque (g)
	$M_{échant.}$ ⟶ Masse d'échantillon (g)
	Δt ⟶ Ecart de température pré- et post-combustion
	F ⟶ Valeur calorique du filament brûlé (Kj)
	A ⟶ Valeur calorique des acides produits (Kj)

V – Etude de la température corporelle

1. - Capture et conditions d'élevage

L'étude des variations de la température corporelle (Tc) a nécessité d'élever les animaux en captivité dans des cages ou dans des parcs. Tous les animaux maintenus en captivité proviennent de la vallée de la Soummam. Ils sont capturés par des fournisseurs bénévoles. Dès leur arrivée, les animaux sont déparasités et identifiés (sexe). Leur âge est évalué, dans la mesure du possible, en fonction de leur masse corporelle, de certaines caractéristiques morphologiques (taille des membres, couleur des piquants) et de la saison de capture. Ainsi, plusieurs catégories d'animaux ont été distinguées : les mâles et les femelles adultes, les jeunes nés au printemps ou en été.

Les hérissons sont maintenus en élevage dans une pièce de l'animalerie de l'Université de Béjaia. Ils sont mis individuellement, soit dans des cages (50×40×30 cm) ou bien dans des petits parcs (140×70×90 cm) au sol. Une caisse en carton remplie de paille est placée dans un angle de chaque cage et de chaque parc, elle sera utilisée par l'animal comme abri et pour la construction de son nid. Les deux fenêtres de la pièce où sont les animaux sont ouvertes afin qu'ils soient soumis à des conditions climatiques proches de celles de l'environnement extérieur (lumière, température, humidité, etc.).

Dans d'autres expérimentations, les animaux ont été élevés en conditions environnementales extérieures dans des enclos situés près de Bouira, en amont de la vallée de la Soummam. Ainsi les hérissons sont soumis directement aux variations journalières des conditions naturelles. Durant toute la période d'expérimentation les hérissons sont alimentés quotidiennement avec de la viande pour chats et chiens (Canirace) et l'eau est fournie *ad libitum.*

2. - Mesure de la température corporelle

2.1 - Utilisation des i-Buttons

Afin de suivre l'évolution de la température corporelle (Tc) du Hérisson d'Algérie au cours différentes périodes de l'année (période de repos et période active) sans perturbation, nous avons utilisé des "temperature loggers" ou systèmes iButton (Dallas Maxim Integrated Products, UK). Le modèle utilisé (DS1922L) a un diamètre de 17 mm, une épaisseur de 6 mm et pèse 3 g. Il est doté d'une capacité de stockage qui, selon les caractéristiques imposées (précision, intervalle

Figure 10 - *Les différentes étapes de l'implantation chirurgicale des "temperature loggers" (iButton, modèle DS1922L) dans la cavité abdominale du Hérisson.*

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 (20 min) et une durée d'enregistrement de 114 jours. Ce système permet d'enregistrer les variations de la température corporelle pendant une longue durée et sans perturbation. Les émetteurs sont programmés à l'aide d'un logiciel *OneWireViewwer*. Pour couvrir toute la période de l'automne et de l'hiver, chaque animal a été 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 implantation dans la cavité abdominale du Hérisson, chaque émetteur 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 (Ta) ont été enregistrées par des émetteurs témoins placés à proximité des cages (en salle) ou accroché à un arbre (dans le cas des animaux élevés à l'extérieur).

2.2. - Implantation chirurgicale des iButtons

Pour implanter les iButtons dans la cavité abdominale des hérissons (Fig. 10), il est nécessaire d'anesthésier les animaux. L'anesthésie est effectuée de préférence chez des animaux à jeun. Dans ce contexte deux types d'anesthésies sont utilisés : anesthésie liquide par injection et anesthésie gazeuse par inhalation.

Anesthésie liquide *:* L'anesthésie utilisée est un cocktail de deux produits : le Zoletil (Virbac SA, 06516 Carros ; composé de la tilétamine, et du Zolazepan) et le Rompun à 2 %. Pour un hérisson de 300 g les doses utilisées sont : 0,1ml de Rompun à 2 % et 0,4 ml de Zoletil à 20 %, et pour un hérisson de 600 g les doses utilisées sont : 0,15 à 0,2 ml de Rompun à 2 % et 0,6 à 0,7 ml de Zoletil à 20 %. Les deux produits sont injectés successivement dans la cavité intrapéritonéale.

Anesthésie gazeuse *:* Pour maintenir l'anesthésie pendant les interventions chirurgicales, un petit appareillage simple a été confectionné au laboratoire. L'anesthésique (2 ml de Forène versés sur une boule de coton hydrophile) est introduit dans un flacon souple prolongé par un tuyau et un petit masque est placé sur le museau de l'animal. Par un simple mouvement de pression sur le flacon le forène devenu gazeux est envoyé vers l'animal.

Pour introduire l'émetteur dans la cavité abdominale de l'animal, il faut effectuer une laparotomie, une petite intervention chirurgicale qui comporte plusieurs étapes (Fig. 10).

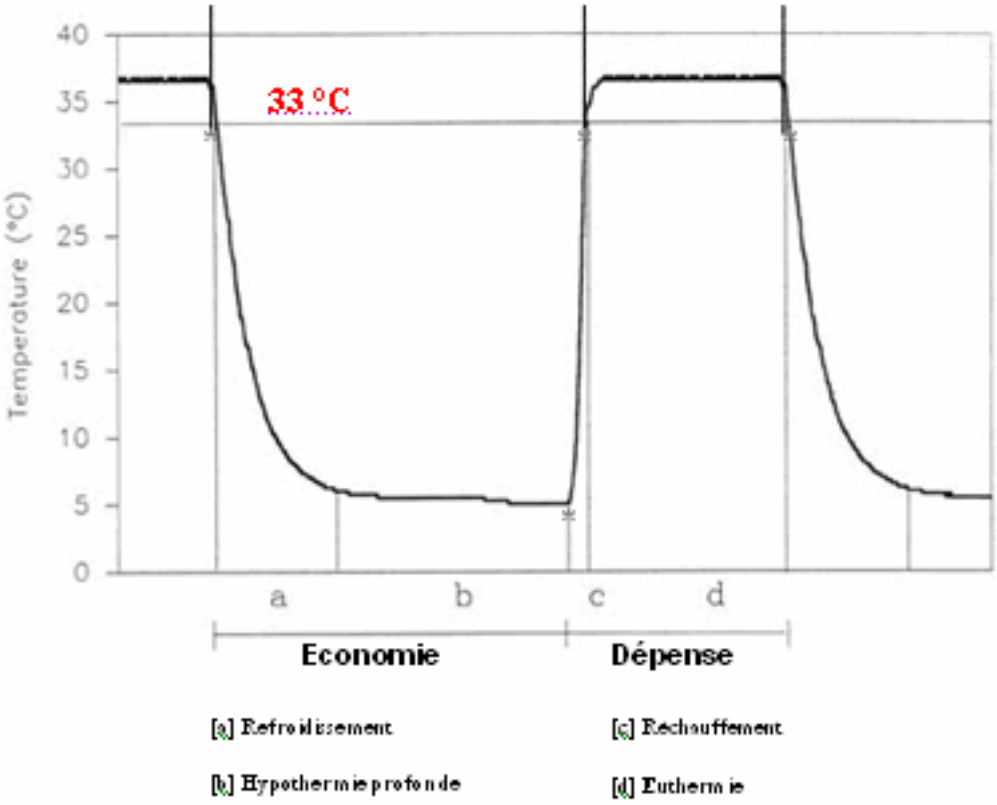


Figure 11 *– Représentation schématique des variations de la température corporelle du Hérisson en automne et en hiver. Alternance de* ***phases de torpeur*** *ou hypothermie (a [refroidissement] + b [hypothermie profonde] + c [réchauffement])) et de* ***phases d'euthermie*** *[d]. Bilan énergétique : [a + b] :* ***économie d'énergie*** *et [c + d] :* ***dépense d'énergie*** *.*

Lorsque l'animal est anesthésié, il est placé sur le dos et la partie abdominale est rasée sur un côté. La peau est désinfectée avec de l'éthanol à 70 % et les plans cutanés et musculaires sont incisés successivement sur 2 cm. Les émetteurs, après avoir été plongés quelques secondes dans l'alcool à 70 % et rincés dans du sérum physiologique stérile, sont introduits dans la cavité abdominale. Le plan musculaire est suturé avec un fil de nylon stérile ou du catgut et la peau à l'aide d'agrafes de Michel (1,5 mm). La plaie est nettoyée avec du sérum physiologique et un antibiotique local est appliqué afin d'éviter les risques d'infections. Après l'opération, l'animal est remis dans sa cage ou dans son parc et il est surveillé pendant les 24h suivant le réveil.

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

2.3. - Effectifs utilisés dans les différentes conditions expérimentales

De l'année 2005 à l'année 2009, les variations de la Tc ont été déterminées chez 24 hérissons d'Algérie (13 mâles adultes, 7 femelles adultes et 4 jeunes sub-adultes) pendant des durées variables d'un animal à l'autre.

Les expérimentations ont été réalisées au cours des différentes saisons de l'année et en environnement semi naturel (salle ouverte) ou à l'extérieur selon les 3 conditions suivantes :

a) en salle au cours de l'automne et de l'hiver 2005-06 et 2006-07 (n = 12),

b) à l'extérieur au cours de l'automne et de l'hiver 2007-08 et 2008-09 (n = 5),

c) en salle et à l'extérieur au cours du printemps et de l'été en 2006 et 2007 (n = 7).

2.4. - Exploitation des données

Les paramètres enregistrés (dates, heures, Tc) sont transférés grâce à des logiciels (Wordpad et Excel) sur un ordinateur, puis analysés. L'analyse à posteriori des enregistrements nous a permis rechercher chez le Hérisson d'Algérie l'existence de fluctuations saisonnières de la Tc, parfois suggérées mais encore jamais bien mises en évidence à ce jour (existence de torpeurs de durées et d'amplitudes plus ou moins longues pendant l'automne et l'hiver [mauvaise saison] ou pendant le printemps et l'été [période active, estivation ?]), et d'en décrire les modalités (incidence, intensité, durée, etc.).

Comme il a été fait précédemment chez le Hérisson d'Europe, la limite entre l'hypothermie et l'euthermie a arbitrairement été définie à Tc = 33 °C (Castaing 1985 ; Saboureau *et al.* 1991 ; Vignault 1994). La figure 11 montre que lorsque la Tc sera inférieure à 33 °C les animaux seront en **hypothermie** (ou **phase de torpeur**) et, quand la Tc sera supérieure à 33 °C, ils seront à nouveau en **normothermie** (ou **phase d'euthermie**).La phase de torpeur débute par **une phase de refroidissement** (diminution lente de la Tc), elle est suivie par **une phase d'hypothermie profonde** (Tc basse et proche de la Ta), puis elle se termine par **une phase de réchauffement** (aussi appelée **réveil périodique spontané** avec une augmentation rapide de la Tc). La fin de la phase de torpeur est marquée par le retour de la Tc à son niveau normal et régulé (Tc > 33 °C), c'est le début de **la phase d'euthermie**. Les phases de torpeur et d'euthermie, ainsi que les réveils

périodiques spontanés ont été caractérisés par la situation de leur début et de leur fin au cours du nycthémère, leur durée totale, leur amplitude et leur fréquence. Les vitesses de refroidissement et de réchauffement ont aussi été déterminées. Au cours des saisons, les torpeurs ont pu être caractérisées par leurs durées : les torpeurs dont la durée est inférieure à 24 h sont appelées **torpeurs journalières** tandis que celles dont la durée est supérieure à 24 h sont caractéristiques de l'hibernation (Heldmaier 2000 ; Geiser 2004). La détermination de ces différents paramètres a permis de comparer **les phases d'économie d'énergie** (refroidissement + hypothermie profonde) et **les phases de dépense d'énergie** (réchauffement + euthermie). Quand cela a été possible (suivi d'au moins 3 animaux pendant une même période) les caractéristiques des différentes phases (durée, amplitude, nombre) ont pu être sommées par périodes de 15 jours et comparées (pour chaque animal, pour chaque groupe, en fonction du sexe, etc.).

Pendant toutes les expérimentations concernant la température corporelle, nous avons aussi enregistré les horaires de lever et de coucher du soleil ainsi que les variations de la température ambiante (Ta) du milieu dans lequel les animaux sont maintenus (salle ou extérieur). Les données de la Tc ont été comparées aux variations de la Ta au cours du temps. De même, après l'implantation des émetteurs de température, la prise de nourriture a été notée chaque jour et les animaux ont été pesés lors des réveils. La masse corporelle et ses variations mensuelles ou journalières (perte ou gain de masse par jour [g/j^{-1}] et la vitesse de perte de masse [ou amaigrissement spécifique exprimé en $g/j^{-1}/100g^{-1}$ ou $\%/j^{-1}$]) ont pu être utilisées comme indicateurs de l'état des réserves énergétiques.

CHAPITRE I ETUDE DE LA MORTALITE DU HERISSON D'ALGERIE DUE AU TRAFIC ROUTIER DANS LA VALLEE DE LA SOUMMAM

I – Résultats / 1. – Données globales sur le nombre de hérissons d'Algérie victimes du trafic routier dans la vallée de la Soummam

Tableau 5 – Nombre de hérissons écrasés chaque année, de 2002 à 2006, dans la vallée de la Soummam.

Années	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	***Total***
n	134	98	62	59	106	*459*
%	29,19	21,35	13,51	12,85	23,09	*100*
Im	3,13	2,29	1,45	1,38	2,48	*10,74*

n = nombre d'animaux ; % = pourcentage ; Im = Indice de mortalité [cadavres/km/an]

Tableau 6 – Nombre de hérissons d'Algérie victimes du trafic routier entre Béjaia et Bouira de 2002 à 2006 : répartition des 459 animaux écrasés en fonction des différents secteurs définis.

Années	2002 (n)	2003 (n)	2004 (n)	2005 (n)	2006 (n)	**Total**	*%*
Oued Ghir	11	6	5	3	6	**31**	*6,75*
El Kseur	3	2	1	1	1	**10**	*2,18*
Abadou	12	12	8	5	9	**46**	*10,02*
Remila	24	20	14	18	27	**103**	*22,44*
Sidi Aich	4	3	3	2	3	**15**	*3,27*
El Azib	14	8	1	6	14	**43**	*9,37*
Akbou	3	1	2	3	3	**12**	*2,61*
Allaghen	13	10	5	5	11	**44**	*9,59*
Tazmalt	5	2	3	2	3	**15**	*3,27*
Haizer	45	34	20	14	27	**140**	*30,50*

n = nombre d'animaux par année et par secteur ; Total et pourcentage par secteur de 2002 à 2006. Remila et Haizer *vs* autres localités $P < 0,05$.

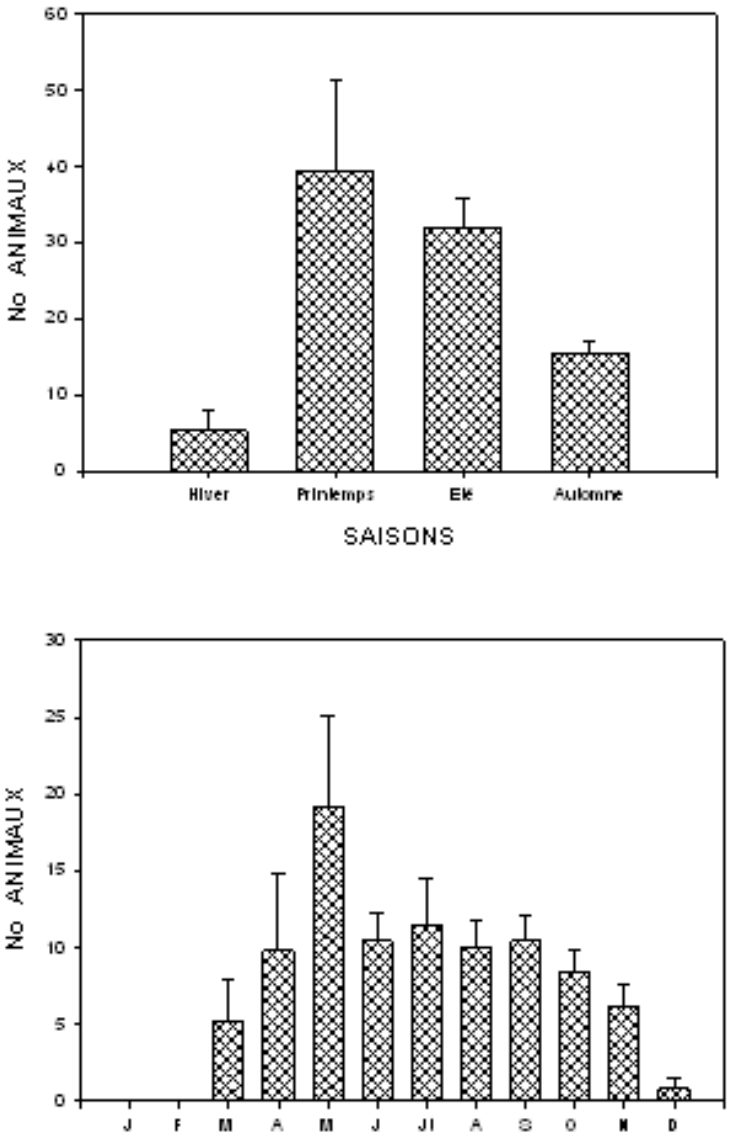


Figure 12 *– Répartition des hérissons d'Algérievictimes du trafic routier dans la vallée de la Soummam pendant la période 2002-2006 : a – (en haut) au cours des saisons et b - (en bas) en fonction des mois. Moyenne □ sem ; No = Nombre.*

I - Résultats

1. – Données globales sur le nombre de hérissons d'Algérie victimes du trafic routier dans la vallée de la Soummam

Pendant les cinq années successives de notre étude de 2002 à 2006, 459 hérissons morts par suite de collisions avec des véhicules ont été dénombrés sur l'axe routier de la vallée de la Soummam. Selon les années, le nombre d'animaux tués est irrégulier et varie fortement (maximum 134 en 2002 et minimum 59 en 2005) (Tab. 5). Il en est de même pour l'indice de mortalité routière (cadavres/km/an) dont le maximum (3,13) est observé en 2002 au début de notre étude et le minimum (1,38) en 2005.

En fonction des secteurs, le nombre de hérissons victimes du trafic routier est le plus important (entre 10 et 30 %) à la périphérie des petits villages faiblement urbanisés dont les noms sont : Abadou, El Azib, Allaghen (~ 10 %), Remila, (> 20 %), et Haizer (> 30 %) (Fig. 8 ; Tab. 6). Au contraire, le nombre d'animaux écrasés est le plus faible (< 5 %) dans les secteurs très proches des grandes agglomérations fortement urbanisées et peuplées telles que : Oued Ghir, El Kseur, Sidi Aich, Akbou et Taz malt (Fig. 8 ; Tab. 6).

2. – Répartitions saisonnières et mensuelles des hérissons d'Algérie victimes du trafic routier dans la vallée de la Soummam

Le nombre moyen de hérissons écrasés par saison (cumul par saison des données de 2002 à 2006) (Fig. 12a) est minimal en hiver (5,20 ± 2,72 ; 5,66 %), maximal au printemps (39,40 ± 12,06 ; 42,92 %), reste encore très élevé en été (31,80 ± 3,85 ; 34,64 %) (printemps et été *vs* hiver $P < 0,05$; printemps *vs* automne $P < 0,05$), puis décroît en automne (15,40 ± 1,72 ; 16,78 %).

La représentation des mêmes données sous la forme de moyennes mensuelles (Fig. 12b), montre que les premiers animaux écrasés sont observés à partir du mois de mars puis le nombre de morts augmente régulièrement pour atteindre un maximum (19,20 ± 5,95 ; 20,92 %) en mai (mai *vs* autres mois $P < 0,05$). De juin à septembre, le nombre de morts reste plus faible et stable (de 10,0 ± 1,84 à 11,4 ± 3,09 ; variation entre 10,89 et 12,82 %). A partir d'octobre, le nombre

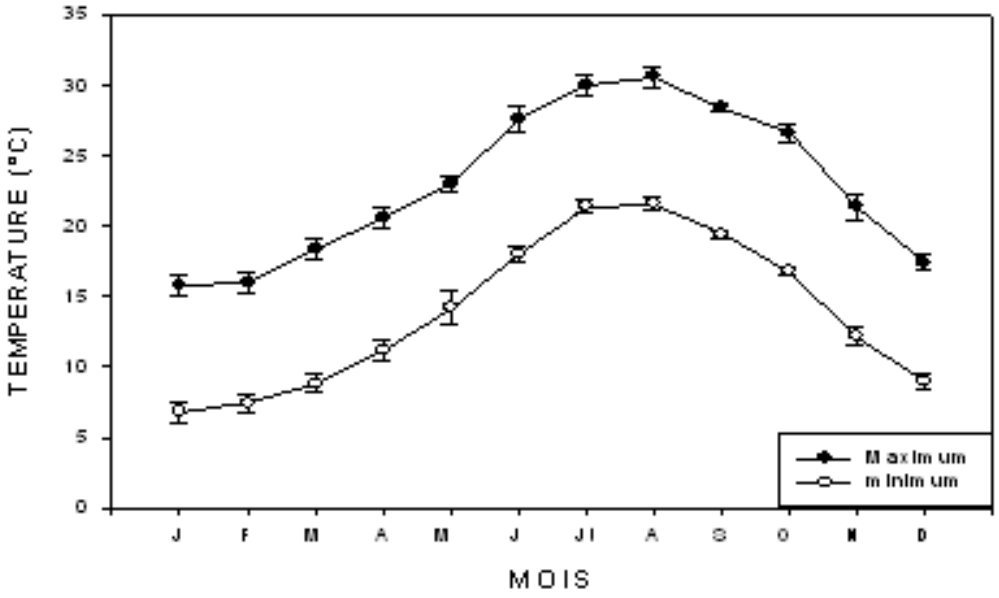


Figure 13 *- Variations mensuelles des températures moyennes minimales (ronds blancs) et maximales (ronds noirs) à l'aéroport de Béjaia pendant la période 2002-2006. Moyenne ±sem.*

d'animaux écrasés diminue progressivement puis devient très faible en décembre (0,80 ± 0,65 ; 0,87 %) et nul en janvier et février (décembre à février *vs* avril à octobre $P < 0,05$).

3. – Variations interannuelles du nombre de hérissons victimes du trafic routier en relation avec les variations de la température ambiante dans la vallée de la Soummam

Au cours des 5 années de l'étude, le nombre des animaux écrasés est plus faible en 2004 et 2005 (Tab. 5). L'analyse de ces résultats par année et par saison montre que les variations saisonnières observées sont significativement différentes uniquement au cours du printemps (2004 ou 2005 *vs* 2002, 2003 ou 2006 $P < 0,05$) mais pas pendant les autres saisons.

En relation avec ces variations annuelles du nombre de hérissons d'Algérie victimes du trafic routier, nous avons recherché une éventuelle influence de l'environnement climatique (typiquement méditerranéen) en étudiant les variations annuelles de la température ambiante (Ta). Pendant la période 2002-2006, les évolutions moyennes mensuelles des températures ambiantes minimales (Ta_{min}) et maximales (Ta_{Max}) (Fig. 13) montrent que les mois les plus froids sont observés de décembre à mars (Ta_{min} entre 4 et 10 °C) avec des Tas minimales en janvier et/ou février (Ta_{min} < 4-8 °C), tandis que les mois les plus chauds vont de juin à octobre (Ta_{Max}entre 26 et 33 °C) avec des températures maximales en juillet et août (Ta_{Max} > 30 °C). En hiver, les Tas sont toujours supérieures à 0 °C et, tout au long de l'année, malgré des variations jour/nuit importantes, l'écart [$Ta_{Max} - Ta_{min}$] reste toujours pratiquement constant (entre 8,4 et 9,8 °C). Au cours de cette étude, 2006 a été l'année la plus chaude (moyenne : 19,08 °C) et 2005 l'année la plus froide (moyenne : 17,45 °C), avec des Ta_{min} et des Ta_{Max} les plus basses enregistrées pendant l'hiver et au début du printemps.

En dépit de convergences en 2005 entre le faible nombre d'animaux écrasés et les températures basses observées, aucun effet statistiquement significatif n'a pu être établi entre les variations interannuelles du nombre d'animaux écrasés et de la température ambiante. Les variations annuelles observées de la mortalité routière sont probablement dues à des facteurs multiples et indirects en relation ou non avec les variations de la Ta.

4. – Répartitions saisonnières et mensuelles, en fonction du sexe et de l'âge, des hérissons d'Algérie victimes du trafic routier dans la vallée de la Soummam

Parmi les 459 cadavres de hérissons examinés sur la route, nous n'avons pas pu identifier le sexe et/ou l'âge chez 55 animaux répartis tout au long de l'année. Le nombre de victimes du trafic routier, prises en compte dans l'étude en fonction de l'âge et du sexe, porte donc sur 404

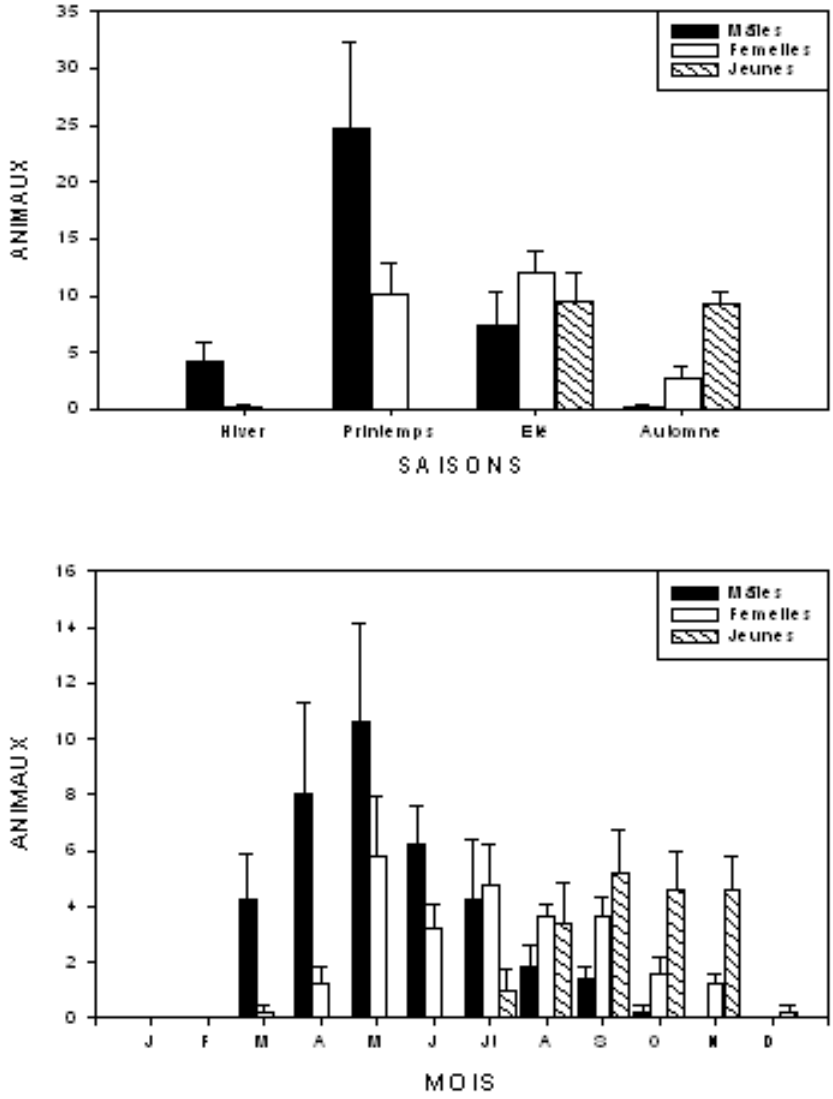


Figure 14 *– Répartition des hérissons d'Algérie victimes du trafic routier dans la vallée de la Soummam selon l'âge et le sexe pendant la période 2002-2006 : a – (en haut) au cours des saisons, et b – (en bas) en fonction des mois. Moyenne ± sem.*

animaux qui ont été distribués entre 3 catégories : mâles adultes, femelles adultes et jeunes [non sexés] nés dans l'année.

En fonction du sexe et de l'âge, les données moyennes annuelles montrent que les hérissons victimes du trafic routier sont d'abord les mâles adultes (36,20 ± 8,17 ; 45,30 %), puis les femelles adultes (25,20 ± 2,74 ; 31,19 %) et les jeunes (19,00 ± 3,20 ; 23,51 %).

L'expression des résultats par saison (Fig. 14a) montre une répartition différente dans le temps entre les 3 groupes. Les mâles sont trouvés les premiers, à partir de la fin de l'hiver, avec un maximum au printemps (24,80 ± 7,46) et des valeurs plus basses en été (mâles printemps *vs* hiver et été P <0,05). Le nombre des femelles est élevé surtout au printemps (10,20 ± 2,72) et en été (12,00 ± 1,97), puis diminue en automne (femelles printemps et

été *vs* automne $P < 0,05$). Il est à noter que le nombre de femelles écrasées est toujours inférieur à celui des mâles (mâles printemps vs femelles printemps et été $P < 0,05$). Les jeunes sont essentiellement trouvés en été (9,60 ± 2,54) et en automne (9,40 ± 0,91).

La répartition mensuelle des hérissons mâles adultes écrasés (Fig. 14b) montre un nombre moyen important de mars à juillet (> 5,20 %) avec des valeurs élevées d'avril à juillet (maximum en mai : 10,60 ± 3,55 ; 13,12 %). Ensuite, ce nombre diminue progressivement et significativement à partir d'août (mâles [avril, mai, juin] *vs* [août] $P < 0,05$) jusqu'à être quasiment nul d'octobre à février. Les femelles n'apparaissent qu'à partir d'avril avec un nombre d'animaux écrasés moins élevé que celui des mâles (mâles [avril, mai, juin] *vs* femelles [avril, mai, juin] $P < 0,05$), après des valeurs maximales observées en mai (5,80 ± 2,10 ; 7,18 %). Ce niveau reste pratiquement stable de juin à septembre (3,96 à 5,94 %) mais diminue en automne, pour être minimal d'octobre à avril (0 à 1,98 %). Les jeunes hérissons écrasés sont observés à partir de juillet avec un pic en septembre (5,20 ± 1,52 ; 6,44 %) et un plateau élevé en début d'automne, en octobre et novembre (5,69 %) (jeunes [sept., oct., nov.] *vs* mâles [sept., oct., nov.] ou femelles [oct., nov.] $P < 0,05$). La diminution est rapide en décembre et aucun animal n'est trouvé pendant tout l'hiver. Au printemps suivant, il devient alors difficile de différencier les jeunes nés l'année précédente des adultes.

II - Discussion

L'enquête effectuée en Algérie pendant 5 ans, dans la vallée de la Soummam, sur le nombre de hérissons d'Algérie victimes (*Atelerix algirus*) du trafic routier constitue une première approche de la distribution spatiale et temporelle de cette espèce dans cette région d'Afrique du Nord. De ce fait, nos résultats ont été analysés et comparés à ceux obtenus dans de nombreux pays d'Europe de l'Ouest chez une espèce proche, le Hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*). Les accidents de la route avec la faune n'étant pas aléatoires mais liés aux déplacements (Morris & Berthoud 1987), au cours de ce travail nous avons aussi essayé de dégager l'influence des différents facteurs éthologiques, climatiques et physiologiques pouvant être impliqués.

Pendant les 5 années de cette étude dans la vallée de la Soummam, le nombre total d'animaux écrasés est important (459 animaux) mais par manque d'informations détaillées sur chacun des secteurs de cet axe, il ne nous a pas été possible de relier ces données à l'intensité du trafic routier, ni d'estimer le nombre total annuel d'animaux écrasés dans cette région. Dans certains pays d'Europe où le réseau routier est très développé et le trafic dense, les estimations du nombre total annuel de hérissons tués sur les routes sont très variables (113 000 à 340 000 aux Pays-Bas [Huijser & Bergers 1998] ou 720 000 à 1 000 000 dans l'ouest de l'Allemagne [Sponholz 1965]). Selon les travaux effectués sur le nombre d'animaux victimes du trafic routier, il est évident que chaque étude réalisée ne donne en aucun cas des résultats exhaustifs et que les chiffres obtenus correspondent à des minima effectivement observés. Dans ce contexte, certains auteurs (Berthoud 1980 ; Morris & Berthoud 1987) pensent qu'il convient de multiplier les observations des cadavres des Mammifères le long d'un axe routier par un coefficient de 2 à 5 pour approcher l'incidence réelle de la mortalité due au trafic.

Dans la vallée de la Soummam, l'indice annuel de mortalité routière (I_{mr}) du Hérisson varie largement entre 1,38 et 3,13 cadavres/km/an. Des travaux similaires, effectués dans différents pays d'Europe de l'Ouest, estiment l'I_{mr} chez le Hérisson d'Europe entre 0,01 et 5,6 animaux/km/an (Reeve 1994 ; Huijser *et al.* 1998), mais cet indice présente aussi une très grande variabilité selon les études (Göransson *et al.* 1976 ; Berthoud 1980 ; Garnica

& Robles 1986 ; Huijser *et al.* 1998). Dans les pays qui ont un réseau routier très dense, l'I_{mr} peut être très élevé (Belgique : 13,5 [Holsbeek *et al.* 1999] ou les Pays-Bas : 11,9 [Tempel 1993]). Sur la base de l'I_{mr}, les résultats de la présente étude chez le Hérisson d'Algérie dans la vallée de la Soummam sont comparables à ceux observés chez le Hérisson d'Europe dans de nombreux pays, mais ils restent toutefois très inférieurs à ceux observés dans les pays présentant un réseau routier dense et une forte circulation.

Au cours de ce suivi, le nombre des animaux victimes du trafic est très variable selon les secteurs mais les concentrations les plus fortes correspondent à des lieux bien délimités. Les secteurs dans lesquels ce nombre de cadavres est important correspondent à des petits villages faiblement urbanisés (Haizer : 30,5 % ; Remila : 22,4 % ; Abadou : 10,0 % ; Allaghen : 9,6 % et El Azib 9,4 %). Ces différents secteurs présentent des biotopes communs tels que des réseaux de haies, des lisières forestières, des talus herbeux et buissonnants, des prairies et des terres cultivées parcourues par des cours d'eau afférents à l'Oued El Soummam. Les éléments du paysage traversés, associés aux bordures herbeuses des routes, constituent des facteurs essentiels pouvant attirer les hérissons dont l'habitat doit rassembler la présence de nourriture, une couverture voisine et des voies facilitant l'orientation (Huijser 1999). A ce titre chez le Hérisson d'Europe, les bordures herbeuses des routes constituent un lieu d'habitat attractif et la continuité des bordures herbeuses droites des couloirs de dispersions (Doncaster *et al.*2001 ; Driezen *et al.* 2007), éléments qui sont à considérer dans l'intensité de la mortalité due au trafic routier (Rondinini & Doncaster 2002). Le croisement de cet ensemble d'écosystèmes avec l'axe routier à fort trafic crée une interruption du paysage qui devient un piège mortel pour le Hérisson. Selon l'orientation de ces éléments linéaires (telles que forêt, bordures de haies ou bandes engazonnées) le nombre de hérissons victimes du trafic routier peut varier : il est de 20 à 27 % supérieur quand l'orientation de ces éléments linéaires est perpendiculaire à la route par rapport à une orientation plus parallèle (Huijser 1999).

Un faible nombre d'animaux écrasés est enregistré dans les secteurs voisins des grandes agglomérations fortement urbanisées telles que Oued Ghir, El Kseur, Sidi Aich, Akbou et Tazmalt. Les présentes observations sont en accord avec une étude effectuée en Belgique (Somers & Verhagen 1999) montrant les variations de la mortalité routière du Hérisson d'Europe en relation avec le milieu : le nombre de victimes est plus élevé dans le paysage ouvert (2,11/km), inférieur en forêt (1,33/km) et faible dans les aires urbaines (0,20/km). Au contraire, en Pologne une étude comparable de la mortalité due au trafic routier dans la périphérie de Wroclaw, montre que le Hérisson a une préférence pour les secteurs urbains (Orlowski & Nowak 2004), les éléments linaires de ce milieu constituant un corridor écologique. Si dans ce contexte, le nombre de hérissons victimes du trafic routier n'est pas dû au hasard, il doit plutôt être relié avec certaines caractéristiques routières locales (Huijser 1999). Il est aussi possible que les différences observées soient dues à des différences de densité des populations. Ces densités de population peuvent être reliées au milieu, à la disponibilité de ses ressources et aussi à l'impact dû à l'intensité de la circulation routière. Ainsi, dans la vallée de la Soummam, l'habitat près des villages semblerait plus favorable à une forte densité de population du Hérisson d'Algérie (haies,

bordures herbeuses, ressources abondantes, faible urbanisation) que celui des grandes agglomérations (habitat perturbé, ressources abondantes mais fort impact de l'homme, des prédateurs potentiels et de la densité du trafic). Ces différents points sont à étudier en détails ultérieurement pour mieux comprendre et interpréter les résultats de la présente étude.

Au cours de l'année, la distribution des hérissons d'Algérie victimes du trafic routier dans la vallée de la Soummam montre des variations saisonnières nettes : maximales au printemps et en été, et minimales en automne et en hiver. La répartition mensuelle de ces données précise que les premiers animaux écrasés sont trouvés en mars. Le plus grand nombre d'animaux tués se situe en mai. Ce nombre diminue à partir d'octobre-novembre et, aucun animal n'est plus trouvé de décembre à début mars. Ces résultats montrent une certaine similitude avec les données sur la mortalité routière chez le Hérisson d'Europe aux Pays-Bas (Smit & Meijer 1999 ; Reeve & Huijser 1999), le maximum de victimes du trafic routier étant trouvé en été (juin, juillet et août), et le minimum de la fin de l'automne au début du printemps (novembre–décembre à avril). Ces données ont été confirmées en Belgique par des études de capture, marquage et recapture (Somers & Verhagen 1999), le nombre des victimes du trafic routier augmentant graduellement d'avril à août. De même, les résultats observés dans la périphérie de Wroclaw en Pologne(Orlowski & Nowak 2004) montrent chez 2 espèces de hérissons (*Erinaceus europaeus* et *E. concolor*) que le nombre de victimes dues au trafic routier est élevé en été (juillet, septembre) et au début de l'automne (octobre). Les différences entre le présent travail et ces différentes études peuvent s'expliquer par la différence entre les espèces (Orlowski & Nowak 2004), mais plus probablement, par les différences de latitudes et de climats. En Algérie, le climat méditerranéen plus doux permet une durée de vie active plus étendue que dans les pays d'Europe plus septentrionaux dont le climat continental présente des saisons plus marquées.

Le nombre de hérissons d'Algérie écrasés peut aussi varier sensiblement d'une année à l'autre. Il est plus élevé durant les années 2002, 2003 et 2006 (Tas élevées) qu'en 2004 et 2005 (Tas les plus basses). Si pendant ces 2 dernières années le nombre d'animaux écrasés est significativement plus faible uniquement au cours du printemps, il n'a pas été possible de corréler ces données avec une diminution annuelle ou saisonnière de la température ambiante. Bien que 2005 ait été une année relativement plus froide que les autres années, les variations de la mortalité routière sont certainement dues à des facteurs multiples indirects. Ces différences climatiques peuvent avoir une incidence sur les 2 grands cycles saisonniers que sont la reproduction et l'hibernation et par conséquent modifier les périodes de déplacements. Les hivers les plus froids (en 2005) peuvent retarder la sortie de l'hibernation (Mouhoub *et al.* 2008) et diminuer les déplacements (et le nombre de victimes) au printemps (fin mars - avril). Les températures froides en fin d'hiver - début de printemps peuvent aussi augmenter la mortalité des hérissons (observations personnelles) et avoir un effet direct sur la population au moment de l'émergence de l'hibernation. Chez le Hérisson d'Europe, l'effet d'une température de l'air basse (inférieure à 9 °C) en début de saison active est considéré comme un facteur limitant pour les déplacements (Morris & Berthoud 1987). Le fait qu'un nombre élevé d'animaux écrasés soit corrélé à une Ta moyenne de 19 °C relativement élevée (Ta_{min} 15 °C et Ta_{Max} 23 °C) pourrait indiquer une sensibilité ou une plus grande dépendance des hérissons algériens vis à vis de températures ambiantes basses. Des effets similaires liés à la diminution des Tas sont aussi possibles sur la réduction de l'activité chez les adultes en début d'automne et chez les jeunes en début d'hiver.

L'examen des hérissons d'Algérie victimes du trafic routier en relation avec le sexe et l'âge montre clairement que les mâles sont les principales victimes par rapport aux femelles (sex ratio m:f = 1,45). Ces données sont comparables à celles observées par Reeve & Huijser (1999) (sex ratio m:f variant de 1,1 à 1,5 selon les mois). En outre, le nombre de mâles écrasés augmente rapidement à partir de mars pour être maximum en mai et, l'augmentation des femelles écrasées est plus tardive (à partir d'avril) avec un maximum plus faible se maintenant en plateau de mai à juillet. Ces déphasages nets observés

au printemps entre mâles (activité locomotrice précoce et intense) et femelles (activité locomotrice plus tardive et plus faible) sont à relier à des caractéristiques physiologiques et comportementales différentes. De telles différences entre sexes ont déjà été décrites chez le Hérisson d'Europe, en particulier, la sortie de l'hibernation est plus précoce chez les mâles que chez les femelles (Castaing 1985 ; Saboureau 1986 ; Saboureau & Castaing 1986 ; Vignault & Saboureau 1993) et la réactivation précoce de la fonction gonadique chez le mâle favorise cette sortie de l'hibernation (Saboureau & Boissin, 1984 ; Saboureau, 1986). Au printemps, les mâles sont très actifs pendant le rut à la recherche des femelles (Kristiansson 1990 ; Reeve 1994 ; Huijser *et al.* 1997) et ils présentent des domaines vitaux plus grands (Reeve 1982, 1994 ; Reeve & Huijser 1999), ce qui explique qu'ils soient particulièrement victimes de l'impact du trafic routier par rapport aux femelles.

En période estivale et automnale, les différences entre mâles et femelles sont inversées avec une décroissance du nombre de victimes du trafic chez les mâles à partir d'août tandis que le nombre de victimes reste encore élevé chez les femelles et ne diminue seulement qu'à partir d'octobre. De telles différences de comportements ont aussi été décrites chez le Hérisson d'Europe en relation avec le sexe des animaux, la régulation de la reproduction et l'entrée en hibernation. Ainsi, les mâles rentrent en hibernation avant les femelles et chez les mâles la régression de la reproduction précède le début de l'hibernation (Saboureau *et al.* 1984). De nombreux jeunes hérissons (nés au printemps ou en été) sont aussi retrouvés écrasés en fin d'été (en même temps que les femelles) et en début d'automne. Chez le Hérisson d'Europe, un nombre important d'animaux victimes du trafic routier en automne a aussi été observé et il serait dû à une activité intense des jeunes nés en été et qui sont à la recherche de nourriture pour s'engraisser avant de rentrer en hibernation (Rondinini & Doncaster 2002). La rareté de la nourriture (Invertébrés) en période automnale (Sayah 1996) pourrait aussi augmenter les déplacements des jeunes hérissons et les risques de mortalité dus au trafic routier.

Les résultats de cette étude de plusieurs années, concernant le nombre de hérissons d'Algérie victimes du trafic routier dans la vallée de la Soummam, ont permis de mettre en évidence quelques aspects des relations de cette espèce avec son environnement. En égard aux variations saisonnières observées en fonction du sexe et de l'âge des animaux, de considérer, en comparaison avec le Hérisson d'Europe, les possibles changements endocriniens impliqués dans la régulation des comportements locomoteurs et des cycles annuels de la reproduction et de l'hibernation. Chez le Hérisson d'Algérie, les informations ayant trait à ces derniers domaines sont encore rares et feront l'objet de futures investigations.

CHAPITRE II ETUDE DU REGIME ALIMENTAIRE DU HERISSON D'ALGERIE

RESULTATS – Composition du régime alimentaire dans la V.S et le PND

Classes	VS		PND	
	n	%	n	%
Insecta	12752	*91,75*	8699	*96,64*
Oligocheta	451	*3,24*	69	*0,77*
Crustacea	276	*1,99*	39	*0,43*
Gastropoda	153	*1,10*	33	*0,37*
Myriapoda	135	*0,97*	63	*0,70*
Arachnida	122	*0,88*	98	*1,09*
Reptilia	5	*0,04*	0	*0,00*
Aves	4	*0,03*	0	*0,00*
Mammalia	1	*0,01*	0	*0,00*

Tableau 7 - *Etude comparée en 2004 du spectre alimentaire du Hérisson d'Algérie dans la vallée de la Soummam (VS) et dans le parc National du Djurdjura (PND). Nombre de proies (n) et pourcentage (%).*

Classes / *Ordres*	VS		PND	
	S	*s*	**S**	*s*
Insecta				
Blattoptera	**2**	*0,01*	-	-
Mantoptera	-	-	**1**	*0,01*
Dermaptera	**2**	*0,01*	**2**	*0,01*
Orthoptera	**26**	*0,13*	**33**	*0,19*
Heteroptera	**13**	*0,07*	**8**	*0,05*
Coleoptera	**100**	*0,50*	**69**	*0,39*
Hymenoptera	**19**	*0,10*	**15**	*0,09*
Lepidoptera	**3**	*0,02*	**1**	*0,01*
Diptera	**3**	*0,02*	-	-
Oligocheta	**1**	*0,01*	**1**	*0,01*
Gastropoda	**9**	*0,05*	**3**	*0,02*
Arachnida	**7**	*0,04*	**14**	*0,08*
Crustacea	**2**	*0,01*	**1**	*0,01*
Myriapoda	**6**	*0,03*	**3**	*0,02*
Reptilia	**1**	*0,01*	-	-
Aves	**1**	*0,01*	-	-
Mammalia	**1**	*0,01*	-	-
Richesse totale	**196**		**151**	

Tableau 8 *– Richesses totales (S) et moyennes (s) des proies du Hérisson d'Algérie classées par catégories. Etude en 2004 dans la vallée de la Soummam (VS) et dans le Parc National du Djurdjura (PND).*

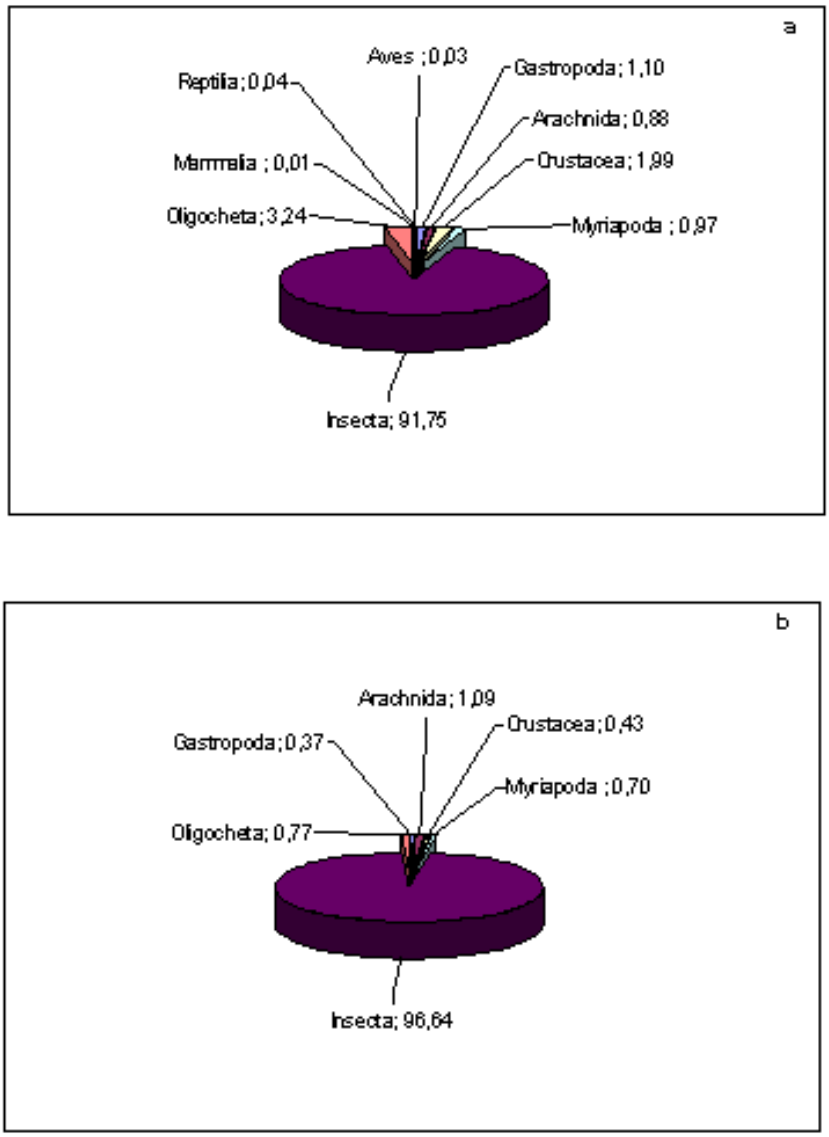


Figure 15 - *Spectre alimentaire du Hérisson d'Algérie en fréquences : a) dans la vallée de la Soummam et, b) dans le Parc National du Djurdjura.*

I - Résultats

Dans ce paragraphe, nous présenterons successivement les résultats de la **d**étermination du régime alimentaire chez le Hérisson d'Algérie à partir d'échantillons obtenus en 2004 dans 2 milieux d'études : a) en plaine, dans la vallée de la Soummam (VS) et, b) en montagne, dans le Parc National du Djurdjura (PND).

1. - Régime alimentaire du Hérisson d'Algérie dans la vallée de la Soummam

1.1.- Etude des indices écologiques

1.1.1. - Le spectre alimentaire

En 2004, l'analyse des fèces et des estomacs récoltés dans la vallée de la Soummam (région allant du littoral méditerranéen [Béjaia] au piémont du massif du Djurdjura [Bouira]) a permis de dénombrer un nombre très important de proies (13 899) et fait ressortir 9 classes d'animaux (Tab. 7). La classe des Insectes prédomine numériquement sur toutes les autres classes et représente l'essentiel du régime alimentaire du Hérisson (91,75 %) (Fig. 15a). Les classes les plus importantes sont ensuite : les Annélides (Oligochètes : lombrics) avec des taux réguliers mais bien plus faibles (3,24 %), puis les Gastéropodes, les Arachnides, les Crustacés et les Myriapodes avec des taux très faibles (entre 2,00 et 0,88 %). Les autres classes comme les Reptiles, les Oiseaux, et les Mammifères sont très rares et occasionnelles (Fig. 15a, Tabl. 7).

1.1.2. - Richesses totales et moyennes : globales et mensuelles des différents éléments trophiques

Au cours de l'année 2004, la richesse totale (S) en proies est de 196 (Tabl. 8) avec une très grande diversité d'espèces (168) chez les Insectes. Dans les autres classes, cette diversité est réduite et varie de 9 à 2 espèces (Arachnides, Gastéropodes, Myriapodes et Crustacés) à seulement 1 espèce (Oligochètes, Reptiles, Oiseaux et Mammifères). Chez les Insectes, les richesses totales (S) et moyennes (s) les plus élevées sont observées principalement chez les

Milieu		Mois								
		M	A	M	J	Jt	A	S	O	N
VS	**S**	**74**	**87**	**103**	**91**	**78**	**67**	**60**	**61**	**34**
	s	*3,08*	*3,48*	*4,48*	*4,14*	*3,71*	*3,05*	*2,86*	*2,96*	*1,7*
PND	**S**	**0**	**76**	**98**	**97**	**96**	**81**	**75**	**50**	**0**
	s	*0,00*	*5,07*	*4,90*	*3,34*	*2,82*	*2,03*	*3,57*	*3,13*	*0,00*

Tableau 9 – *Répartition mensuelles (de mars à novembre) des richesses totales (**S**) et moyennes (s) des proies du Hérisson d'Algérie. Etude en 2004 dans la vallée de la Soummam (VS) et dans le parc National du Djurdjura (PND).*

Coléoptères	VS		PND	
	n	%	n	%
Carabeidae	63	*3,77*	79	*8,24*
Trechidae	9	*0,54*	-	-
Lebiidae	26	*1,55*	7	*0,73*
Harpalidae	16	*0,96*	-	-
Scarabeidae	169	*10,10*	233	*24,30*
Cetonidae	496	*29,65*	24	*2,50*
Buprestidae	11	*0,66*	19	*1,98*
Staphylinidae	76	*4,54*	43	*4,48*
Histeridae	46	*2,75*	52	*5,42*
Tenebrionidae	291	*17,39*	135	*14,08*
Silphidae	258	*15,42*	-	-
Licinidae	7	*0,42*	59	*6,15*
Callistidae	5	*0,30*	-	-
Colydiidae	1	*0,06*	-	-
Curculionidae	77	*4,60*	114	*11,89*
Chrysomelidae	33	*1,97*	93	*9,70*
Bruchidae	19	*1,14*	-	-
Scolytidae	13	*0,78*	9	*0,94*
Elaterida	-		9	*0,94*
Carpophilidae	2	*0,12*	-	-
Dystiscidae	3	*0,18*	-	-
Cicindelidae	17	*1,02*	-	-
Dermestidae	-		6	*0,63*
Callistidae	3	*0,18*	-	-
Cerambycidae	5	*0,30*	-	-
Alleculidae	11	*0,66*	2	*0,21*
Meloidae	2	*0,12*	33	*3,44*
Lampyridae	14	*0,82*	-	-
Fam. Col. ind.	-	-	42	*4,38*

Tableau 10 *– Etude comparée, dans la vallée de la Soummam (VS) et dans le Parc National du Djurdjura (PND) en 2004, des différentes familles de Coléoptères ingérées par le Hérisson d'Algérie. Nombre de proies (n) et pourcentages (% ou Fréquences centésimales).*

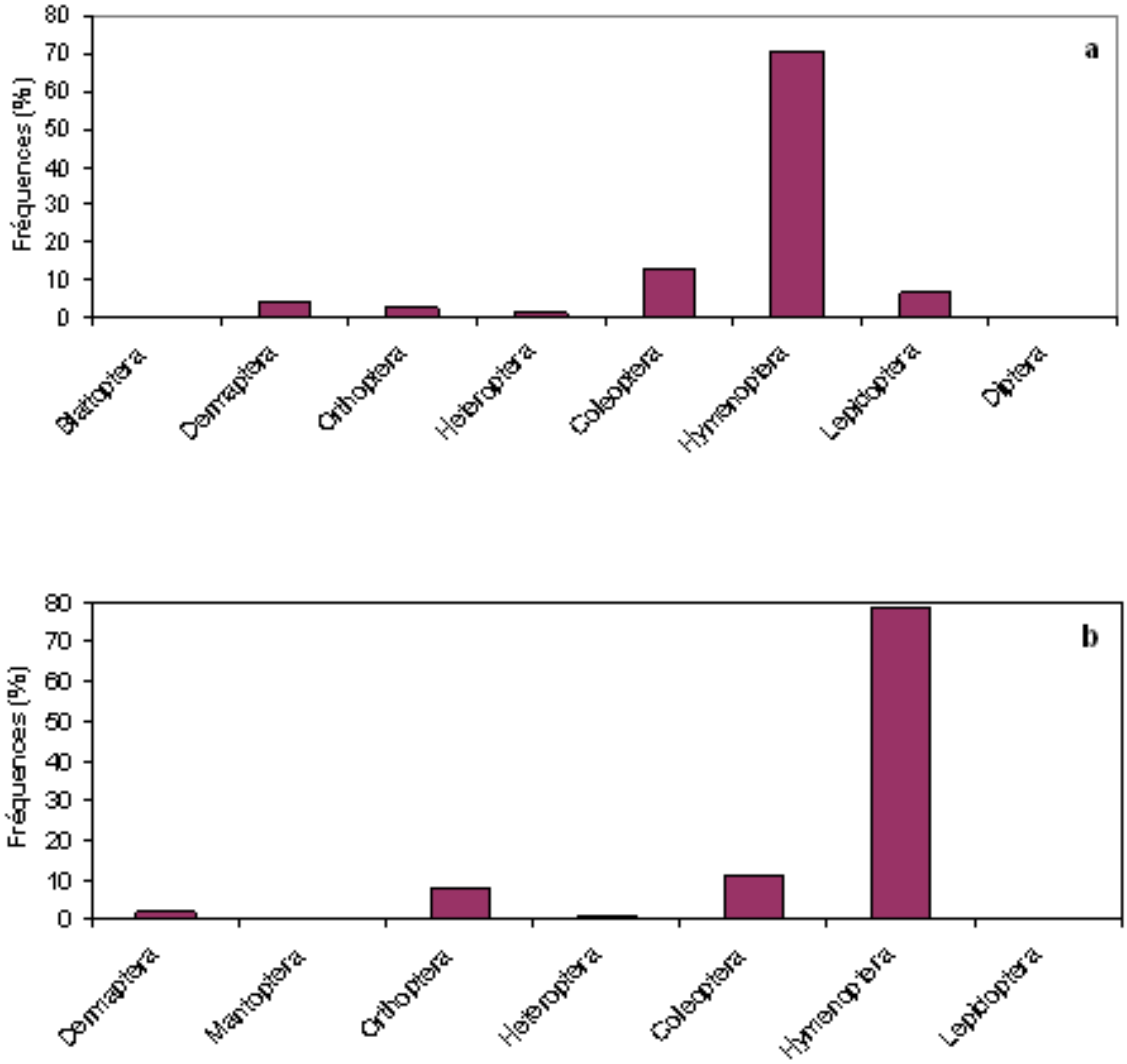


Figure 16 *- Fréquences centésimales des différents ordres d'insectes ingérés par le Hérisson d'Algérie : a) dans la vallée de la Soummam et,b) dans le Parc National du Djurdjura.*

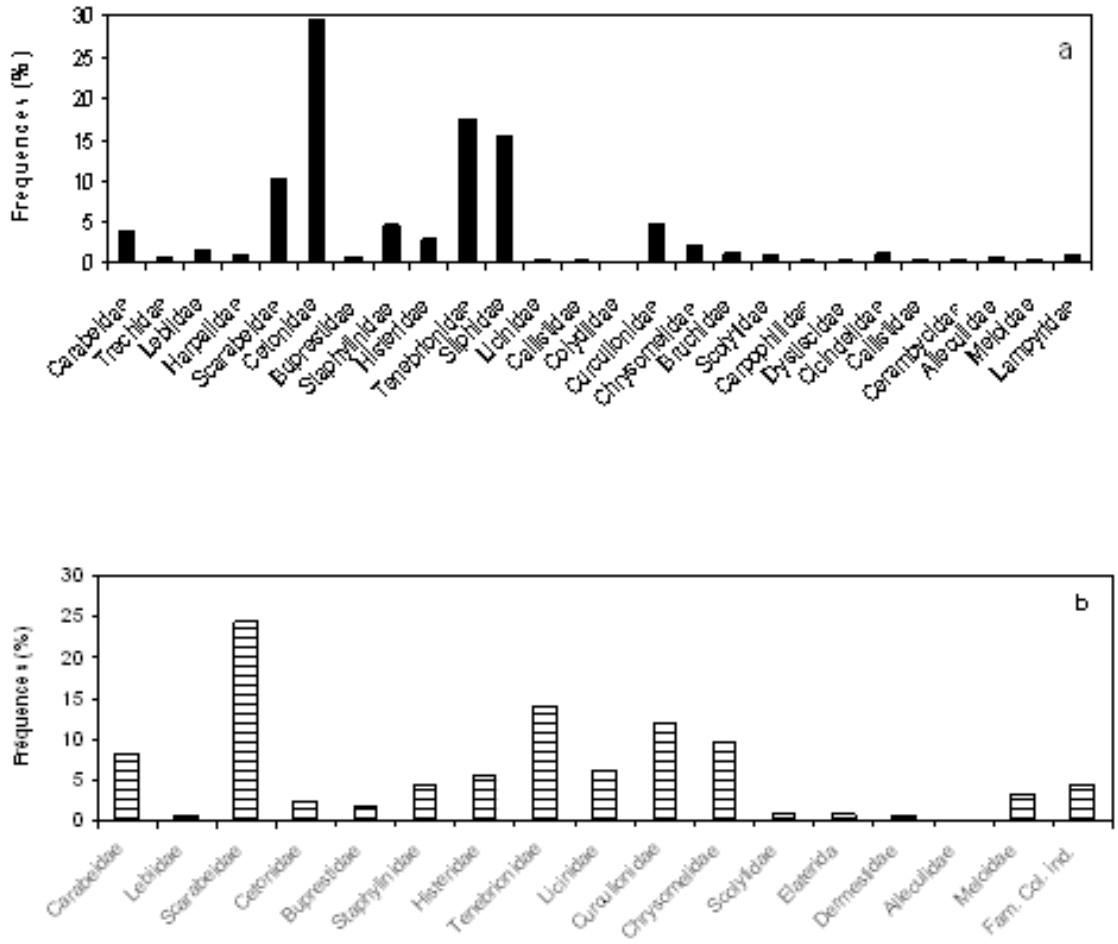


Figure 17 – *Fréquences centésimales des familles de Coléoptères proies : a) dans la vallée de la Soummam et, b) dans le Parc National du Djurdjura.*

Coléoptères (100 espèces ; 0,50 %), les Orthoptères (26 espèces ; 0,13 %), les Hyménoptères (19 espèces ; 0,10 %) et les Hétéroptères (13 espèces ; 0,07 %).

Les valeurs les plus élevées en **richesses totales et richesses moyennes mensuelles** des éléments ingérés (Tab. 9) sont observées en mai (103 espèces) et en juin (91 espèces) dans les excréments échantillonnés. Ces richesses totales et moyennes diminuent progressivement de juillet à novembre, mois pendant lesquels les valeurs sont minimales (34 espèces). Les richesses moyennes sont maximales en mai et juin (4,1 à 4,5 %) et minimales en novembre (1,7 %).

1.1.3. - Fréquences centésimales et fréquences d'occurrences des proies

Les fréquences centésimales traduisent l'abondance relative des proies composant le régime alimentaire du Hérisson et sont représentées sur l' ***annexe I*** . Sur l'ensemble des proies, la classe des Insectes est la plus représentée dans le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie.

L'ordre des Hyménoptères représente la fréquence la plus élevée (soit 65,2 % : Fig. 16a) des proies ingérées avec 16 espèces et 9057 individus identifiés. Dans cet ordre, la famille des Formicidés est dominante avec une grande diversité et l'espèce *Messor barbara*

est la plus abondante (46,5 %), suivie par *Camponotus* sp. (5,4 %) et *Tapinoma simrothi* (1,9 %).

L'ordre des Coléoptères avec de très nombreuses familles (26) et une fréquence importante (12,0 %) des proies contribue aussi beaucoup à la ration alimentaire du Hérisson. Les familles retrouvées le plus fréquemment sont : les Cétonidés (29,7 %), les Ténébrionidés (17,4 %) et Silphidés (15,4 %), les Scarabéidés (10,1 %) et les Curculionidés (4,6 %) (Tab. 10, Fig. 17a). Les espèces les plus fréquentes sont *Silpha granulata* (1,8 %), *Aethiessa sp.* (1,4 %), *Oxythyrea funesta (*1,0 %), *Tapinota squalida* (1,1%), *Pimelia sp.* (0,9 %).

L'ordre des Dermaptères contribue au régime alimentaire du Hérisson avec des fréquences encore élevées (> 4 %) avec deux espèces souvent retrouvées : *Anisolabis mauritanicus* (2,6 %) et *Forficula auricularia* (1,5 %).

L'ordre des Orthoptères montre des fréquences réduites (2,7 %) avec des espèces telles que *Pamphagus elphas(0,4%), Aiolopus strepens(0,3) Gryllus* sp,et *Gryllotalpa gryllotalpa(0,2%)*.

Parmi les autres classes composant le régime alimentaire du Hérisson nous pouvons noter des Crustacés dont l'espèce la plus fréquente est *Armadilidium* sp (2 %), des Myriapodes avec l'espèce principale *Iulus* sp. (0,5 %) et des Arachnides représentés par les espèces *Scorpio* sp. (0,17 %), *Buthus occitanus* (0,14 %)et *Solifugea* sp1. (0,40 %).

Les fréquences d'occurrence ou **constance** (C) sont aussi représentées dans l' ***annexe I*** . Les fréquences d'occurrences les plus élevées sont notées chez les Insectes, dans l'ordre des Hyménoptères avec une omniprésence de l'espèce *Messor barbara* (91,11 %), puis une

Classes / *Ordres*	**Hiver**		**Printemps**		**Eté**		**Automne**	
	VS	*PND*	VS	*PND*	VS	*PND*	VS	*PND*
Insecta								
Blattoptera	0,72	-	0,21	-	0,48	-	0,11	-
Mantoptera	-	-	-	*0,06*	-	*0,15*	-	-
Dermaptera	10,27	-	*5,36*	*3,31*	1,70	*0,77*	4,04	*2,03*
Orthoptera	*5,65*	-	4,16	*8,61*	1,95	*6,35*	0,76	*6,38*
Heteroptera	3,49	-	1,77	*1,87*	0,56	*0,26*	0,29	*0,00*
Coleoptera	15,50	-	19,98	*15,51*	6,80	*7,59*	7,39	*8,92*
Hymenoptera	40,25	-	60,58	*66,67*	85,71	*81,85*	41,78	*78,12*
Lepidoptera	1,13	-	0,32	*0,09*	0,46	*0,13*	29,27	*0,91*
Diptera	-	-	-	-	0,35	-	-	-
Oligocheta	*5,24*	-	1,39	*1,08*	-	*0,45*	12,04	*1,22*
Gasteropoda	4,83	-	*1,85*	*0,84*	-	*0,04*	0,65	*0,30*
Arachnida	0,21	-	0,93	*0,51*	1,28	*1,64*	0,25	*0,41*
Crustacea	8,11	-	2,00	*0,48*	0,30	*0,34*	3,10	*0,71*
Myriapoda	4,41	-	1,33	*0,96*	0,37	*0,45*	0,32	*1,01*
Reptilia	0,21	-	0,06	-	0,04	-	-	-
Aves	-	-	0,04	-	-	-	-	-
Mammalia	-	-	0,02	-	-	-	-	-

Tableau 11 - *Variations saisonnières en 2004 des différentes proies du Hérisson d'Algérie dans la vallée de la Soummam (VS) et dans le parc National du Djurdjura (PND). Pourcentages (%).*

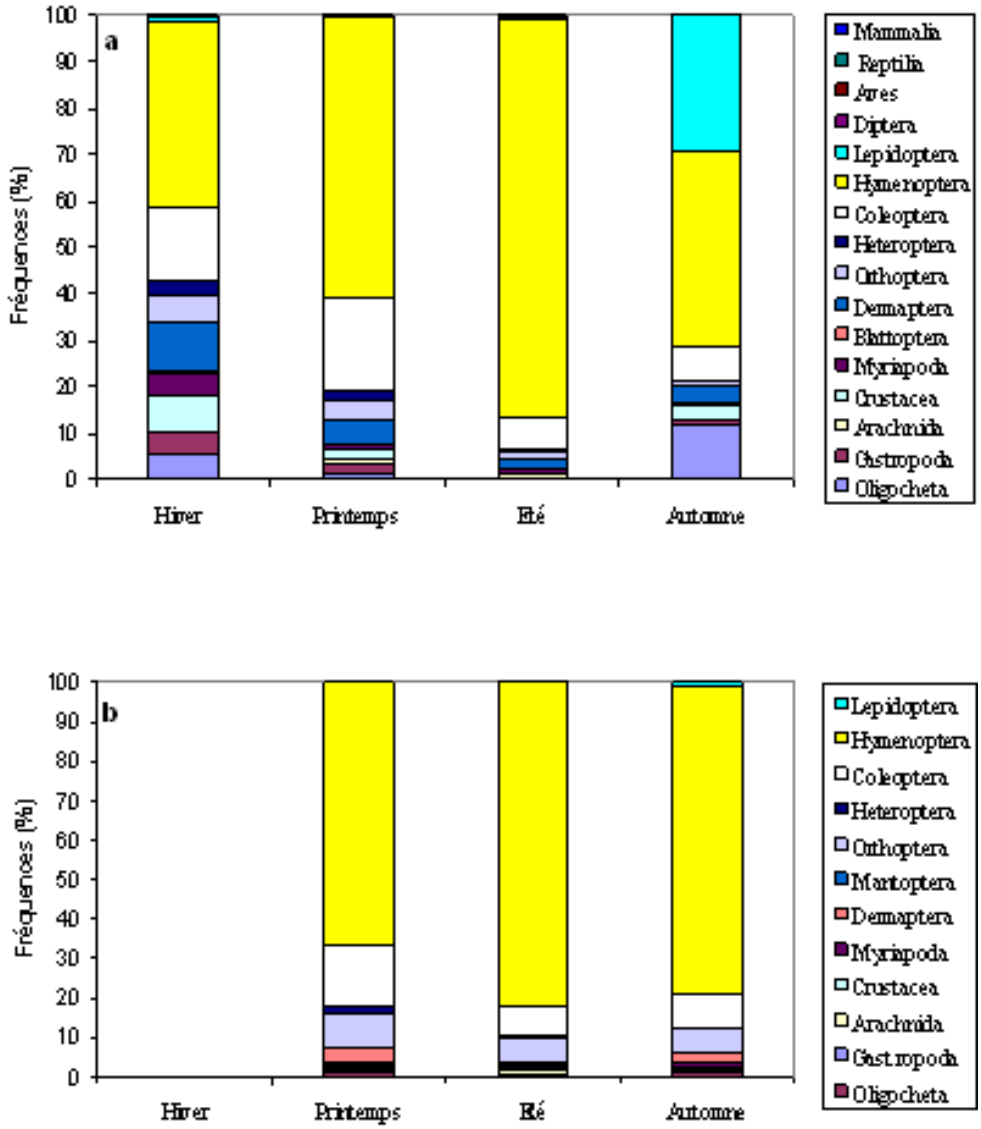


Figure 18 – *Variations saisonnières des différentes catégories proies du Hérisson d'Algérie : a) dans la vallée de Soummam et, b) dans le parc National du Djurdjura.*

constance de *Camponotus* sp. (37,22 %) et de *Tapinoma simrohti* (38,33 %). Dans l'ordre des Coléoptères, à l'exception de quelques espèces (telles que *Oxytherea funesta*, *Aethiessa* sp., *Pimelia* sp. et *Silpha granulata*) dont la fréquence d'occurrence est constante (> 30 %), C est accessoire chez la majorité des autres espèces (de 5 à 24 %). Dans l'ordre Orthoptères, les espèces sont le plus souvent rares et constantes ou, quelquefois, accessoires et variables (chez *Pezotettix giornai* ou *Calliptamus barbarus*). Dans l'ordre des Dermaptères, *Forficula auricularia* et *Anisolabis mauritanicus* (49,4 %) sont des espèces constantes dans les fèces.

1.1.4. - Composition saisonnière du régime alimentaire

Les évolutions saisonnières (Tab. 11) des items alimentaires du Hérisson d'Algérie montrent que l'alimentation de cet animal est composée principalement d'Insectes et, plus particulièrement, d'Hyménoptères et de Coléoptères. Ces 2 ordres restent présents tout au long de l'année, leurs taux varient en fonction des saisons (Hyménoptères : maximum en

été [85,7 %], minimum en hiver et automne [40,3 %] et, Coléoptères max. au printemps [20,0 %], min. en automne [7,4 %]), mais restent toujours élevés par rapport aux autres catégories trophiques. Il est à noter que d'autres ordres d'Insectes (les Dermaptères, les Orthoptères et les Lépidoptères), ainsi que les Myriapodes, les Annélides et les Gastéropodes présentent aussi des variations saisonnières assez nettes (Fig. 18a).

En hiver, les observations montrent par ordre décroissant la présence d'Hyménoptères (40,25 %), de Coléoptères (15,50 %), de Dermaptères (10,3 %), de Gastéropodes (4,8 %) et de Myriapodes (4,4 %). Il est à remarquer que ces 2 dernières classes présentent leurs taux maximum au cours de cette saison.

Au printemps, les Hyménoptères (60,6 %) et les Coléoptères (20,0 %) montrent une nette augmentation et les Orthoptères (4,2 %) une relative abondance.

En été, il y a prédominance des Hyménoptères (85,7 %), alors que les Coléoptères et la majorité des autres catégories trophiques présentent leurs taux les plus bas.

En automne, les Hyménoptères décroissent nettement et leurs taux sont voisins de ceux observés en hiver (~ 40,0 %). Par contre, si les Coléoptères et les Dermaptères restent bien représentés, une augmentation nette assortie d'un taux maximum saisonnier est notée chez les Lépidoptères (29,3 %) et les Oligochètes (lombrics > 12 %).

Mois	S		H'		H_{max}		E	
	VS	PND	VS	PND	VS	PND	VS	PND
Mars	74	-	3,72	-	6,21	-	0,60	-
Avril	87	76	3,75	4,27	6,44	6,25	0,58	0,68
Mai	103	98	4,22	4,57	6,69	6,61	0,63	0,69
Juin	91	97	3,44	3,98	6,51	6,60	0,53	0,60
Juillet	78	96	3,06	3,73	6,28	6,58	0,44	0,57
Août	67	81	2,56	3,21	6,07	6,34	0,42	0,51
Septembre	60	75	2,34	3,24	5,91	6,23	0,39	0,52
Octobre	61	50	2,63	3,40	5,93	5,64	0,44	0,60
Novembre	34	-	2,14	-	5,09	-	0,42	-

Tableau 12 – *Variations mensuelles des proies du Hérisson d'Algérie dans la vallée de la Soummam (VS) et dans le Parc National du Djurdjura (PND) : détermination de mars à novembre 2004 du nombre d'espèces (S), de l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H'), de l'indice de diversité maximale (H_{max}) et de l'indice d'équirépartition (E).*

1.1.5. - Indice de diversité de Shannon-Weaver et indice d'équirépartition

La détermination, à partir des éléments trophiques consommés par le Hérisson d'Algérie, de l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') met en évidence une variation mensuelle de la diversité du peuplement (Tab. 12). Les valeurs les plus élevées sont observées en mai (4,22 bits) et les valeurs les plus faibles

(≤ 2,50 bits) en fin d'été – début d'automne.

La diversité maximale (Hmax) est aussi la plus importante en mai (6,69 bits) et juin (6,51 bits) et la plus faible en novembre (5,09 bits).

L'indice d'équirépartition (E) montre une fluctuation importante du menu du Hérisson avec des valeurs maximales en mai (0,63) et minimale en septembre (0,39). Ces données traduisent un équilibre en mai entre les effectifs des différentes espèces proies alors qu'en fin d'été – début d'automne les effectifs entre les proies sont plus déséquilibrés.

1.2. - Exploitation des résultats par une méthode statistique : l'analyse factorielle des correspondances

L'expression statistique des variations du régime alimentaire d'Atelerix algirus a été effectuée par une analyse factorielle des correspondances (AFC). Cette méthode statistique, qui est basée sur l'absence et la présence des espèces proies dans les fèces, permet par une représentation graphique double de montrer simultanément les relations existant entre : 1) les mois trophiques, et 2) la répartition des espèces proies (représentées sous forme de groupements de codes chiffrés attribués à chaque espèce) (Annexe II).

L'application de l'AFC aux résultats du régime alimentaire du Hérisson montre que la contribution à l'inertie totale est de 21,1 % pour l'axe 1 et de 13,6 % pour l'axe 2, soit un total de 44,7 %. Par conséquent les deux axes 1 et 2 permettent d'interpréter l'analyse factorielle des correspondances.

'analyse des données du régime alimentaire du Hérisson dans la vallée de la Soummam par l'AFC (Fig. 19) montre les contributions respectives des mois et des espèces proies :

a) La contribution des différents mois pour la construction des 2 axes est :

Axe 1 : Les mois de septembre (21,9 %) et d'avril (17,8 %) contribuent le plus à la construction de l'axe 1 alors que les mois d'octobre, août et mai ont une contribution plus faible et variable (13,8 à 12,9 %).

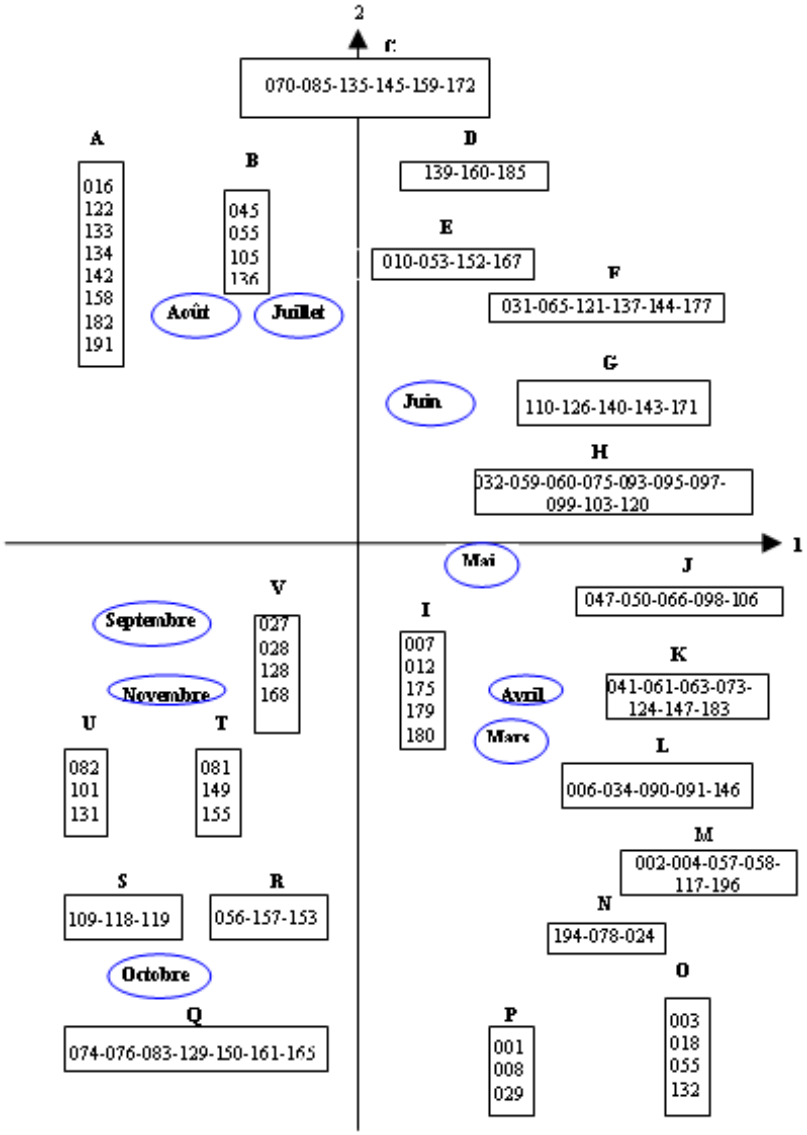


Figure 19 *- Analyse factorielle des correspondances des espèces proies (encadrés rectangles) et des mois trophiques (encadrés ovales bleus) de la vallée de la Soummam.*

Axe 2 : La plus importante contribution à l'axe 2 est représentée par le mois d'octobre (39,0 %), puis par les mois de juillet (20,4) et d'août (19,7 %).

b) La contribution des différentes espèces proies pour la construction des 2 axes est :

Axe 1 : Les contributions selon les espèces sont : de 2,4 % pour Pentodon sp. (94), de 2 à 2,1 % pour Hister sp.1 (111), Tenebrio sp. (114), Bruchidae sp. (151) et, de 1,2 à 1,9 % pour Omocestus sp.2 (47), Acrotylus patruelis (50), Reduviidae sp. ind. (66), Tropinota squalida (98), Ocypus sp. (106), Euparypha pisana (6), Gryllus sp. (34), Gymnopleurus sp. (90), Phyllognathus sp. (91), Poecilus sp. (127), Chrysomela americana (146), Buprestidae sp.1 (100), Histeridae sp.1 (109), Tentyria sp. (118), Opatrum sp. (119), Rhizotrogus sp. (88), Lepidoptera sp. 2 ind. (188), Callistidae sp. 1 ind. (130) et Hister sp.2 (166).

Axe 2 : Les contributions selon les espèces sont : de 1,8 % pour Lebia sp. (74), Trechidae sp.ind. (76), Lebiidae sp ind. (83), Silpha sp. (129), Clytra sp. (150), Alleculidae sp. 1 ind. (161), Histeridae sp.3 (165), de 1,7% pour Omocestus raymondi (45), Oedipoda

sp. (54), Staphylinus sp.4 (105), Larinus sp. (136) et Lepidoptera sp.3 (189), et de1,6 % pour Heteroptera sp.3 ind. (56), Sehirus sp. (62), Carpophilidae sp ind. (153), Callistidae sp. 1 (157) et Pheidole pallidula (178).

Le rapprochement des mois trophiques (Fig. 19) traduit une convergence de la diversité alimentaire, celle-ci est très forte entre les mois de mars et de mai. Ensuite, cette diversité régresse graduellement entre juin et août, pour être minimale entre septembre et novembre. Par rapport à l'axe 1, les mois présentant une richesse importante s'alignent sur la partie positive, par contre les mois trophiques les moins diversifiés sont localisés sur la partie gauche de l'axe. Ces mois trophiques se répartissent aussi selon un gradient saisonnier qui s'établit dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. Dans la vallée de la Soummam, ce gradient se superpose au facteur thermique caractérisant l'alternance des saisons. Ainsi, par rapport à l'axe 2, les mois de juillet et d'août s'opposent aux mois d'octobre et de novembre.

De mars à juin, les groupements (F, G, H, I, J, K, L, M, N, O) représentant de nombreuses espèces proies ont une position positive par rapport à l'axe 1. Ces groupements sont composés essentiellement par des Insectes (Coléoptères, d'Hyménoptères, d'Hétéroptères et Orthoptères), des Gastéropodes et des Crustacés. Les groupements les plus éloignés du centre (C, A, M et O) représentent les espèces qui ne sont présentes que pendant seulement un mois.

2. - Régime alimentaire du Hérisson d'Algérie dans le Parc National du Djurdjura

2.1. - Etude des indices écologiques

2.1.1. - Le spectre alimentaire

Dans le Parc National du Djurdjura (massif montagneux culminant à plus de 2300 m, entre Bouira au nord et Tizi-Ouzou au sud), l'analyse des fèces récoltées en 2004 a permis de dénombrer un nombre plus faible de proies (9 001) et fait ressortir seulement 5 classes (Tabl. 7, Fig. 15b). La classe des Insectes prédomine aussi numériquement (96,6 %) sur toutes les autres classes.

2.1.2. - Richesses totales et moyennes : globales et mensuelles

Au cours de l'année 2004, dans le PND la richesse totale en proies (S) est de 151 (Tab. 8) avec une grande diversité d'espèces chez les Insectes (S : 129) et une diversité réduite dans les autres classes (à l'exception des Arachnides : 14 espèces).

Chez les Insectes, les richesses totales (S) et moyennes (s) les plus élevées sont observées principalement chez les Coléoptères (S : 69 ; s : 0,39), les Orthoptères (S : 33 ; s : 0,19), les Hyménoptères (S : 15 ; *s* : 0,09) et les Hétéroptères (S : 8 ; *s* : 0,05).

Les valeurs des richesses totales mensuelles (Tab. 9) sont les plus élevées de mai à juillet (S : 98 à 96). Les richesses moyennes mensuelles sont maximales en avril et mai (s : 5,07 et 4,90). Les richesses totales diminuent progressivement d'août à octobre et, l'absence de fèces de novembre à mars est corrélée avec de très faibles disponibilités alimentaires (janvier 0,27%) dans le milieu montagnard.

2.1.3. - Fréquences centésimales et fréquences d'occurrences des proies

Les fréquences centésimales traduisent l'abondance relative des proies du régime alimentaire du Hérisson. Sur l'ensemble des proies (Annexe I), la classe des Insectes est la plus représentée et l'ordre des Hyménoptères (Fig. 16b) montre la fréquence la plus élevée (> 75,8 %) des proies ingérées avec 15 espèces et 6 826 individus. Dans cet ordre, les Formicidés restent dominants avec une grande diversité. Les espèces les plus abondantes sont Messor barbara (41,6 %), Camponotus sp. (11,1 %) et Tapinoma simrothi (8,4 %). L'ordre des Coléoptères est réduit à 17 familles en montagne (Tab.10, Fig. 17b) avec une abondance remarquable des Scarabéidés (24,3 %), des Ténébrionidés (14,1 %), des Curculionidés (11,9 %), des Chrysomélidés (9,7 %) et des Carabéidés (8,2 %). Parmi les espèces de Coléoptères les plus remarquables dans le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie , nous notons Otiorhynchus sp.1 (0,60 %), Timarcha sp. (0,49 %) et Licinus silphoides. (0,46 %). Dans l'ordre des Dermaptères, les 2 espèces identifiées sont Anisolabis mauritanicus (1,46 %) et Forficula auricularia (0,39 %). L'ordre des Orthoptères montre des fréquences assez fortes (7,2 %) avec des espèces telles que Pezotettix giornai (1,64 %) et Calliptamus sp. (1,29 %). Les autres classes sont représentées principalement par les Arachnides avec l'espèce Buthus occitanus (0,27 %) et les Myriapodes avec l'espèce Iulus sp. (0,5 %). Les Crustacés et les Gastéropodes sont rares en montagne.

Les fréquences d'occurrence ou constance (C) sont aussi représentées dans l'annexe I. Les fréquences d'occurrences les plus élevées sont notées chez les Insectes, dans l'ordre des Hyménoptères avec une omniprésence de l'espèce Messor barbara (93,1 %), puis une constance de Camponotus sp. (65,7 %) et de Tapinoma simrohti (41,1 %). Dans l'ordre des Coléoptères, C est accessoire chez la majorité des espèces (< 20 %). Dans l'ordre des Orthoptères, les espèces sont le plus souvent rares et constantes ou, quelquefois, accessoires (> 30 % chez Pezotettix giornai ou Calliptamus sp.), il en est de même dans l'ordre des Dermaptères (> 30 % chez Anisolabis mauritanicus).

2.1.4. - Composition saisonnière du régime alimentaire

Les évolutions saisonnières (Tab. 11, Fig. 18b) des items alimentaires du Hérisson d'Algérie montrent qu'en hiver aucune fèces n'a été observée dans le PND. Pendant les autres saisons, l'alimentation du Hérisson reste composée principalement d'Insectes et, plus particulièrement, d'Hyménoptères (maximum en été [81,9 %] et en automne [78,1 %]) et de Coléoptères (maximum au printemps [15,5 %]).

2.1.5. - Indice de diversité de Shannon-Weaver et indice d'équirépartition

L'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') met en évidence une variation mensuelle d'avril à octobre de la diversité du peuplement (Tab. 12). Les valeurs les plus élevées sont observées en vril et mai (4,27 et 4,57 bits) et les valeurs les plus faibles en fin d'été – début d'automne (minimum en août-septembre ~ 3,2 bits).

La diversité maximale (Hmax) est aussi la plus importante de mai à juillet (~ 6,60 bits) et la plus faible en octobre (5,64 bits).

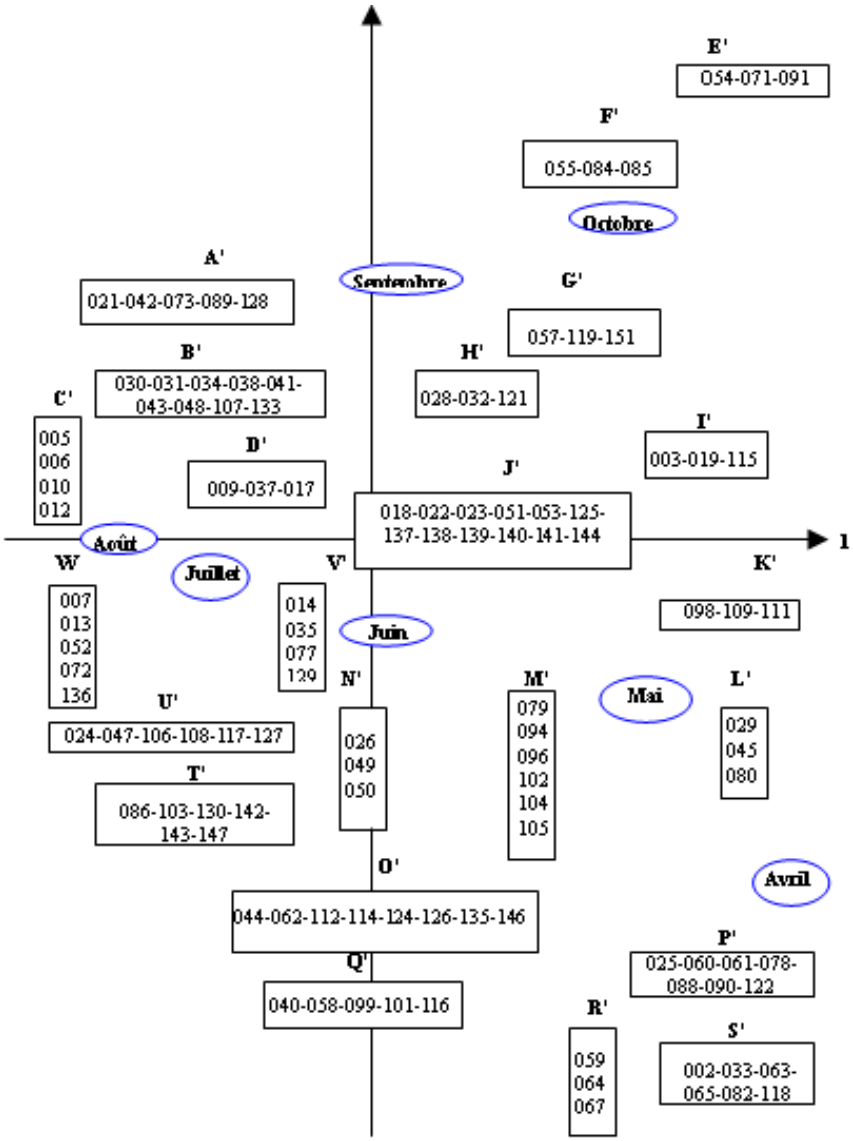


Figure 20 *- Analyse factorielle des correspondances des espèces proies (encadrés rectangles) et des mois trophiques (encadrés ovales bleus) du Parc National du Djurdjura.*

L'indice d'équirépartition (E) montre des valeurs maximales en avril-mai (> 0,68) et minimales en août-septembre (~ 0,51). Ces données traduisent un équilibre entre les effectifs des espèces proies au printemps et un déséquilibre entre ces derniers à partir de la fin de l'été.

2.2. - Exploitation des résultats par une méthode statistique : l'analyse factorielle des correspondances

L'analyse des données du régime alimentaire du Hérisson dans le Parc National du Djurdjura par l'AFC montre que la contribution des éléments trophiques pour la construction des 2 axes est de 34,1 % pour l'axe 1 et de 27,8 % pour l'axe 2, soit un total de 61,9 %.

Les contributions respectives des mois et des espèces proies (***Annexe III*** et Fig. 20) pour la construction des 2 axes sont :

a) La contribution des différents mois :

Axe 1 : Pour l'élaboration de l'axe 1, la contribution du mois d'octobre est remarquable (50,9 %), puis plus faible en septembre (19,1 %) et en avril (17,7 %), et réduite en mai et en juin (~ 6,0 %).

Axe 2 : Cet axe doit sa contribution surtout au mois d'août (39,8 %), puis aux mois d'avril (20,2 %), d'octobre (15,3 %), de juillet (14,9 %) et de mai (9,5 %).

b) La contribution des différentes espèces proies pour la construction des 2 axes est :

Axe 1 : Les contributions selon les espèces sont de 2,2 à 2,0 % pour l'ensemble des espèces de Gastropoda sp.*3* (1)*,* Araneasp.*5* (7)*, Bilibia* sp. (13)*, Calliptamus wattenwylianus* (52)*,* Carabidae sp.*7* (72)*,* Formicidae sp. ind. (136) et*Pseudocleonus* sp. (132), de 1,7 % pour *Aranea* sp.3(5)*, Aranea* sp.4(6)*,* Dysderidae sp.1 ind.(10)*,* Dysderidae sp.3 ind. (12), *Aphodius sp.* (98)*, Elateridae sp. ind.*(109)*, Pimelia* sp.(111), et de 1,5 % pour Chilpodea sp.3. ind. (21)*, 0edipoda caerulescens* (42)*, Calosoma sycophanta* (73)*,* Dermestidae sp. ind*.* (89)*, Anoxia* sp. (100) et *Bruchus* sp. (128).

Axe 2 : Les contributions selon les espèces sont de 4,8 % pour *Acrididae* sp.2(55)*, Staphylinus* sp. 1 (84)*, Staphylinus* sp.2 (85), 4,3 % pour Acrididae sp.1 ind*.* (54)*,* Carabidae sp.6 ind. (71),Scarabeus sp.3. ind. (91), de 3,3 % pour *Sphingonotus* sp. (46) et de 2,2 % pour *Omocestus raymondi* (39) etLepidoptera sp.4 (150).

Dans le PND, la convergence de la diversité alimentaire est très forte entre les mois d'avril, de mai et de juin (partie négative de l'axe 2). Les mois trophiques les moins diversifiés (septembre et octobre) sont localisés sur la partie positive de l'axe 2. Ces mois trophiques se

Classes	VS		PND	
	n	%	n	%
Insecta	7179	*87,95*	4349	*85,02*
Crustacea	321	*3,93*	115	*2,25*
Oligocheta	285	*3,49*	53	*1,04*
Arachnida	224	*2,74*	421	*8,23*
Gasteropoda	86	*1,05*	68	*1,33*
Myriapoda	68	*0,83*	109	*2,13*
Total/ *Pourcentage*	8163	*100*	5115	*100*

Tableau 13 – *Répartition par Classes des Invertébrés répertoriés dans la vallée de la Soummam (VS) et dans le Parc National du Djurdjura (PND). Nombre d'échantillons (n) et pourcentages (%).*

Ordres	VS		PND	
	n	%	n	%
Podurata	39	*0,54*	25	*0,57*
Thysanourata	85	*1,18*	0	*0*
Blattoptera	20	*0,28*	0	*0*
Dermaptera	100	*1,39*	30	*0,69*
Orthoptera	341	*4,75*	379	*8,71*
Heteroptera	210	*2,93*	140	*3,22*
Coleoptera	746	*10,39*	602	*13,84*
Hymenoptera	5210	*72,57*	3006	*69,12*
Lepidoptera	220	*3,06*	118	*2,71*
Diptera	208	*2,90*	49	*1,13*
Total / *Pourcentage*	7179	*100*	4349	*100*

Tableau 14 - Répartition par Ordres des Insectes répertoriés dans la vallée de la Soummam (VS) et dans le Parc National du Djurdjura (PND). Nombre d'échantillons (n) et pourcentages (%).

répartissent aussi selon un gradient saisonnier qui s'établit dans le sens des aiguilles d'une montre. Dans le PND, par rapport à l'axe 1, les mois d'octobre et d'avril (froids et humides) s'opposent aux mois de juillet et d'août (chauds et secs), le gradient thermique est croissant de à droite gauche.

De mai à juillet, les groupements (M', N', V', D', J') représentant les espèces proies les plus consommées ont une position proche du centre, alors que les groupements (C', E' et S') représentant les espèces proies les moins consommées sont les plus excentrées.

3. Analyse énergétique

3.1. - Disponibilités alimentaires du milieu

Au cours de l'année 2004, nous avons réalisé mensuellement un inventaire des disponibilités alimentaires du Hérisson d'Algérie vivant dans deux milieux : a) en plaine, dans la vallée de la Soummam (VS : région allant du littoral méditerranéen [Béjaia] au piémont du massif du Djurdjura [Bouira]), et b) en montagne, dans le Parc National du Djurdjura (PND : massif montagneux culminant à plus de 2300 m, entre Bouira au nord et Tizi-Ouzou au sud).

Cette étude a été effectuée en choisissant des biotopes dans lesquels le Hérisson d'Algérie (Atelerix algirus) a été fréquemment rencontré. Les proies potentielles ont été capturées à l'aide d'un filet faucard et de pots Barber afin : a) de réaliser un échantillonnage qualitatif et quantitatif des Invertébrés pouvant constituer l'alimentation de base du Hérisson, et b) de collecter des échantillons pour une étude ultérieure du métabolisme de l'animal. Cette analyse du métabolisme sera effectuée après avoir déterminé la composition du régime alimentaire et la valeur énergétique de quelques proies principales. Au cours de la présente étude, les Invertébrés capturés ont été repartis en fonction de leur appartenance à leurs Classes et Ordres, et les résultats seront présentés par ordre décroissant des différents taxons.

Dans la vallée de la Soummam, la répartition des Invertébrés capturés (n = 8 163 – Tab. 13) montre que les Insectes constituent la classe dominante (88,0 %), puis les Crustacés, les Annélides, les Arachnides, les Gastéropodes et les Myriapodes (fréquences faibles variant de 3,9 à 0,8 %).

Dans la classe des Insectes (Tab. 14), les ordres les plus représentatifs sont surtout les Hyménoptères (72,6 %), puis les Coléoptères (10,4 %) et les Orthoptères (4,8 %), etc.

Classes / Ordres	Hiver		Printemps		Eté		Automne	
	VS	PND	VS	PND	VS	PND	VS	PND
Insecta								
Hymenoptera	53,72	*55,68*	47,87	*51,86*	74,84	*62,38*	68,78	*63,77*
Coleoptera	11,24	*14,84*	15,22	*14,97*	5,08	*6,10*	7,63	*15,70*
Orthoptera	6,94	*8,61*	6,28	*9,96*	2,11	*7,92*	4,43	*4,64*
Lepidoptera	2,48	*2,32*	4,39	*0,00*	0,93	*1,30*	4,16	*4,44*
Heteroptera	2,15	*2,93*	4,78	*3,54*	1,85	*1,62*	0,68	*0,49*
Diptera	1,65	*0,73*	4,82	*0,00*	1,66	*1,62*	1,16	*0,59*
Dermaptera	1,65	*1,47*	1,03	*1,10*	0,98	*1,56*	1,98	*1,18*
Thysanourata	0,00	*0,00*	2,13	*0,00*	0,87	*0,00*	0,00	*0,00*
Podurata	0,00	*0,00*	0,55	*0,00*	0,62	*1,30*	0,20	*0,00*
Blattopera	0,00	*0,00*	0,00	*0,00*	0,56	*0,00*	0,00	*0,00*
Crustacea	1,65	*0,37*	2,65	*2,69*	6,07	*3,44*	1,91	*0,30*
Oligocheta	10,08	*0,92*	5,02	*2,14*	0,28	*0,00*	5,93	*1,28*
Arachnida	2,98	*10,44*	2,49	*5,44*	3,20	*10,63*	1,98	*6,02*
Gasteropoda	3,64	*2,75*	1,90	*1,95*	0,17	*0,16*	0,68	*0,99*
Myriapoda	1,82	*2,01*	0,87	*3,30*	0,79	*1,98*	0,48	*0,59*

Tableau 15 - *Répartition par saisons des Invertébrés échantillonnés dans la vallée de la Soummam (VS) et dans le Parc National du Djurdjura (PND). Pourcentages (%).*

En fonction des saisons (Tab. 15), la répartition des proies montre des variations très marquées caractérisées par une forte proportion d'Insectes au printemps, en été et en automne (de 87 à 90 % - les plus représentés étant les Hyménoptères, les Coléoptères et les Orthoptères) et une augmentation nette en hiver des Oligochètes (Annélides) (10,1 %) et des Gastéropodes (3,6 %).

Dans le Parc Naturel du Djurdjura, la répartition des Invertébrés collectés (n = 5.115 – Tab. 13) est très voisine de celle observée dans la VS. Les Insectes sont un peu moins représentés (85,0 %), avec une diminution des Hyménoptères (69,1 %) mais une augmentation des Coléoptères et des Orthoptères (13,8 et 8,7 %). Dans les autres classes, la représentation des Arachnides (8,2 %) et des Myriapodes (2,1 %) est plus forte.

En fonction des saisons, dans cet étage montagnard, les Insectes sont aussi présents en toutes saisons, avec une représentation maximale des Hyménoptères (~ 63 % en été et en automne), des Coléoptères (~ 15 % de l'automne au printemps) et des Orthoptères (~ 8-10 % de l'hiver à l'été) mais les Arachnides (> 10 % en hiver et en été) remplacent les Annélides (Tab. 15).

3.2. – Densité énergétique des principales proies du Hérisson d'Algérie

La densité énergétique masse spécifique (DE) de 50 des espèces proies du Hérisson a été déterminée, couvrant l'ensemble des ordres représentés dans le régime alimentaire. Selon les espèces, l'échantillonnage est cependant très hétérogène. Ainsi, dans certains cas, une

seule mesure de DE a pu être effectuée vu la quantité d'échantillon disponible ; à l'opposé, dans quelques cas, entre 5 et 25 mesures ont pu être effectuées par espèce.

La DE entre Hyménoptères, Coléoptères et Orthoptères n'est pas significativement différente (ANOVA, F2,33 = 0,211, P = 0,81 ; Tabl. 15bis) (compte tenu de la faiblesse des effectifs, les données des autres ordres ont été exclues de cette analyse). Néanmoins, chez les Dermaptères et les Lépidoptères, les valeurs de la DE sont du même ordre de grandeur. Par contre, chez les Oligochètes et les Crustacés cette valeur est inférieure d'environ 30 à 45 %. Pour 3 espèces de Coléoptères (Pimelia sp. Oxythyrea funesta et Aethiessa sp.) le facteur "masse des proies" a pu être inclus dans l'analyse. Pour chacune de ces espèces, la valeur de la DE augmente significativement avec la masse des proies ($r > 0,73$, $P < 0,02$).

SAISONS	Classes	Ordres	Régime alimentaire abondance relative (%)	Disponibilité dans le milieu (%)	Contenu Energétique (J/g - matière sèche)
HIVER	Insecta	Hymenoptera	40,3	54,0	21 400 ± 630
		Coleoptera	15,5	11,2	21 900 ± 350
		Dermaptera	10,3	1,7	21 100
		Orthoptera	5,6	7,0	22 000 ± 467
	Crustacea	Isopoda	8,1	1,7	11 600
	Oligocheta	Haplotaxida	5,2	10,1	14 600
	Divers		15,0	14,3	/
PRINTEMPS	Insecta	Hymenoptera	60,6	48,0	21 400 ± 630
		Coleoptera	20,0	15,2	21 900 ± 350
		Dermaptera	5,4	1,0	21 100
		Orthoptera	4,2	6,2	22 000 ± 467
	Oligocheta	Haplotaxida	1,4	5,0	14 600
	Divers		8,4	24,6	/
ETE	Insecta	Hymenoptera	86,0	75,0	21 400 ± 630
		Coleoptera	7,0	5,0	21 900 ± 350
	Crustacea	Isopoda	0,3	6,1	11 600
	Divers		6,7	13,9	/
AUTOMNE	Insecta	Hymenoptera	41,0	69,0	21 400 ± 630
		Coleoptera	7,4	8,0	21 900 ± 350
		Lepidoptera	29,3	4,2	20 000
	Oligocheta	Haplotaxida	12,0	6,0	14 600
	Divers		10,3	12,8	/

Tableau 15bis : *Abondance relative dans le régime alimentaire (%), disponibilités dans le milieu naturel (%) et contenu énergétique des proies (J/g – matière sèche) chez le Hérisson d'Algérie selon les saisons. La catégorie "divers" correspond à la somme des items dans les différents ordres représentés dont les fréquences dans les colonnes "régime alimentaire" et "disponibilité" ont une valeur inférieure à 5 %. Pour le contenu énergétique les moyennes sont indiquées avec l'erreur standard (cette dernière n'est pas indiquée quand n = 1).*

II – Discussion

L'analyse globale de la composition du régime alimentaire du Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) a été effectuée à partir des fèces et des estomacs prélevés (les estomacs ont été prélevés sur les victimes du trafic routier dans la vallée de la Soummam). Ces prélèvements ont été effectués dans 2 milieux : a) dans la vallée de la Soummam, une zone de petites plaines, et b) dans le Parc National du Djurdjura, une zone de montagne boisée. La variété faunistique de ces milieux a permis de recenser une gamme très étendue de proies. Les classes les plus représentées, considérées comme proies principales, sont : 1) les Insectes et les Oligochètes dans la VS, et 2) les Insectes et les Arachnides dans le PND. Les Crustacés, les Myriapodes et les Gastéropodes constituent les autres classes communes aux 2 milieux, tandis que les Reptiles, les Oiseaux et les

Mammifères sont en général rares et trouvés uniquement dans la VS. Cette analyse globale de la composition du régime alimentaire du Hérisson d'Algérie est en accord avec de nombreux travaux antérieurs (Doumandj & Doumandji 1992 ; Benjoudi 1995 ; Ouanighi 1996 ; Sayah 1996 ; Agrane 2001; Baouane 2005) et concerne les principales classes, à l'exception des Oligochètes (Annélides) qui n'avaient pas été recherchés. Le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie est composé principalement d'Insectes (> 90 % dans les 2 milieux étudiés). Cette caractéristique est commune à de nombreuses autres espèces de hérissons dans le monde (*Hemichinus auritus aeggypticus* et *Erinaceus europaeus* en Israël [Schoenfeld & Yom-Tov 1985], *Hemiechinus aethhiopicus* en Algérie [Biche 2003], *Erinaceus europaeus* en Nouvelle-Zélande [Jones *et al.* 2005]), etc... Selon les milieux et les climats, les proies appartenant à d'autres classes peuvent être plus ou moins représentées. Ainsi, dans la VS la présence, en plus des Insectes, de nombreuses classes (telles que celles des Oligochètes, des Crustacés et des Gastéropodes) peut être reliée à un climat doux et humide (comme en Europe [Dimelow 1963 ; Yalden 1976] ou en Nouvelle-Zélande [Jones *et al.* 2005]). Au contraire, dans le PND, la réduction du nombre de classes et la présence principale d'Arthropodes (Insectes, Arachnides et Myriapodes) indique des environnements plus rigoureux (en Algérie localement : près du barrage de Boughzoul [Baziz 1991], en Grande Kabylie [Mimoun 2006], ou en Israël [Schoenfeld & Yom-Tov 1985]). Bien que faiblement représentés dans les fèces provenant de la VS, les Oiseaux sont à relier à un régime alimentaire opportuniste lié à la nourriture de cadavres ou à des milieux particuliers (réserve de Mergueb [Rahmani 1999]). Si le Hérisson d'Europe est considéré comme un prédateur des pontes de certaines espèces (Perdrix grise *Perdrix perdrix* [Middleton 1935], Sternes *Sternes pierregarins* et *Sterna hirundo* [Axell 1956], Mouettes rieuses *Larus ridibundus* [Kruuk 1964]), l'enquête effectuée chez des aviculteurs de la VS révèle une présence très rare du Hérisson d'Algérie près des poulaillers. De même, la consommation de Reptiles ou de Mammifères reste négligeable chez le Hérisson d'Algérie (Sayah 1996), comme chez le Hérisson d'Europe (Yalden 1976).

L'étude de la composition du régime alimentaire du Hérisson d'Algérie montre une très grande diversité (ou richesses totales) des proies : soit dans la VS (196 espèces) ou, soit dans le PND (151 espèces). Dans la VS en particulier, ces proies qui sont essentiellement des Invertébrés, sont le reflet d'une faune riche et diversifiée en relation avec une mosaïque de paysages (présentant une flore riche) soumis à des conditions climatiques variées (d'humide à semi-aride). De plus faibles richesses observées dans le PND (milieu forestier en montagne) attestent d'un milieu plus rigoureux, moins diversifié et confirment des travaux antérieurs obtenus chez *Atelerix algirus* (Sayah 1996) ou dans un milieu comparable à Beni Ghorbi (Mimoun 2006). Ainsi, la diversité des proies du Hérisson d'Algérie décrites dans de nombreux travaux (en Algérie : 95 espèces à Oued Smar et 117 à Bab Ezzouar [Agrane 2001], 111 près des marais de Réghaia [Baouane 2005] ; en Tunisie : 150 espèces à Djebel Ichkeul [Agrane 2001]) est donc à relier à la variété des régions et des milieux.

Les proies les plus souvent observées dans les 2 milieux étudiés sont les Coléoptères ce qui confirme les observations de Bendjoudi (1995), Agrane (2001) et Mimoun (2006). Les diversités principales observées ensuite sont, en ordre décroissant, les Orthoptères, les Hyménoptères et les Hétéroptères. Nos résultats sont en accord avec les inventaires des Arthropodes effectués dans la VS (Benalaoua & Benaida 1997 ; Daoudi & Cherchour 1997 ; Chalane & Djouder 1999 ; Bouda & Rabhi 2000 ; Salmi 2001 ; Boukaras & Karenzi 2004). De même, les richesses moyennes confirment l'ordre précédent et sont en accord avec les résultats de Baouane (2005). Par ailleurs, une stratégie liée au contenu énergétique dans le choix des proies principales est peu probable, les valeurs de DE étant similaires. Globalement, la composition du bol alimentaire apparaît plutôt liée à la disponibilité des

proies dans le milieu naturel tout au long de l'année. La différence la plus notable entre la disponibilité dans le milieu et dans le régime concerne les Lépidoptères (chrysalides) au cours de l'hiver. Ce choix ne semble pas lié à la qualité énergétique de ces proies mais plus certainement à leur facilité de capture.

Les répartitions mensuelles (de mars à novembre) des richesses totales du régime alimentaire du Hérisson d'Algérie montrent une diversité élevée d'avril à juillet dans la VS et de mai à août dans le PND, avec dans les 2 milieux un maximum en mai et un minimum en novembre (VS) ou en octobre (PND). Les variations mensuelles obtenues dans la VS sont voisines de celles observées sur le littoral algérois (maximum en juillet et minimum de septembre à février [Doumandji & Doumandji 1992b]). Dans les zones plus sensibles comme le PND (milieu de montagne), les richesses sont restreintes dans le temps (d'avril à octobre) et confirment des données antérieures de Sayah (1996) ou celles obtenues par Bendjoudi (1995) en grande Kabylie (maximum en juin et minimum en septembre). Chez le Hérisson du désert, des variations similaires ont été décrites dans la région de Mergueb (richesses maximales en mai et minimales en août [Hamadache 1997 ; Rahmani 1999 ; Biche 2003]). Ainsi, en accord avec Agrane (2001), nous pouvons souligner, en plus des caractéristiques des milieux, une diversité mensuelle variable.

Les richesses moyennes sont aussi différentes selon les biotopes et les mois (VS maximum ~ 4,5 en mai et PND maximum ~ 5,1 en avril). Ce paramètre peut présenter une forte variabilité en fonction des régions et des auteurs (à El Harrach : maximum 92,6 en septembre et minimum 5,6 en août [Ouanighi 1996]).

L'indice de constance montre que les Hyménoptères sont omniprésents. En effet les espèces appartenant à cet ordre présentent des valeurs de constances très remarquables. Comparativement aux travaux cités auparavant sur le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie, les valeurs de la constance varient considérablement selon le biotope où s'effectue l'étude.

L'analyse globale du régime alimentaire du Hérisson d'Algérie met en relief une abondance de proies dans les différentes classes et ordres avec des variations saisonnières ou mensuelles très nettes. De ce fait, l'identification des principales espèces s'avère primordiale pour des études complémentaires du métabolisme énergétique du Hérisson.

La présente étude souligne l'importance des Insectes, et tout particulièrement des Hyménoptères (65,2 à 75,8 %), dont les espèces les plus fréquentes sont des Formicidés avec *Messor barbara*, *Camponotus* sp. et *Tapinoma simrothi* dans les 2 milieux étudiés. L'importance des Hyménoptères en Algérie est soulignée par de très nombreux auteurs. Selon les régions, les taxons ingérés peuvent varier comme observé : sur le littoral algérois à El Harrach et en montagne à Tikjda *(Messor barbara* et *Camponotus barbaricus*, Doumandji & Doumandji 1992a ; Sayah 1996 ; Agrane 2001), dans la région agricole de Bouira (*Messor barbara*, Mouhoub & Doumandji 2003), dans la forêt de Beni Ghorbi (*Crematogaster auberti,* Mimoun 2006), ou ne pas être consommés comme dans la région du lac de Boulhilet (*Camponotus* sp., Si Bachir 1991).

Les Coléoptères (10,6 à 12,0 %) constituent l'ordre le plus représenté après les Hyménoptères et leur relative importance dans l'alimentation du Hérisson serait à imputer à une faible digestibilité (Wroot 1984). Les familles les plus représentées dans la VS sont par ordre d'importance décroissant : les Cétonidés (*Oxythyrea funesta, Oxythyrea* sp., *Tapinota squalida* et *Aethiessa* sp.), les Ténébrionidés (*Pimelia* sp.,*Asida* sp. et *Opatrium* sp.), les Silphidae (*Silpha granulata*) et les Scarabéidés (*Aphodius* sp., *Geotupes* sp.,*Geotrogus* sp. et *Onthophagus* sp.) et dans le PND : les Scarabéidés coprophages, les Ténébrionidés, les

Curculionidés, les Chrysomélidés et les Carabidés. Dans la VS, l'importance de *Oxythyrea funesta* est en accord avec les relevés effectués sur l'entomofaune de la région de Béjaia (Chalane & Djouder 1999) et montre aussi un cycle saisonnier net (en hiver : diapause dans le sol en amas de 10 individus ; au printemps et en été : regroupement dans la strate herbacée et arbustive). L'importance des Coléoptères a été retrouvée à Tigzirt (Talmat 2002). Au contraire, à El Harrach, les Coléoptères sont remplacés par les Dermaptères (Ouanighi 1996). Selon les lieux et les auteurs, la primauté des familles représentatives des Coléoptères paraît extrêmement variable (Carabidés : Doumandji & Doumandji 1992a ; Staphylinidés et Curculionidés : Agrane 2001 ; etc.). Chez le Hérisson d'Europe, la représentation des carabidés et les scarabéidés est aussi très variable en Angleterre (Yalden 1976) ou en France (Castaing 1982).

L'ordre des Dermaptères, surtout observé dans la VS, est représenté par *Anisolabis mauritanicus* et *Forficula auricularia*. L'importance de ces 2 espèces est à relier avec leur activité nocturne qui coïncide avec celle du Hérisson. Ces espèces ont été décrites dans les fèces du Hérisson d'Algérie (*A. mauritanicus* : Doumandji & Doumandji 1992b ; Ouanighi 1996 ; *F.auricularia* : Metref 1994), et dans celles du Hérisson d'Europe en Nouvelle Zélande (*F. auricularia* : Campbell 1973).

La présence des Annélides dans le régime alimentaire du Hérisson est à souligner dans les deux milieux d'études, mais leur importance est marquée dans les fèces de la vallée de la Soummam (3,2 %). Parmi les résultats des disponibilités alimentaires de ce biotope, nous notons la présence de ce taxon (3,5 %) après les Insectes et les Crustacés.

Parmi les classes relativement bien représentées dans les 2 milieux étudiés, nous avons observé les Crustacés Isopodes (avec *Armadilidium* sp.) et les Arachnides (avec les Solifuges [Solifugea sp.1 ind.], les Scorpionides [*Scorpio* sp*., Buthus occitanus]*, les Aranéides, et les Phalangides). Dans l'alimentation d'*Atelerix algirus*, les Crustacés Isopodes ont été décrits sur le Littoral algérois (Doumandji & Doumandji 1992a) et les Arachnides ont été mentionnés dans la région d'Iboudarène (Solifuges ; Bendjoudi 1995) et en Tunisie dans le Djebel Ichkeul (Scorpionides ; Agrane 2001).

Les Gastéropodes sont en général faiblement représentés

$$(\leq 1\%)$$

et essentiellement par le genre *Helix* sp. dans la VS et le PND. Ces données confirment une précédente étude effectuée dans le PND (Sayah 1996) et contrastent avec les valeurs élevées (33 %) obtenues à Cap Djinet (Metref 1994). Notons que chez les Mollusques, les éléments pouvant résister à la digestion sont très rares, et de ce fait, il n'est pas impossible que ces proies soient sous-estimées lors de l'analyse des fèces (Castaing 1985).

Au cours des saisons, la composition du régime alimentaire du Hérisson d'Algérie montre des variations nettes. Si les Hyménoptères sont présents pendant toute l'année, en fonction des saisons certains taxons sont plus ou moins présents avec des taux variables.

Au printemps, la réapparition de nombreuses espèces d'Insectes dans l'alimentation du Hérisson est marquée par l'augmentation nette des Hyménoptères, des Coléoptères et des Orthoptères (groupe avec de nombreux stades larvaires) alors que les Dermaptères diminuent.

En été, les Hyménoptères constituent presque essentiellement la totalité du régime (> 80% des proies) et tous les autres groupes (Coléoptères inclus) sont réduits. Différents travaux ont aussi montré chez le Hérisson d'Algérie la prévalence des Hyménoptères au

printemps (Sayah 1996 ; Agrane 2001) et en été (Baouane 2005). Chez le Hérisson du désert un résultat similaire a été obtenu dans la réserve naturelle de Mergueb (Hamadache 1997 ; Rahmani 1999).

En automne, une forte diminution des Hyménoptères (~ 50 % dans la VS) est observée avec simultanément une augmentation très significative des Lépidoptères (sous forme de larves) et des Oligochètes (Lombricidés) ou plus modérée des Dermaptères, des Crustacés et des Myriapodes. Au cours de cette saison, la diminution de l'abondance des proies de prédilection (les Hyménoptères) s'accompagne d'une recherche des proies au niveau du sol et sous la végétation herbacée et de l'ingestion fortuite ou non de terre (~ 50 % des fèces en novembre) et de végétaux. En automne, les modifications des disponibilités alimentaires du milieu sont à relier aux variations climatiques de l'environnement (chute de la température augmentation de la pluviométrie) ce qui entraîne des modifications importantes du comportement alimentaire. Il est aussi possible que ce comportement soit plus spécifique et directement lié à la constitution de réserves organiques (apport qualitatif ou quantitatif des proies?) en prévision des rigueurs de l'hiver (hibernation?). Chez le Hérisson (*Erinaceus europaeus*), en Nouvelle-Zélande, une consommation massive d'escargots et de vers de terre a été observée au début du printemps (ce qui correspond à l'automne dans l'hémisphère nord) avant l'entrée en hibernation (Brockie 1959).

En hiver, les Hyménoptères et les Coléoptères restent toujours à leurs niveaux les plus bas et ce sont des proies (souvent en quiescence) abritées dans la litière (Dermaptères, Crustacés, Gastéropodes et Myriapodes) dont l'abondance relative croit fortement. Ces résultats concordent avec ceux observés en hiver dans la Mitidja orientale (Agrane 2001).

La diversité du peuplement des proies du Hérisson d'Algérie, traduit par **l'indice de Shannon-Weaver**, montre une forte variabilité mensuelle dans la VS (2,14 à 4,22 bits) et dans le PND (3,21 à 4,57 bits). Dans les 2 milieux, les indices de diversité les plus élevés sont observés au printemps (en mai) et régressent à partir du milieu de l'été (août). Si cet indice peut montrer des fluctuations importantes selon les fèces (Bendjoudi 1995) ou selon les régions (Sayah 1996 ; Agrane 2001 ; Baouane 2005), les présents résultats sont à rapprocher de ceux obtenus en Forêt de Beni Ghorbi (Mimoun 2006) ou sur le régime alimentaire du Hérisson du désert (Hamadache 1997). La régression de cet indice en été, avec des valeurs voisines, montre que les effectifs propres aux différentes espèces proies sont très différents : ainsi, en juillet *Messor barbara* (une espèce très importante dans l'alimentation du Hérisson) représente plus de 60 % des proies.

Les valeurs de **l'indice d'équirépartition** (E ou indice de régularité des effectifs des diverses espèces du peuplement) varient plus dans la VS (0,39 à 0,63) que dans le PND (0,51 à 0,69) et les valeurs les plus élevées sont observées au printemps (mai). Le Hérisson d'Algérie ingère alors de nombreuses espèces dont l'effectif est faible ce qui indique le caractère prédateur généraliste (ou opportuniste) de l'animal, ce qui converge avec d'autres travaux (Bendjoudi 1995 ; Sayah 1996 ; Mimoun 2006). A partir de l'été, la diminution des valeurs de E en dessous de 0,5 reflète une consommation massive de certaines espèces (par exemple : *Messor barbara* et *Camponotus* sp.) et un comportement de prédateur spécialiste. Une telle diminution de E a été observée en été en milieu montagneux (Mimoun 2006) et plus tardivement en début d'automne sur le littoral algérois (Ouanighi 1996). Ainsi, en fonction des variations des ressources au cours de l'année, le comportement alimentaire du Hérisson peut se diversifier comme observé par exemple chez le Hérisson du désert *Hemiechinus (Paraechinus) aethiopicus,* mammifère généraliste en avril – mai devient opportuniste de juin à juillet (Rahmani 1999) quand le peuplement entomologique se raréfie. Chez le Hérisson d'Algérie, le régime alimentaire peut varier sensiblement : d'une

part, en fonction des biotopes et de leurs disponibilités alimentaires au cours des saisons et, d'autre part en fonction de la diversité du milieu dont la stabilité est largement dépendante des facteurs climatiques et de leur évolution (Dajoz 1971).

L'analyse des données du régime alimentaire par l'AFC, permet par une représentation graphique double de montrer simultanément les relations existantes entre les mois trophiques et la répartition des espèces proies en en soulignant leurs ressemblances ou leurs dissemblances. La richesse en espèces est plus étendue dans la vallée de la Soummam (mars à août) que dans le PND. Cette distribution temporelle qui traduit la différence entre les deux milieux (plaine *vs* montagne), est en accord avec la distribution du gradient thermique saisonnier (particulièrement marqué dans le PND). La température de l'environnement constitue un des facteurs climatiques les plus importants qui agit directement sur le développement et la répartition des espèces animales (Dreux 1980). Les températures basses de l'automne et de l'hiver entraînent la disparition de nombreuses espèces proies, ce qui peut modifier profondément et rapidement la diversité alimentaire du Hérisson. Certains facteurs externes aléatoires, comme l'humidité ambiante peuvent aussi favoriser l'activité de certains espèces comme les Coléoptères (en octobre : Q et E').

Parmi les facteurs externes, la photopériode (variations annuelles de la durée du jour et de la nuit) constitue le facteur le plus stable de l'environnement qui se répète de façon immuable chaque année et qui permet à de nombreuses espèces de s'orienter dans le temps et de se synchroniser (Boissin & Canguilhem 1998). La photopériode est un facteur essentiel qui permet par exemple aux Arthropodes d'ajuster de nombreux aspects du cycle de vie (activité, dormance, etc.) par anticipation avant que ne survienne la mauvaise saison (Dajoz 1985).

L'étude des espèces proies par l'AFC, permet de mettre en évidence des groupements d'espèces caractéristiques au cours des saisons. Ainsi, dans notre étude les espèces les plus présentes et les plus consommées sont des Insectes sociaux tels que des Hyménoptères (*Messor Barbara*, *Camponotus* sp., *Aphaenogaster* sp.1, *Tapinoma simrothi*, *Crematogaster scutellaris*, *Cataglyphis bicolor),* des Dermaptères (*Anisolabis mauritanicus, Forficula auricularia*), des Coléoptères (*Silpha granulata, Timarcha* sp.), des Crustacés (Oniscidaesp.) et des Orthoptères (*Pezotettix giornai*). Nos résultats confirment des données du même ordre obtenues par l'AFC sur les données du régime alimentaire du Hérisson d'Algérie : ainsi, en milieu montagnard, la présence d'espèces sociales telles que les Hyménoptères et les Crustacés a été observée à Iboudrarene (Benjoudi 1995), et, la présence de plusieurs espèces de Formicidae (observées du printemps à l'automne : *Crematogaster auberti* et *Crematogaster scutellari*s) et d'un Dermaptère (observé uniquement en automne : *Anisolabis mauritanicus*) a été décrite à Beni-Ghorbi (Mimoun 2006).

CHAPITRE III VARIATIONS SAISONNIERES DE LA TEMPERATURE CORPORELLE DU HERISSON D'ALGERIE

I - Résultats

Années	N° Anl.	Sexe Age	Début Exp.	Fin Exp.	Durée Exp. (j)	Nombre T / E	Durée Hib. (j)	Durée Pré-Hib.	Mortalité
2005 - 2006	**He1**	Fad	01/11/05 12h	28/03/06 00h	146,5	55	132,5	12j 21h	-
	He2	Mjp05	01/11/05 12h	25/01/06 00h	84,5	44	84,0	1j 06h	M
	He3	Mad	20/12/05 00h	28/03/06 00h	98,0	44	93,0	4j 06h	-
2006 - 2007	**He8**	Fad	01/11/06 12h	28/01/07 00h	87,5	30	84,0	2j 21h	M
	He9	Fad	01/11/06 12h	22/01/07 00h	81,5	24	77,0	2j 01h	M
	He10	Fad	01/11/06 12h	18/01/07 00h	77,5	36	74,5	1j 19h	M
	He11	Mad	01/11/06 12h	06/03/07 00h	124,5	29	113,5	10j 18h	-
	He12	Mad	01/11/06 12h	06/03/07 00h	124,5	32	95,5	28j 08h	-
	He13	Mad	01/11/06 12h	03/01/07 00h	62,5	24	59,5	2j 17h	M
	He16	Mad	15/11/06 00h	06/04/07 00h	142,0	38	124,0	14j 06h	-
	He14	Mjp06	01/11/06 12h	28/03/07 00h	146,0	41	143,0	2j 13h	-
	HE15	Fjp06	01/11/06 12h	18/03/07 12h	137,0	43	134,5	2j 13h	M
TOTAL	*n = 12*				*1312,5*	*440*	*1215,5*		*6*
Moyenne					*109,4*	*36,7*	*101,3*		

***Tableau 16** – Etude au cours de l'automne et de l'hiver (2005-2006 et 2006-2007) des variations de la température corporelle chez 12 hérissons d'Algérie maintenus en salle.*

L'objectif de ces études est de rechercher chez le Hérisson d'Algérie l'existence de fluctuations saisonnières de la température corporelle (Tc), parfois suggérées mais encore jamais bien mises en évidence à ce jour (existence de torpeurs de durées et d'amplitudes plus ou moins longues pendant l'automne et l'hiver [mauvaise saison] ou pendant le printemps et l'été [période active, estivation ?]), et d'en décrire les modalités (incidence, intensité, durée, etc.).

Le suivi des variations saisonnières de la Tc chez le Hérisson d'Algérie a été effectué au cours des différentes saisons de l'année à l'aide d'enregistreurs de température ("temperature loggers - iButton" ; sensibilité ± 0,5 °C ; une mesure toutes les 20 min). De l'année 2005 à l'année 2009, les variations de la Tc ont été déterminées chez 24 hérissons d'Algérie (13 mâles adultes, 7 femelles adultes et 4 jeunes sub-adultes) pendant des durées variables d'un animal à l'autre. Les expérimentations ont été réalisées en environnement semi naturel (salle ouverte) ou à l'extérieur selon les 3 conditions suivantes :

a) en salle au cours de l'automne et de l'hiver 2005-06 et 2006-07 (n=12),

b) à l'extérieur au cours de l'automne et de l'hiver 2007-08 et 2008-09 (n=5),

c) en salle et à l'extérieur au cours du printemps et de l'été en 2006 et 2007 (n=7).

1. - Variations au cours de l'automne et de l'hiver de la température corporelle du Hérisson d'Algérie élevé en environnement semi naturel (en salle)

Au cours de l'automne et de l'hiver des années 2005-06 et 2006-07, les variations de la Tc ont été enregistrées à l'aide de i-Buttons implantés dans la cavité abdominale chez 12 hérissons (5 mâles adultes, 4 femelles adultes et 3 jeunes sub-adultes ; Tab. 16). Ces animaux ont été maintenus en semi captivité dans une salle de l'animalerie de l'Université de Béjaia dont les fenêtres sont constamment ouvertes. Ainsi, les hérissons sont soumis aux variations saisonnières naturelles de la lumière, de la température ambiante, de l'humidité et, ils ont à leur disposition de l'eau et de la nourriture *ad libitum*. L'analyse à posteriori des enregistrements nous a permis de décrire et de caractériser les variations de la Tc au cours du temps, et principalement, en relation avec les variations de la température ambiante (Ta).

		Mâles (n = 7)	Femelles (n = 5)	Mâles + Femelles (n = 12)
Début des torpeurs (%)	18:00-24:00	13,1	13,3	13,2
	00:00-08:00	72,2	58,0	66,1
	08:00-12:00	13,4	26,1	18,9
	12:00-18:00	1,2	2,7	1,8
Début des réchauffements (%)	18:00-24:00	8,3	11,2	9,6
	00:00-08:00	21,8	4,3	14,3
	08:00-12:00	32,5	23,4	28,6
	12:00-18:00	37,3	61,2	47,5
Début des euthermies (%)	18:00-24:00	19,8	25,5	22,3
	00:00-08:00	5,2	3,7	4,6
	08:00-12:00	21,0	9,6	16,1
	12:00-18:00	54,0	61,2	57,1
Durées des torpeurs (h)	00-12 h	42,5	35,1	39,3
	12-24 h	12,3	9,6	11,1
	24-48 h	11,1	10,6	10,9
	48-72 h	14,7	16,0	15,2
	72-96 h	8,7	16,0	11,8
	96-120 h	4,4	10,1	6,8
	> 120 h	3,2	2,7	3,0
Durées des réchauffements (h)	00-01 h	15,5	14,4	15,0
	01-02 h	48,4	67,0	56,5
	02-03 h	23,4	15,4	20,1
	03-04 h	6,4	1,1	4,1
	> 4 h	6,4	1,6	4,3
Durées des euthermies (h)	00-12 h	29,4	37,4	32,9
	12-24 h	34,7	43,3	38,4
	24-48 h	19,1	14,4	17,1
	48-96 h	11,6	4,8	8,7
	96-120 h	2,2	0,0	1,1
	> 120 h	3,2	0,0	1,8
Durées moyennes (h)				
des torpeurs		37,1 ± 7,1	46,8 ± 4,8	41,4 ± 4,9
des réchauffements		1,9 ± 0,2	1,6 ± 0,1	1,8 ± 0,1
des euthermies		29,9 ± 0,1	19,4 ± 2,7	25,5 ± 2,9
Vitesse moyenne (°C/h^{-1})				
des refroidissements		1,2 ± 0,5	1,1 ± 0,9	1,2 ± 0,6
des réchauffements		10,8 ± 0,6	11,6 ± 0,7	9,9 ± 0,4
Bilan Energétique (%)	**Economie**	50,2	68,5	57,9
	Dépense	49,8	31,5	42,1
Tb minimales (°C)		9,7 – 13,2	9,7 – 12,2	9,7 – 13,2

Tableau 17 *– Caractéristiques de l'hibernation chez le Hérisson d'Algérie : étude chez 12 hérissons d'Algérie (7 mâles et 5 femelles) pendant l'hibernation (en automne et en hiver) au cours des années 2005-06 et 2006-07. Données présentées en pourcentages (%) des valeurs totales et durées en heures (h).*

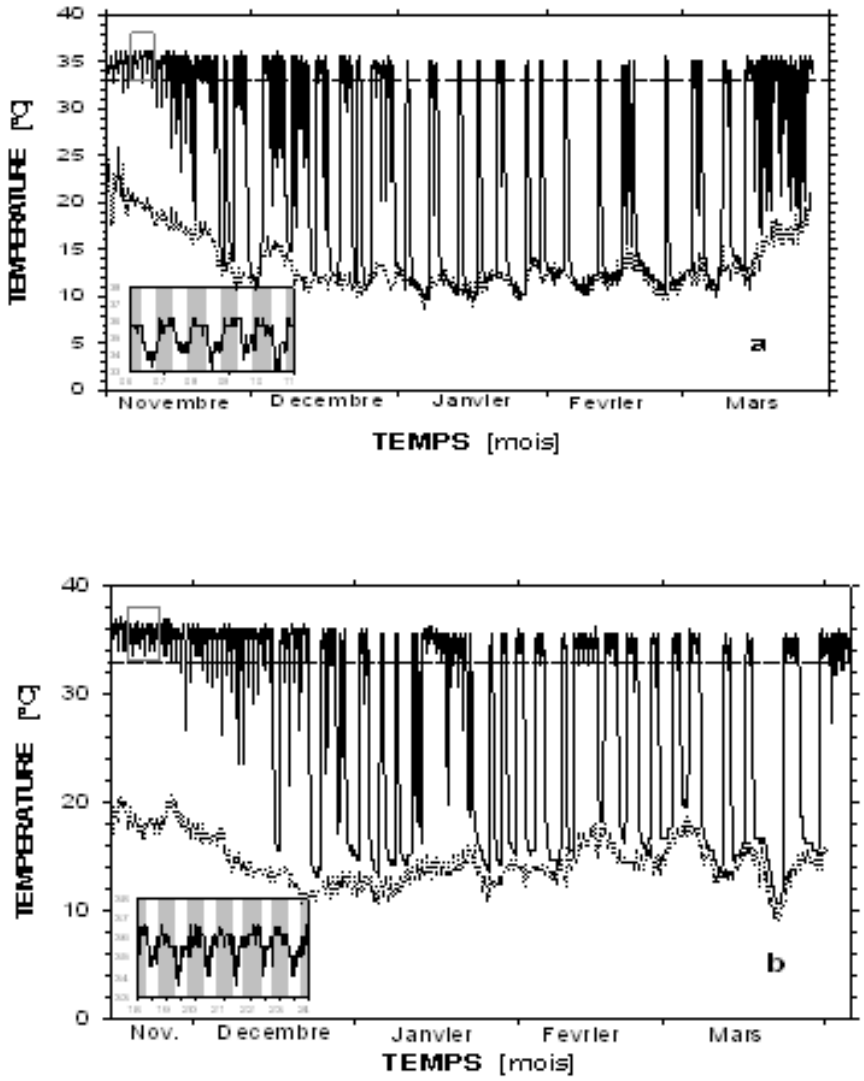


Figure 21 – *Variations de la température corporelle (Tc [°C] ; ligne noire) du Hérisson d'Algérie en relation avec la température ambiante (Ta [°C] ; ligne pointillée) de novembre à mars : (a) femelle 1 étudiée en 2005-2006, et (b) mâle 16 étudié en 2006-2007.*

Agrandissement : Variations de la Tc pendant les jours précédant la première torpeur - jour (en blanc) et nuit (en gris).

Au début du mois de novembre, la Tc des hérissons est relativement stable (niveau moyen : 35,0 ± 0,9 °C), mais présente des variations cycliques nycthémérales nettes (Fig. 21 [*agrandissements*]). Pendant le jour la Tc est plus basse (34,4 ± 0,5 °C ; minimum [$Tc_{min.}$] 30,7 à 33,2 °C) que pendant la nuit (35,5 ± 0,3 °C ; maximum [$Tc_{max.}$] 35,7 à 36,2 °C) et les niveaux de la Tc entre le jour et la nuit sont significativement différents ($P < 0,05$). Chez le Hérisson, les valeurs inférieures de la Tc correspondent à la phase de repos diurne tandis que les valeurs plus élevées sont liées à l'activité générale nocturne.

1.1. - Les phases de torpeur (ou hypothermie) en automne et en hiver

De novembre à début décembre (Fig. 21), nous observons une accentuations des variations nycthémérales de la Tc autour d'un niveau moyen de 33 °C (choisi arbitrairement) comme déjà décrit (Fig. 11). Cette période est caractérisée par une alternance de **phases d'hypothermie** ou **phases de torpeur** (Tc < 33 °C) et de **phases de normothermie** ou **phase d'euthermie (**Tc > 33 °C).

De novembre à début décembre, les premières phases de torpeur sont de courtes durées (< 12 h), avec des amplitudes faibles ($Tc_{min.}$ 17-29 °C) (Fig. 21 ; Tab. 17), ce sont des **torpeurs journalières**. L'abaissement de la Tc commence pendant la période d'activité décrite précédemment, c'est-à-dire au cours de la deuxième partie de la nuit (0:00-8:00 h), et se termine durant le jour (8:00-12:00 h). Ces diminutions nocturnes de la Tc sont irrégulières dans le temps et variables d'un animal à l'autre (pas de synchronisation) malgré des conditions environnementales similaires. A cette époque de l'année, il est à noter que les hérissons demeurent actifs au début de la nuit (sortie du nid et alimentation).

A partir de la mi-décembre jusqu'au début de mars, l'alternance des phases de torpeur et des phases d'euthermie est très marquée. Les phases de torpeur sont caractérisées par un abaissement (lent et progressif) de forte amplitude de la Tc puis son maintien à un niveau proche de la température ambiante (Ta), un allongement de la durée à basse température (hypothermie profonde de plusieurs jours) et un réchauffement rapide (réveil spontané sans variation des conditions environnementales) qui précède le retour à l'euthermie.

Les phases de torpeur se caractérisent par : la situation de leur début (Tc < 33 °C) et de leur fin (Tc > 33 °C) au cours du nycthémère, leur durée totale, et les vitesses du refroidissement et du réchauffement. **La phase de refroidissement** (Tc < 33 °C) qui correspond au début de la phase de torpeur est marquée par une diminution lente (vitesse moyenne : 1,2 ± 0,6 °C) et progressive de la Tc en dessous de son niveau normal et régulé ou euthermie (Tab. 17).

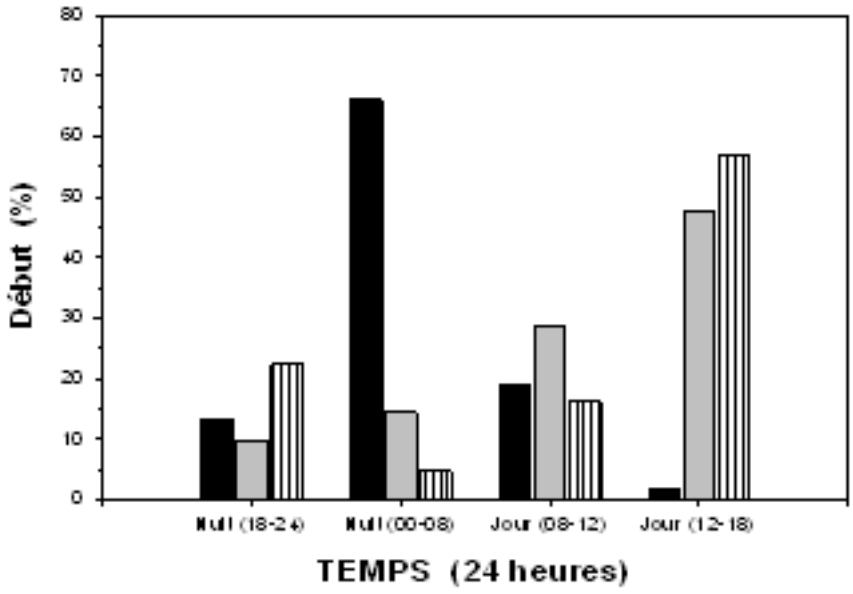


***Figure 22** – Etude chez le Hérisson d'Algérie de la position au cours du nycthémère du début : a) des entrées en torpeur (barres noires), b) des réveils (barres grises), et c) des euthermies (barres blanches et traits verticaux).*

			Durées moyennes (h)		
			Torpeur	**Réchauffement**	**Euthermie**
Mâles	Mad	He03	38,32 ± 5,13	1,50 ± 0,07	12,83 ± 0,90
		He11	58,68 ± 8,75	2,43 ± 0,23	35,20 ± 3,95
		He12	40,53 ± 5,17	2,00 ± 0,15	30,52 ± 5,40
		He13	14,08 ± 2,53	2,00 ± 0,27	45,38 ± 11,45
		He16	38,12 ± 5,68	1,67 ± 0,15	42,60 ± 5,40
	Mjp	*He02*	*11, 12 ± 2, 05*	*2, 62 ± 0, 23*	*24, 30 ± 3, 78*
		He14	*58, 55 ± 7, 45*	*1, 53 ± 0, 10*	*25, 68 ± 4, 23*
Femelles	Fad	He01	38,55 ± 5,82	1,28 ± 0,03	19,58 ± 2,02
		He08	45,95 ± 6,72	1,68 ± 0,13	21,53 ± 2,33
		He09	52,17 ± 7,61	1,48 ± 0,08	28,00 ± 4,10
		He10	35,27 ± 6,23	1,88 ± 0,15	14,63 ± 1,72
	Fjp	**He15**	*61, 92 ± 5, 32*	*1, 90 ± 0, 17*	*13, 05 ± 1, 72*

Tableau 18 - *Variations individuelles des durées moyennes (h) des torpeurs, des réchauffements et des euthermies chez 12 hérissons d'Algérie (5 mâles [Mad] et 4 femelles [Fad] adultes ; 3 sub-adultes [2 Mjp et 1 Fjp]) élevés en salle durant l'automne et l'hiver.*

Moyenne ± SEM

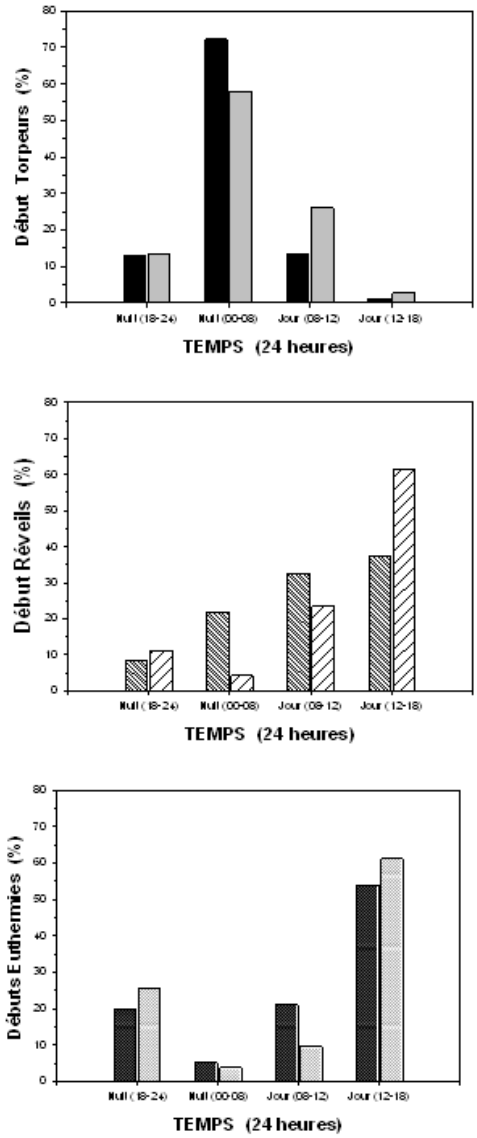


***Figure 23**– Etude chez le Hérisson d'Algérie au cours du nycthémère de la position du début : a) des torpeurs, b) des réveils, et c) des euthermies. Comparaison chez les mâles (barres foncées à gauche) et chez les femelles (barres claires à droite).*

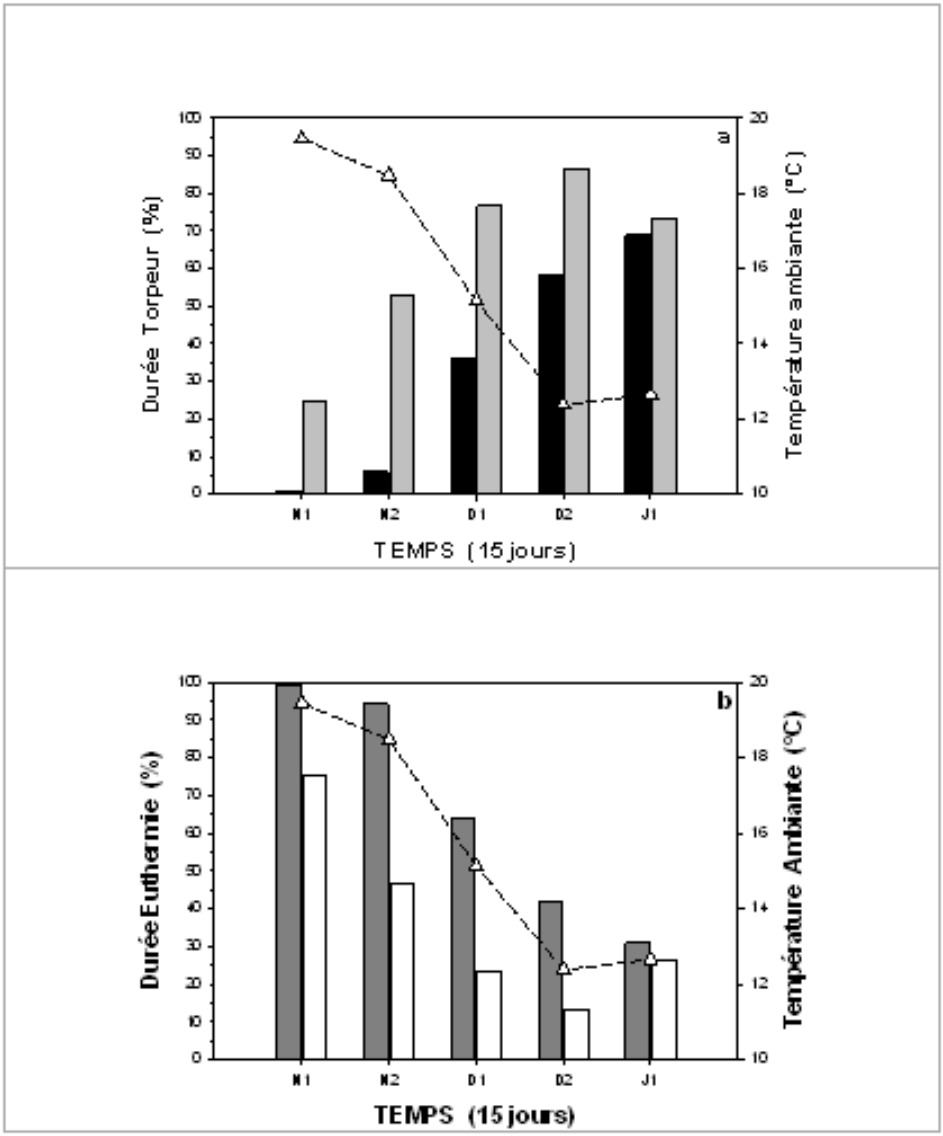


Figure 24 *– Etudes comparées (de novembre 2006 à mi-janvier 2007) chez le Hérisson d'Algérie du temps relatif (% par période de 15 jours) passé* ***[a] en torpeur*** *et* ***[b] en euthermie*** *chez* ***3 mâles*** *(barres noires [a] ou grises [b]) et* ***3 femelles*** *(barres grises [a] ou blanches [b]). Relation avec les températures ambiantes moyennes (triangles et ligne pointillée).*

Les torpeurs commencent le plus souvent au cours de la deuxième partie de la nuit (66 % des entrées entre 0:00 et 8:00 h) tandis que la fin (ou le début des euthermies) se produit pendant la deuxième partie de la journée (57 % des retours à l'euthermie entre 12:00 et 18:00 h) (Fig. 22, Tab. 17). Il est à noter la fréquence entrées en torpeur, en deuxième partie de la nuit, est plus élevée chez les mâles (72 %) que chez les femelles (58 %), tandis que les fins de torpeur (ou retour à l'euthermie), en deuxième partie du jour, sont plus fréquentes chez les femelles (61 %) que chez les mâles (54 %), et chez ces derniers les fins de torpeur sont aussi plus largement réparties (de 8:00 à 24:00 h) (Fig. 23a,c] , Tab. 17).

De fin décembre à fin mars, les durées des phases de torpeur augmentent (2 à 5 jours) et montrent de grandes amplitudes (Tc_{min} 10-13 °C proches des Ta_{min} enregistrées dans la salle) (Fig. 21). Les durées les plus longues des phases de torpeur (6 à 7 jours) sont

observées en janvier ou février avec les plus basses Tc_{min} (~9,7 °C) et en relation directe avec l'abaissement des niveaux moyens de la Ta. La durée moyenne des phases de torpeur est significativement plus courte chez les mâles (37,1 ± 7,1 h) que chez les femelles (46,8 ± 4,9 h) (Tab. 17). La durée moyenne maximale des torpeurs (61,92 h) est enregistrée chez une femelle sub-adulte (He15), et les durées moyennes minimales des torpeurs sont notées chez les mâles (14,08 h [adulte He13] et 11,12 h [sub-adulte He2])(Tab. 18).

A la fin du mois de mars, la sortie de la mauvaise saison est caractérisée par des torpeurs journalières de courte durée (< 12 h) et de faible amplitude comparables à celles observées en novembre (Fig. 21). Si la diminution de la durée des torpeurs est une tendance générale à cette période de l'année (mars), il faut aussi noter que ces phases de torpeur restent très variables d'un animal à l'autre, voire d'une année à l'autre. Par exemple, en mars 2007 (Fig. 21b), en raison d'une forte baisse de la Ta des torpeurs de longue durée sont observées plus tardivement qu'en mars 2006 (Fig. 21a).

Au cours de cette étude (Tab. 17), les durées moyennes des torpeurs sont plus longues chez les femelles (46,8 h) que chez les mâles (37,1 h), ce qui parait être du à une proportion des torpeurs longues (de 72 à 120 h) plus grande chez la femelle (26,1 %) que chez le mâle (13,1 %). L'évolution saisonnière des durées relatives en torpeur (% de torpeur calculé par période de15 jours), de début novembre 2006 à mi-janvier 2007, chez 2 groupes de 3 mâles et de 3 femelles (Fig. 24a) a aussi confirmé que les durées relatives des torpeurs sont toujours supérieures chez des femelles par rapport aux mâles. Les durées relatives des torpeurs augmentent progressivement dès novembre chez les femelles et à partir de décembre chez les mâles. Nous observons aussi une relation inverse avec l'évolution de la Ta dont les niveaux moyens les plus

La phase de réchauffement (ou **réveil périodique spontané**) correspond à la fin de la phase de torpeur. Elle est caractérisée par une augmentation spontanée et rapide de la température corporelle de l'animal jusqu'à ce qu'il retrouve son niveau normal et régulé (Tc > 33 °C) de l'euthermie (Fig. 11).

Pendant les 2 années de notre étude, le début des réchauffements s'effectue le plus souvent durant le jour (de 8:00 à 18:00 h) chez les mâles (69,8 %) et chez les femelles (84,6 %), ces dernières montrant une forte tendance à un réveil en fin de journée (61,2 % de 12:00 à 18:00 h) (Figs. 22 et 23b , Tab. 17).

Les réchauffements les plus fréquemment observés ont une durée variant entre 1 et 2 h chez les mâles (48,4 %) et chez les femelles (67,0 %). La durée moyenne des réchauffements est donc courte et relativement constante de 1,8 ± 0,1 h, sans différence significative entre les sexes (mâle : 1,9 ± 0,2 h ; femelle : 1,6 ± 0,1 h) (Tab. 17). Comme précédemment pour le refroidissement, la durée des réchauffements est aussi fonction de l'amplitude de la température (ΔT) entre le niveau initial de la Tc en hypothermie profonde et l'euthermie (Tc > 33 °C). La vitesse moyenne des réchauffements est toujours rapide (9,9 ± 0,4 °C/h^{-1}), et ne montre pas de différence significative entre les animaux, ni entre les sexes (mâle : 10,8 ± 0,6 °C/h^{-1} ; femelle : 11,6 ± 0,7 °C/h^{-1}) (Tab. 17).

1.2. - Les phases d'euthermie (ou normothermie) en automne et en hiver

Les phases d'euthermie (Tc > 33°C) qui caractérisent la vie active de l'animal avec une température corporelle élevée et régulée (Fig. 11) commencent le plus souvent en fin de journée (12:00 à 18:00 h) et en début de nuit (18:00 à 24:00 h) chez les mâles (73,8 %) et

les femelles (86,7 %) (Tab. 17). Chez les mâles le retour en euthermie est un peu plus étalé et précoce (21,0 % de 8:00 à 12:00 h) que chez les femelles.

La durée moyenne des phases d'euthermie est de 25,5 ± 2,9 h et elle est significativement plus élevée chez les mâles (29,9 ± 0,1 h) que chez les femelles (19,4 ± 2,7 h) (Tab. 17). Durant cette période automnale et hivernale, les durées des phases d'euthermie sont très variables d'un animal à l'autre : certains animaux (particulièrement les mâles adultes) peuvent présenter des durées relativement longues pouvant varier entre 5 à 6 jours (He16 en janvier et février (Fig. 21b) ; He12 fin décembre) et environ 11 jours (He13 fin novembre). Au contraire, les euthermies ayant les durées les plus courtes sont observées entre décembre et janvier (He14 : 6,0 h [18/12/06] ; He15 : 5,7 h [28/01/07]), voire mars (He15 : 1,5 h [24/03/07]) en relation avec des Ta basses.

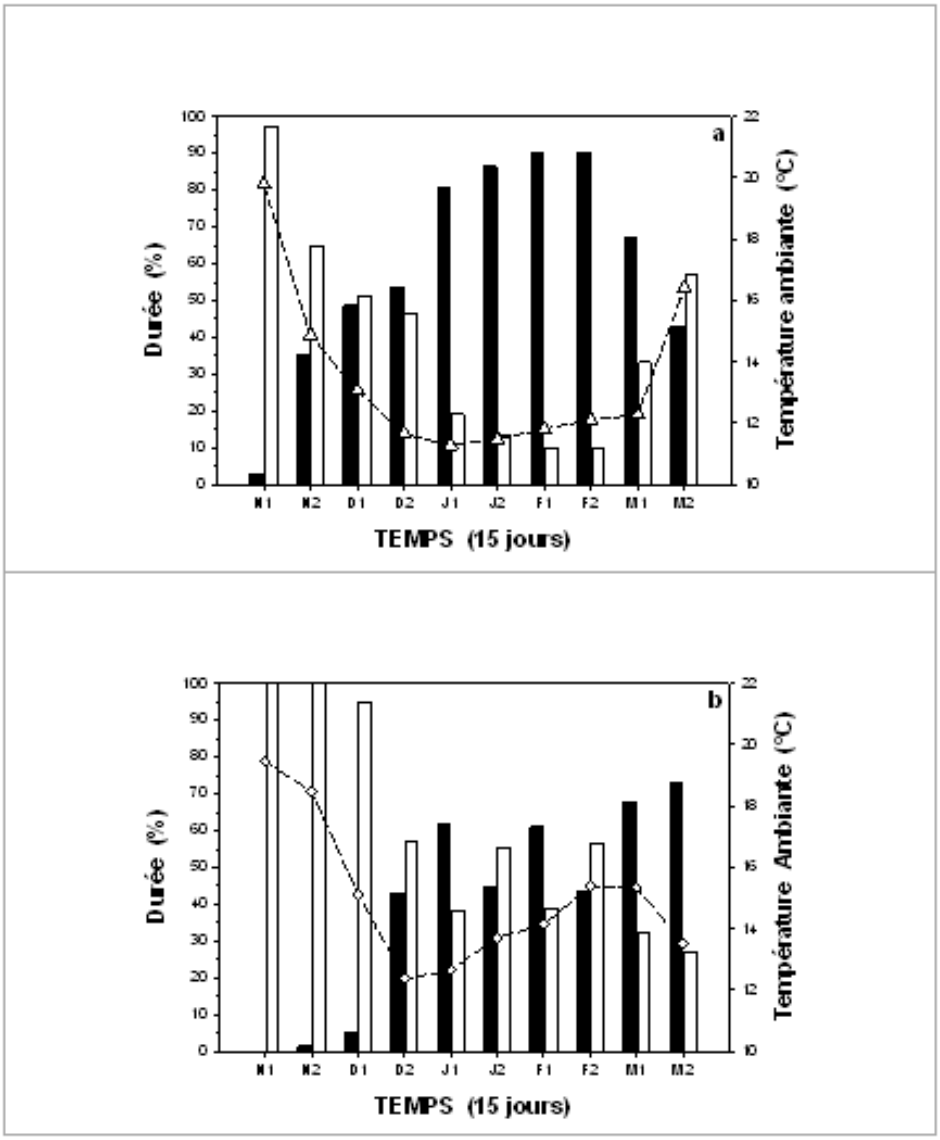


Figure 25 *– Etude chez le Hérisson d'Algérie des durées relatives (% par période de 15 jours) en torpeur (barres noires) et en euthermie (barres blanches) ; comparaison* ***[a] de la femelle He1*** *(novembre 2005 à mars 2006), et* ***[b] du mâle He16*** *(novembre 2006 à mars 2007). Relation avec les températures ambiantes moyennes au cours des 2 années (triangle / losange et ligne pointillée).*

Les pourcentages d'euthermie (calculés par période de 15 jours) sont significativement plus élevés chez les mâles que chez les femelles de novembre à décembre (Fig. 24b). Pendant cette période et jusqu'à mi-janvier, les pourcentages d'euthermie montrent aussi une diminution, progressive et parallèle, plus lente chez les mâles que chez les femelles (novembre : [mâle : 99,2 %] vs [femelle : 75,1 %] et janvier : [mâle : 31,0 %] vs [femelle : 26,4 %]) (Fig. 24b).

Ces euthermies les plus courtes, associées à des torpeurs longues, sont remarquables chez les Hérissons femelles et chez les jeunes sub-adultes (Tab. 18), et elles témoignent chez ces animaux d'une bonne adaptation à la mauvaise saison caractérisée par une faible dépense d'énergie.

L'opposition entre les durées d'euthermie et les durées des torpeurs est bien illustrée chez la femelle adulte He1 (Fig. 25a) : les durées d'euthermie sont maximales début novembre (~100 %), elles diminuent progressivement pour atteindre des valeurs minimales (entre 5 et 12 h) en janvier et février associées à des phases de torpeur les plus longues (entre 4 et 6,5 jours). Il est aussi à noter que fin mars, les phases d'euthermie ne sont pas encore maximales car elles ne représentent qu'environ 60 % du temps chez cette femelle He1.

En plus des variations observées entre individus ou sexes, des variations d'une année à l'autre peuvent aussi exister, ainsi en mars 2007, le retour de températures ambiantes relativement froides entraîne un % d'euthermie minimal comme observé chez le mâle He16 (Fig. 25b).

1.3. - Relations entre les évolutions de la température ambiante (Ta) et la température corporelle (Tc) en automne et en hiver

Les évolutions de la température ambiante (Ta) en salle sont un peu amorties par rapport aux températures extérieures mais elles montrent bien cependant les variations nycthémérales, saisonnières et interannuelles. Les variations simultanées de la Ta et de la Tc sont illustrées chez les 2 hérissons adultes (la femelle He1 [2005-06] et le mâle He16 [2006-07]) étudiés pendant une très longue période (2ème quinzaine de novembre à fin mars), aussi bien sur le suivi détaillé (Fig.21a,b) que sur le suivi plus global par période de 15 jours (Fig. 25a,b).

En novembre et décembre, le niveau des Ta diminue régulièrement (23-20 à 13-11 °C) et correspond à la période des nombreuses torpeurs journalières avec des Tc_{min} élevées pouvant varier de 17,7 à 29,7 °C. De mi-décembre à mars, les torpeurs de longue durée montrent des phases d'hypothermie profonde avec des Tc_{min} basses (Tc_{min} de 9,7 à 13,2 °C) (Tab. 17) proches de la Ta ou un peu plus élevées (environ + 1 à 2 °C) (Fig. 21a,b et Fig. 26). Pendant cette période, la Ta entraîne la Tc avec un déphasage de quelques heures (2 à 4 h). En mars 2005-06,

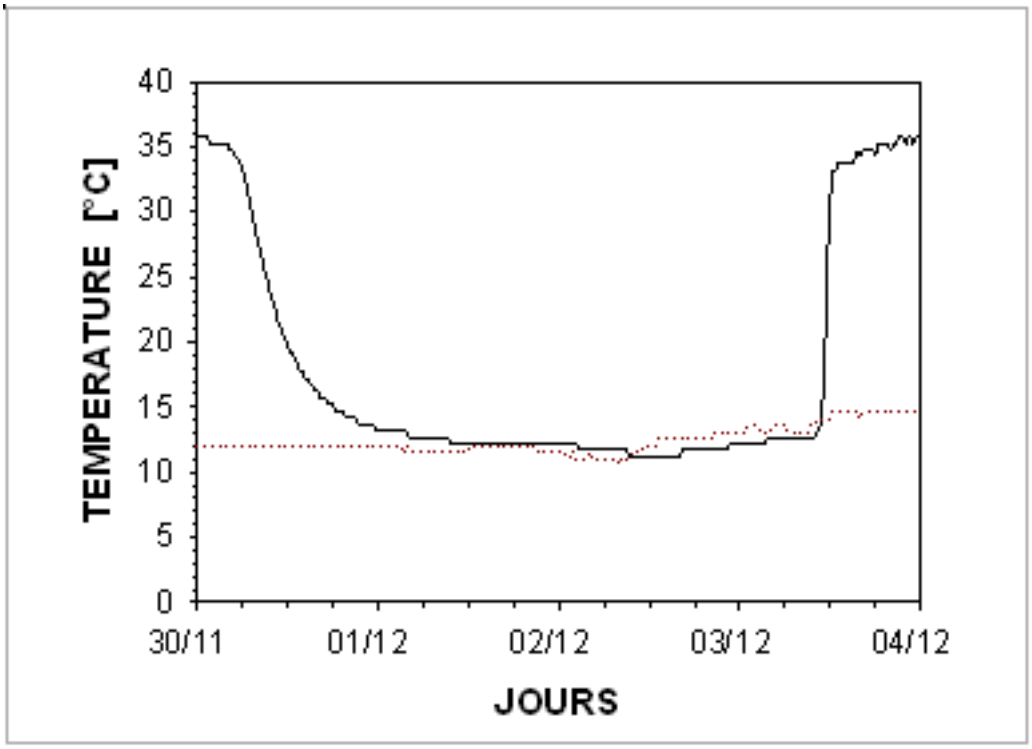


Figure 26 *– Evolutions de la température ambiante (Ta – trait pointillé) et de la température corporelle (Tc - trait noir) du Hérisson pendant une phase de torpeur et son retour à l'euthermie en hiver.*

		Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars	MOYENNES
Hel (Fad)	MC	702,7	873,0	683,4	551,0	496,6	*661,3 ± 65,7*
	PM		- 5,7	6,1	4,3	1,9	*1,7 ± 2,60*
	Vpm		- 0,8	0,7	0,6	0,3	*0,22 ± 0,30*
	PA	100,0	80,6	41,9	21,4	77,4	*64,3 ± 14,2*
	Torp	18,9	51,2	83,6	90,1	54,9	*59,7 ± 12,8*
Hel1 (Mad)	MC	720,2	691,7	644,0	581,5	511,5	*629,8 ± 37,8*
	PM		0,9	1,5	2,0	2,5	*1,7 ± 0,30*
	Vpm		0,1	0,2	0,3	0,4	*0,3 + 0,10*
	PA	100,0	22,6	29,0	46,0	50,0	*49,6 ± 13,6*
	Torp	8,4	66,0	87,9	71,5		*58,5 ± 17,3*
Hel2 (Mad)	MC	759,0	754,3	657,0	603,7	559,0	*666,6 + 39,9*
	PM		0,2	3,1	1,7	1,6	*1,6 ± 0,60*
	Vpm		0,02	0,4	0,3	0,3	*0,2 ± 0,10*
	PA	96,7	41,9	48,4	39,3	48,4	*54,9 ± 10,6*
	Torp	0,4	51,5	63,6	66,6		*45,5 ± 15,4*
Hel6 (Mad)	MC	637,5	639,0	617,5	570,7	522,7	*579,5 ± 22,4*
	PM		- 0,05	0,7	1,5	1,7	*1,0 ± 0,40*
	Vpm		0,01	0,1	0,2	0,3	*0,2 ± 0,06*
	PA	100,0	87,1	54,8	64,3	41,9	*69,6 ± 10,6*
	Torp	1,5	24,0	53,0	52,4	70,2	*40,2 ± 12,2*
Hel4 (Mjp)	MC	502,0	469,5	447,5	430,5	403,0	*450,5 ± 16,8*
	PM		1,1	0,7	0,5	1,0	*0,8 ± 0,10*
	Vpm		0,2	0,1	0,1	0,2	*0,2 ± 0,03*
	PA	83,3	12,9	22,6	35,5	50,0	*40,9 ± 12,3*
	Torp	23,1	79,8	90,8	74,0	72,2	*68,0 ± 11,7*
Hel5 (Fjp)	MC	433,5	415,3	393,0	376,5	341,3	*391,9 ± 15,9*
	PM		0,6	0,7	0,5	1,3	*0,8 ± 0,20*
	Vpm		0,1	0,2	0,1	0,3	*0,2 ± 0,05*
	PA	86,7	16,1	22,6	50,0	53,3	*45,7 ± 12,6*
	Torp	47,8	90,5	91,3	85,1	91,2	*81,2 ± 8,4*

Tableau 19 *– Variations mensuelles, en automne et en hiver, de la masse corporelle (MC [g]), de la perte de masse journalière (PM [g/ j^{-1}), de la vitesse spécifique d'amaigrissement (Vpm [%/j^{-1}]), de la prise alimentaire (PA [%]) et de la torpeur (Torp [%]) chez 6 hérissons d'Algérie (1 femelle [Fad] et 3 mâles [Mad] adultes ; 2 sub-adultes [Fjp et Mjp]).*

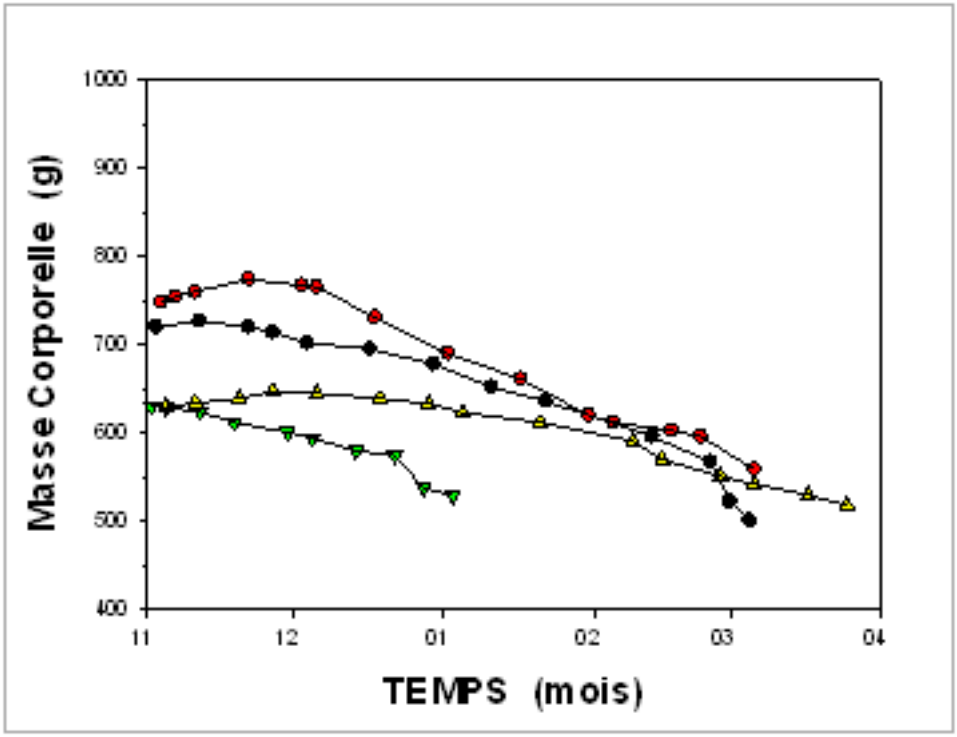


Figure 27 *– Evolutions de la masse corporelle chez 4 hérissons mâles au cours de l'automne et de l'hiver.*

l'augmentation des Ta (de 15 à 21 °C) est concomitante de la réapparition des torpeurs journalières et de l'augmentation des Tc_{min} (Fig. 21a).

Les évolutions globales (par période de 15 jours) de la Ta et des durées relatives en torpeur et en euthermie (Fig. 25a,b) confirment les observations précédentes. En automne, les Ta décroissantes sont associées à une augmentation du % de torpeur (et une diminution du % d'euthermie) et en hiver les Ta basses sont corrélées avec un % de torpeur élevé (et un % d'euthermie bas) (Fig. 25a). La comparaison de ces données de 2005-06, avec celles obtenues en 2006-07 (Fig. 25b), montre cependant des différences avec : a) un hiver plus doux en janvier et février 2007 (Ta_{moy} de 12 à 15 °C) correspondant à des % de torpeur et d'euthermie peu différents (voisins de 50 %), et b) une fin d'hiver froide (diminution des Ta_{moy} de 15 à 13 °C) correspondant à une augmentation sensible des % de torpeur (variations inverses de celles observées l'année précédente en mars 2005-06).

1.4. - Bilan énergétique par l'étude comparée des évolutions de la masse corporelle, de la prise alimentaire et des pourcentages de torpeur, en automne et en hiver

Dans nos conditions expérimentales, au cours de l'automne et de l'hiver, plusieurs paramètres (la masse corporelle et ses variations, la prise alimentaire et les pourcentages de torpeur) ont pu être déterminés et comparés chez 6 animaux (1 femelle adulte [He1], 3 mâlesadultes [He11, He12 et He16], et 2 sub-adultes [He14 et He15]) suivis de novembre à mars (Tab. 19).

L'évolution de la masse corporelle (MC) a été effectuée par des pesées irrégulières pendant les phases d'euthermie (Fig. 27). Après la mise en expérimentation début

novembre, malgré une forte variabilité de la MC initiale (Tab 19), le niveau moyen de la MC se maintient toujours élevé chez tous les animaux au cours du premier mois. En décembre, la MC peut même encore augmenter fortement (femelle He1 : +170 g) ou très légèrement (mâle He16 : +2,0 g), alors qu'une diminution générale de la MC s'amorce. A partir de janvier, la MC décroît régulièrement et elle atteint un niveau minimal en mars, avec une forte variabilité entre individus et sexes.

Le calcul de la **perte de masse moyenne journalière** (PM g/j^{-1}) montre une augmentation progressive du début décembre à février pour l'ensemble des hérissons (Tab 19). Si la PM est négative début décembre chez le mâle He16 (- 0,05 g/j^{-1}), par contre, elle est maximale entre janvier et février (1,7 g/j^{-1}). Pendant l'automne et l'hiver, la perte de masse moyenne journalière calculée chez tous les hérissons mis en expérimentation est de l'ordre de 1,3 ± 0,1 g/j^{-1}. Notons cependant que ce paramètre est très variable d'un animal à l'autre, selon le sexe, la qualité et la durée des torpeurs. Ainsi, chez la femelle He1, la PM est négative entre novembre et décembre (- 5,7 g/j^{-1}), puis maximale entre décembre et janvier (6,1 g/j^{-1}) et diminue ensuite régulièrement pour devenir minimale entre février et mars (1,9 g/j^{-1}).

La vitesse de perte de masse ou amaigrissement spécifique (V_{pm} : % de perte journalière en relation avec la masse de l'animal [$\%/j^{-1}$]) ne montre pas de grande variation entre les individus ou selon le sexe (Tab 19). Entre novembre et décembre la V_{pm} varie faiblement (0,02 à - 0,8 $\%/j^{-1}$), elle augmente légèrement entre décembre et janvier, puis se stabilise, et augmente à nouveau chez presque tous les animaux entre février et mars. Les V_{pm} les plus élevées sont observées chez la femelle He1 entre décembre et janvier (0,7 $\%/j^{-1}$), et entre janvier et février (0,6 $\%/j^{-1}$).

Dans nos conditions expérimentales, les animaux reçoivent chaque jour une ration alimentaire similaire ce qui a permis d'évaluer la prise alimentaire journalière de chaque animal. La prise de nourriture s'avère très variable chez les 6 hérissons suivis de novembre à mars (Tab. 19), mais en novembre elle reste très élevée chez tous (83,3 à 100 %). En décembre, la prise alimentaire décroît fortement chez 2 sub-adultes (He14 [12,9 %], He15 [16,1 %]) et un mâle adulte (He11 [22,6 %]). Pour l'ensemble des animaux, les prises alimentaires les plus faibles (< 50 %) sont observées en janvier et février. Généralement, la reprise de l'alimentation est nette en mars (He1 : février [21,4 %] *vs* mars [77,4 %]).

Au cours de l'automne et de l'hiver, les variations moyennes mensuelles de la prise alimentaire sont en accord avec l'augmentation modérée de la MC de novembre à décembre puis sa décroissance régulière de décembre à mars. La prise alimentaire montre aussi une évolution en opposition avec les variations moyennes mensuelles des pourcentages de torpeur. Ainsi, en novembre les prises alimentaires élevées sont associées à des torpeurs de courtes durées, tandis que de mi-décembre à début mars ces paramètres sont inversés (pas d'alimentation pendant les phases de torpeur) (Tab. 19). En outre, l'examen journalier de la prise alimentaire au cours de chaque phase d'euthermie a montré que souvent les animaux peuvent se réveiller puis retourner en torpeur sans s'alimenter, ainsi chez quelques animaux, nous avons pu observer en hiver jusqu'à 4 réveils consécutifs sans prise de nourriture.

Après avoir défini : a) la période [refroidissement + hypothermie profonde] comme étant une ***période d'économie*** et, b) la période [réchauffement + euthermie] comme étant une ***période de dépense*** , pour chaque animal, nous avons considéré la période comprise entre la première et la dernière torpeur pour faire un bilan global de la gestion énergétique (en % du temps total) au cours de l'automne et de l'hiver. L'analyse globale des résultats obtenus chez les 12 hérissons étudiés (Tab. 17) montre que les périodes d'économie (57,9 %) sont supérieures aux périodes de

Années	N° Anl.	Sexe Age	Début Exp.	Fin Exp.	Durée Exp. (j)	Nombre T / E	Durée Hib. (j)	Durée Pré-Hib.	Mortalité
2007 - 2008	**He25**	Mad	04/10/07 12h	16/12/07 00h	72,5	37	67,5	4j 17h	M
	He26	Fad	04/10/07 12h	27/01/08 00h	114,5	32	98,5	15j 17h	-
2008 - 2009	**He33**	Mjp08	24/08/08 00h	01/12/08 00h	99,0	52	96,5	2j 02h	-
	He34	Mad	19/09/08 00h	28/12/08 00h	100,0	49	91,0	7j 03h	-
	He35	Mad	01/10/08 12h	22/01/09 00h	112,5	28	92,5	18j 20h	-
TOTAL	*n = 5*				*498,5*	*198*	*446,0*		*1*
Moyenne					*99,7*	*39,6*	*89,2*		

Tableau 20*– Etude au cours de l'automne et de l'hiver (2007-2008 et 2008-2009) des variations de la température corporelle chez 5 hérissons d'Algérie maintenus en environnement extérieur.*

Début des torpeurs	18:00-24:00	10	8	3	7	30	*58*	29,3
	00:00-08:00	27	41	21	25	22	*136*	68,7
	08:00-12:00	0	0	3	0	0	*3*	1,5
	12:00-18:00	0	0	1	0	0	*1*	0,5
Début des réchauffements	18:00-24:00	0	0	2	2	0	*4*	2,0
	00:00-08:00	1	1	2	0	1	*5*	2,5
	08:00-12:00	16	35	11	5	39	*106*	53,5
	12:00-18:00	20	13	13	25	12	*83*	41,9
Début des euthermies	18:00-24:00	4	7	5	15	1	*32*	16,2
	00:00-08:00	0	0	3	0	0	*3*	1,5
	08:00-12:00	3	18	6	1	16	*44*	22,2
	12:00-18:00	30	24	14	16	35	*119*	60,1
Torpeurs **durées (h)**	00-12 h	17	34	11	2	19	*83*	41,9
	12-24 h	8	5	1	9	24	*47*	23,7
	24-48 h	6	0	3	6	1	*16*	8,1
	48-72 h	3	5	5	4	5	*22*	11,1
	72-96 h	1	4	2	3	2	*12*	6,1
	96-120 h	1	1	0	5	0	*7*	3,5
	> 120 h	1	0	6	3	1	*11*	5,6
Réchauffements durées (h)	00-01 h	2	15	6	0	3	*26*	13,1
	01-02 h	20	23	10	1	29	*83*	41,9
	02-03 h	6	3	12	7	12	*40*	20,2
	03-04 h	6	1	0	12	4	*23*	11,6
	04-05h	0	1	0	10	3	*14*	7,1
	> 5 h	3	6	0	2	1	*12*	6,1
Euthermies durées (h)	00-12 h	21	4	12	24	35	*96*	48,5
	12-24 h	13	32	11	3	12	*71*	35,9
	24-48 h	1	7	3	4	1	*16*	8,1
	48-96 h	2	6	1	1	1	*11*	5,6
	>96 h	0	0	1	0	3	*4*	2,0
Nombre (n)		*37*	*49*	*28*	*32*	*52*	*198*	
Durées totales (h/min)								**Moyenne**
des torpeurs		1042:26	1058:53	1621:38	1969:34	1242:07		39,0±8,6
des réchauffements		87:46	96:38	49:26	118:18	107:31		2,5±0,4
des euthermies		*582:17*	1156:24	603:52	396:36	1078:26		18,8±2,1
Bilan énergétique (%)	**Economie**	*58,7*	43,4	70,6	78,2	48,9		60,0
	Dépense	41,3	*56,6*	29,4	21,8	51,1		40,0
Tb minimales (°C)		*3,59*	*5,60*	4,70	2,20	*7,6*		2,2 - 7,6

Tableau 21 - *Caractéristiques des variations de la température corporelle chez le Hérisson d'Algérie élevé en conditions climatiques extérieures : étude chez 5 hérissons (3 mâles adultes [Mad], 1 femelle adulte [Fad] et 1 mâle sub-adulte [Mjp]) en automne et en hiver au cours des années 2007-08* et 2008-09**. Présentation des données en nombre (n) ou en pourcentages (%) des valeurs totales et durées en heures (h).*

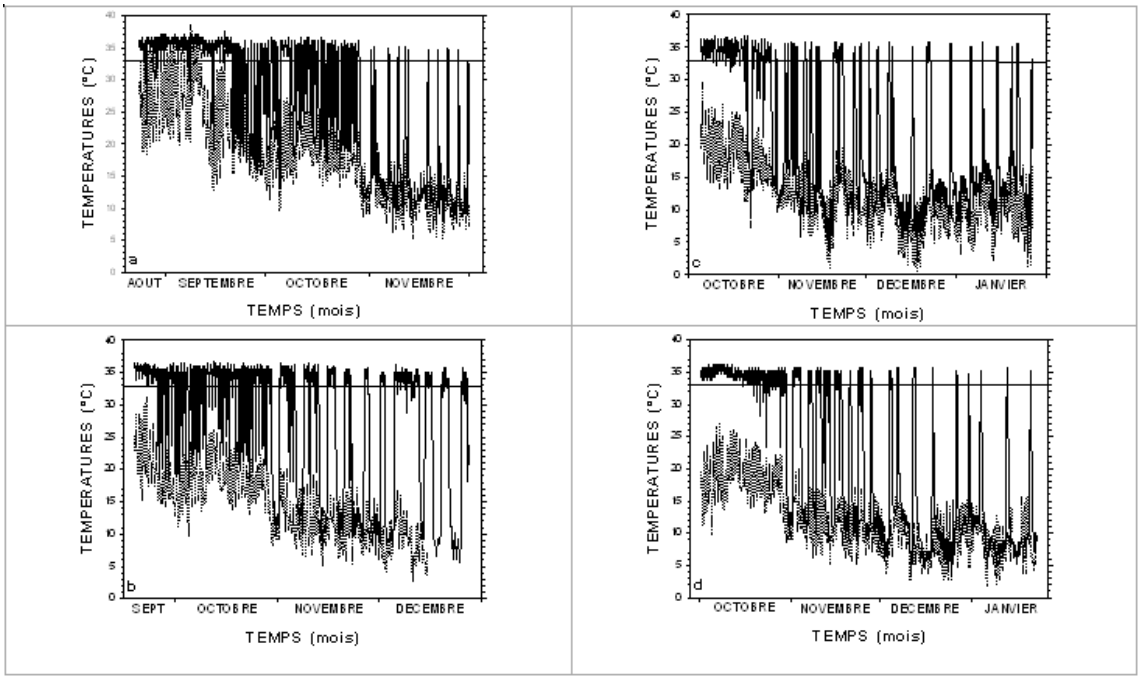


Figure 28 *– Evolutions comparées de la Tc (ligne noire) et de la Ta (ligne pointillée) chez 4 hérissons d'Algérie (a- He33, b- He34, c- He26, d- He35) maintenus en conditions environnementales extérieures.*

dépenses (42,1 %). Nous notons aussi qu'une meilleure économie d'énergie est observée chez les femelles (68,5 %) par rapport aux mâles (50,2 %).

En conclusion , toutes ces données associées confirment que les mâles comme les femelles utilisent les torpeurs pour économiser de l'énergie pendant la mauvaise saison en automne et en hiver afin de pouvoir survivre. Le Hérisson d'Algérie présente dans les conditions de cette étude toutes les caractéristiques d'un véritable hibernant avec ses variations individuelles et une tendance (observée plusieurs fois) à une meilleure qualité de l'hibernation chez les femelles et les jeunes sub-adultes que chez les mâles. Ces données seront à confirmer par une étude en conditions extérieures.

2. - Variations au cours de l'automne et de l'hiver de la température corporelle du Hérisson d'Algérie élevé en environnement extérieur (parc)

Pendant l'automne et l'hiver des années 2007-08 et 2008-09, nous avons enregistré, à l'aide de "iButtons", les variations de la température corporelle (Tc) chez 5 hérissons d'Algérie maintenus en conditions environnementales extérieures (Tab. 20). Les animaux mis en expérimentation (3 mâles [He25, He34, He35] et 1 femelle [He26] adultes ; 1 mâle sub-adulte [He33]) ont été placés dans des petits parcs grillagés et soumis aux variations saisonnières naturelles de la lumière, de la température ambiante (Ta) et de l'humidité. Par rapport aux conditions en salle (paragraphe précédent), en environnement extérieur l'amplitude des fluctuations thermiques nycthémérales est très marquée et les Ta_{min} saisonnières sont plus basses (Ta_{min} proches de 0 °C). Le tableau 21 présente les différentes caractéristiques (valeurs individuelles et moyennes) des variations de la Tc chez les hérissons élevés en milieu extérieur.

2.1. - Les phases de torpeur

Chez les hérissons suivis en environnement extérieur, certains enregistrements de la Tc ont été réalisés dès la fin de l'été (He33 [24 août] et He34 [19 sept.]) ou à partir de début octobre (He25, He26 et He35).

Cette période de fin août à fin octobre, qui n'avait pas été étudiée dans l'expérimentation précédente en salle, est intéressante car elle montre, particulièrement chez les animaux He33 et He34, l'apparition de nombreuses torpeurs journalières dès la fin septembre (Fig. 28ab). En octobre, ces torpeurs journalières sont plus ou moins régulières chez les 5 animaux. Ces torpeurs sont caractérisées par des durées courtes (< 24 h) (Fig. 29ab) et des amplitudes faibles (Tc_{min} de

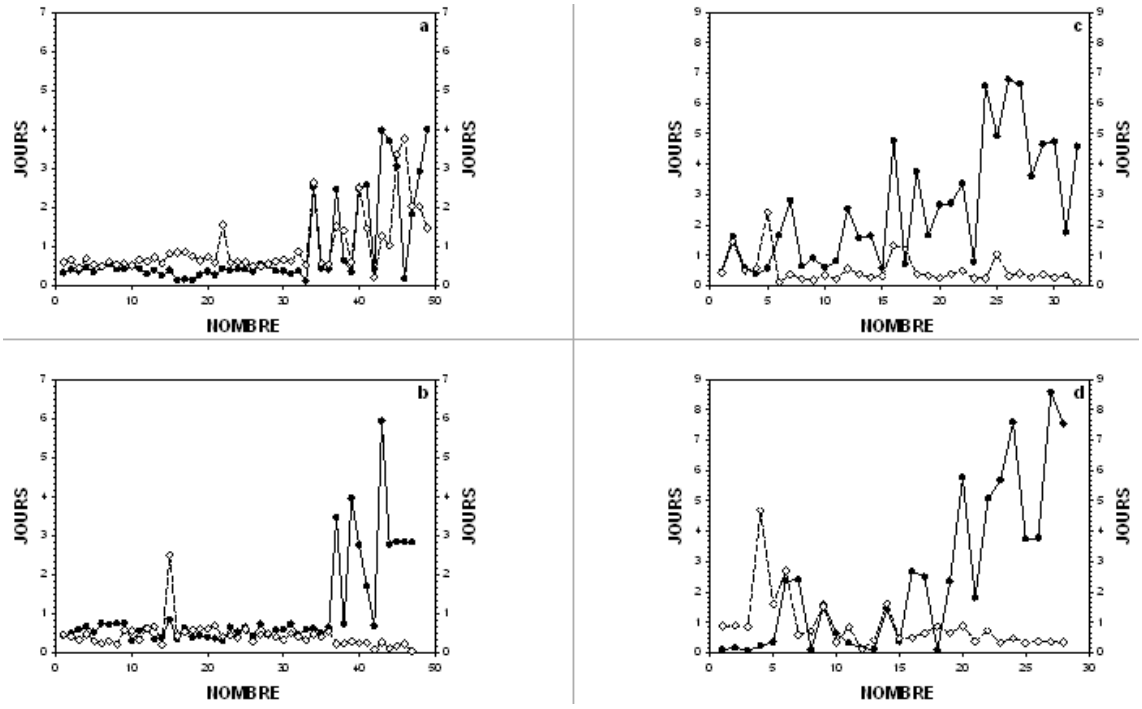


Figure 29 *– Evolutions simultanées des durées des* ***torpeurs*** *(rond et ligne noirs) et des* ***euthermies*** *(losange blanc et ligne pointillée) au cours de l'automne et de l'hiver chez 4 Hérissons (a : He34, b : He33, c : He26, d : He35) soumis aux conditions environnementales extérieures.*

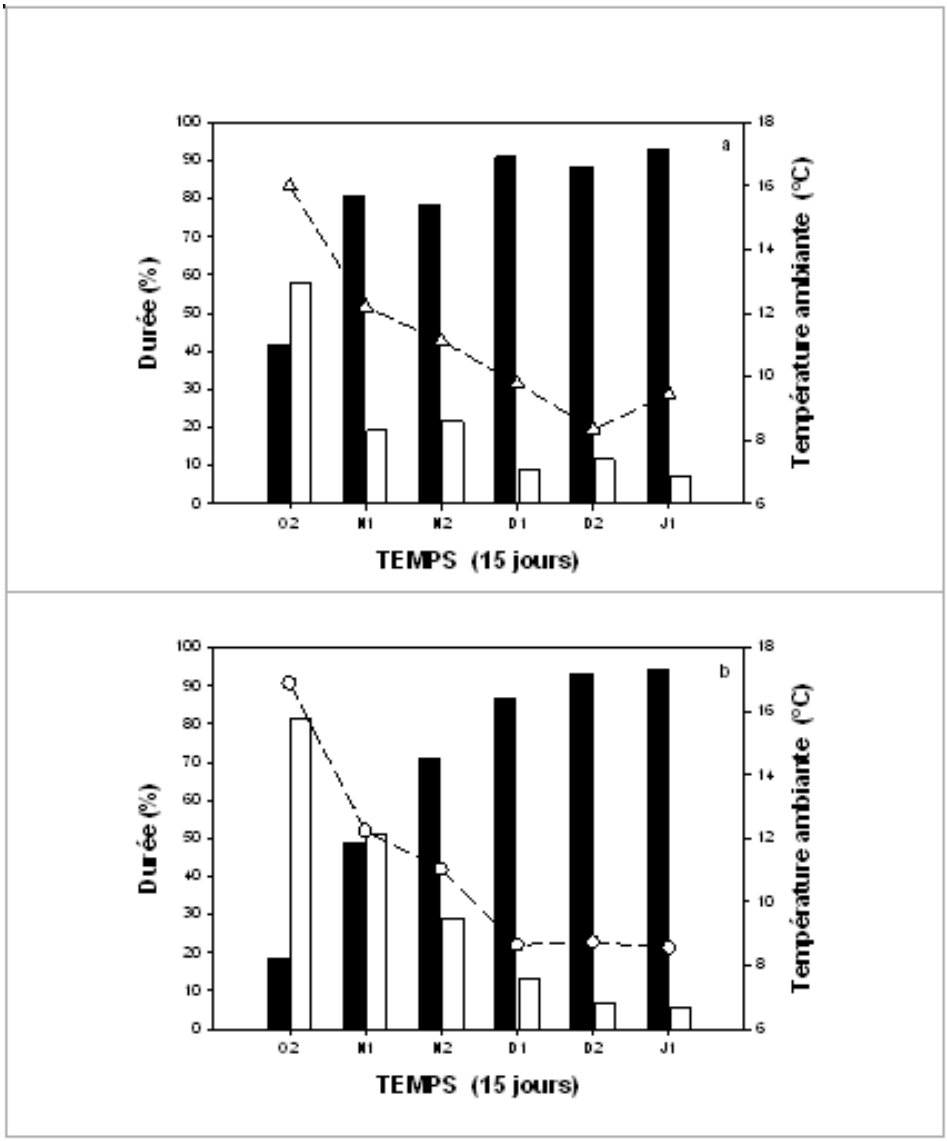
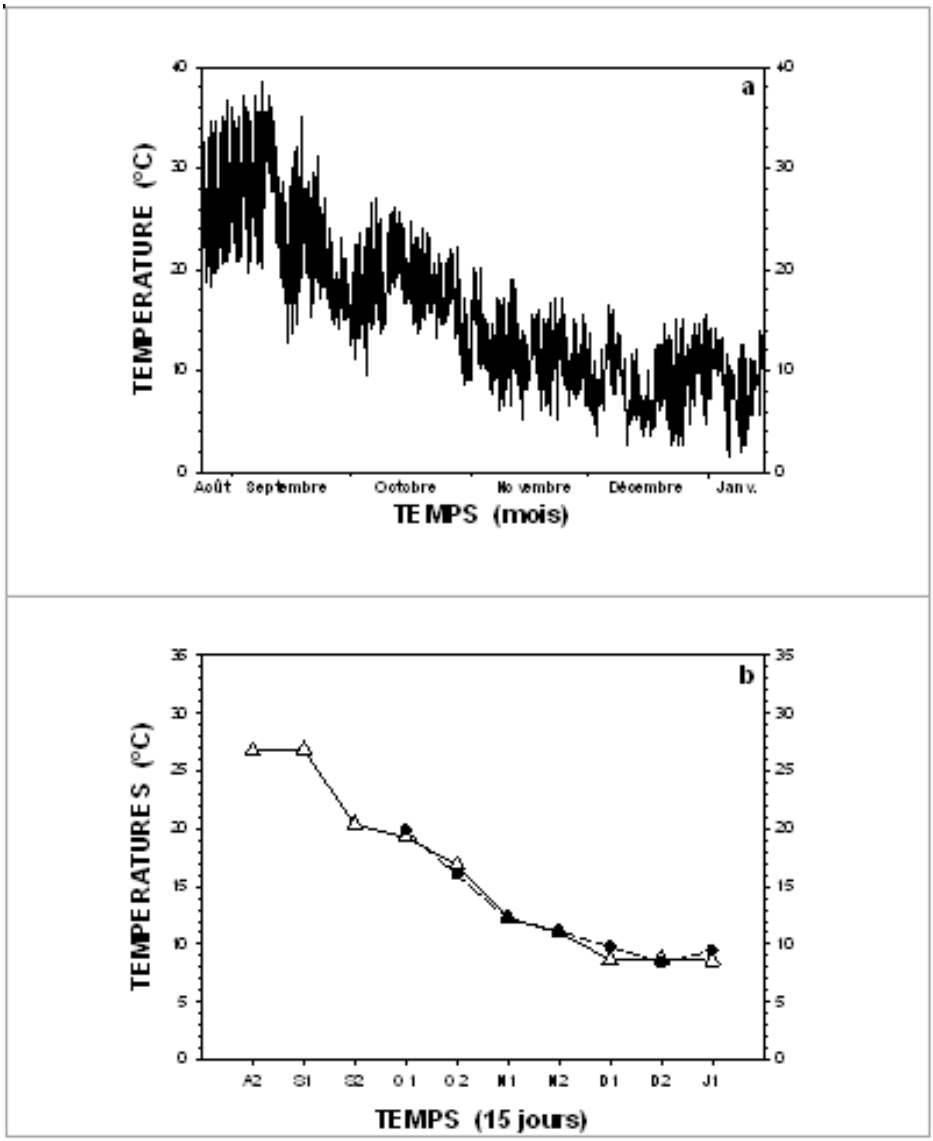


Figure 30 *– Etude chez le Hérisson d'Algérie, élevé en environnement extérieur, des durées relatives (% par période de 15 jours) en torpeur (barres noires) et en euthermie (barres blanches) : a) Comparaison de la* ***femelle He26*** *(mi-octobre 2007 à mi-janvier 2008), et b) du* ***mâle He35*** *(mi-octobre 2008 à mi-janvier 2009). Relation avec les températures ambiantes moyennes au cours des deux années (triangles / ronds et ligne pointillée).*



Figures 31 *– Evolutions des températures extérieures de fin août à début janvier : a) températures journalières (août 2008 à janvier 2009), b) températures moyennes par période de 15 jours (triangles - ligne continue : 2008-09 ; ronds noirs - ligne pointillée : 2007-08).*

30 à 16-17 °C). Ces torpeurs (Tc < 33 °C) débutent essentiellement pendant la deuxième partie de la nuit (0:00 à 8:00 h), et se terminent au cours de la deuxième partie de la journée (12:00 à 18:00 h).

A partir de la fin du mois d'octobre et pendant les mois suivants, les torpeurs journalières sont progressivement remplacées par des torpeurs plus longues (1 à plusieurs jours) et plus amples (abaissement progressif du niveau de la Tc_{min}) (Fig. 28). Les durées des torpeurs sont très variables d'un animal à l'autre (Tab. 21), et les torpeurs les plus longues (4 à 9 jours) sont notées en décembre et janvier (He34 [96 h], He33 [142 h], He25 [143 h], He26 [162 h] He35 [206 h]) (Fig. 29). En même temps, pendant ces longues torpeurs, les Tc_{min} les plus basses (7,6 à 2,2 °C) sont observées en relation avec les minima saisonniers des Ta (entre 5 et 0 °C). La comparaison des durées relatives en torpeur (% par période de

15 jours) d'octobre à décembre, chez la femelle (He26 ; 2007) et le mâle (He35 ; 2008) (Fig. 30a,b), montre dans les 2 cas une augmentation progressive des durées des torpeurs d'octobre à décembre, tandis que les Ta diminuent. Cette augmentation est plus rapide en octobre-novembre chez la femelle que chez le mâle. De début décembre à mi-janvier les durées relatives des torpeurs sont maximales (> 90 %) alors que les Ta sont minimales (moyennes < 10 °C) (Fig. 30a,b).

Le début des **réchauffements** s'effectue le plus souvent pendant le jour (95,4 % de 8:00 à 18:00 h). Les durées les plus fréquentes des réchauffements varient entre 1 et 3 h (62,1 %) et les valeurs moyennes sont de l'ordre de 2,5 ± 0,4h (Tab. 21).

2.2. - Les phases d'euthermie

Les phases d'euthermie commencent le plus souvent en fin de journée (60,1 % de 12:00 à 18:00 h) chez les 5 hérissons maintenus en environnement extérieur (Tab. 21). Pendant cette étude, les durées moyennes des phases d'euthermie sont de 18,8 ± 2,1 h. Entre décembre et janvier, quand les torpeurs sont les plus grandes (Fig. 28), les phases d'euthermies sont en général très courtes (< 12 h, voire < 6 h) et les durées minimales observées variables (He33 [2:42 h], He25 [4:43 h], He26 [5:52 h], He35 [7:45 h]).

2.3. - Relations entre les évolutions de température ambiante et la température corporelle

Au cours des années 2007-08 et 2008-09, les Ta moyennes (calculées par périodes de 15 jours) montrent des évolutions très comparables pendant les périodes communes étudiées (début octobre à mi-janvier) (Fig. 31b). De fin août à mi-septembre 2008, nous observons des variations nycthémérales de la Ta très amples (de 36 à 19 °C) (Fig. 31a) correspondant à des moyennes

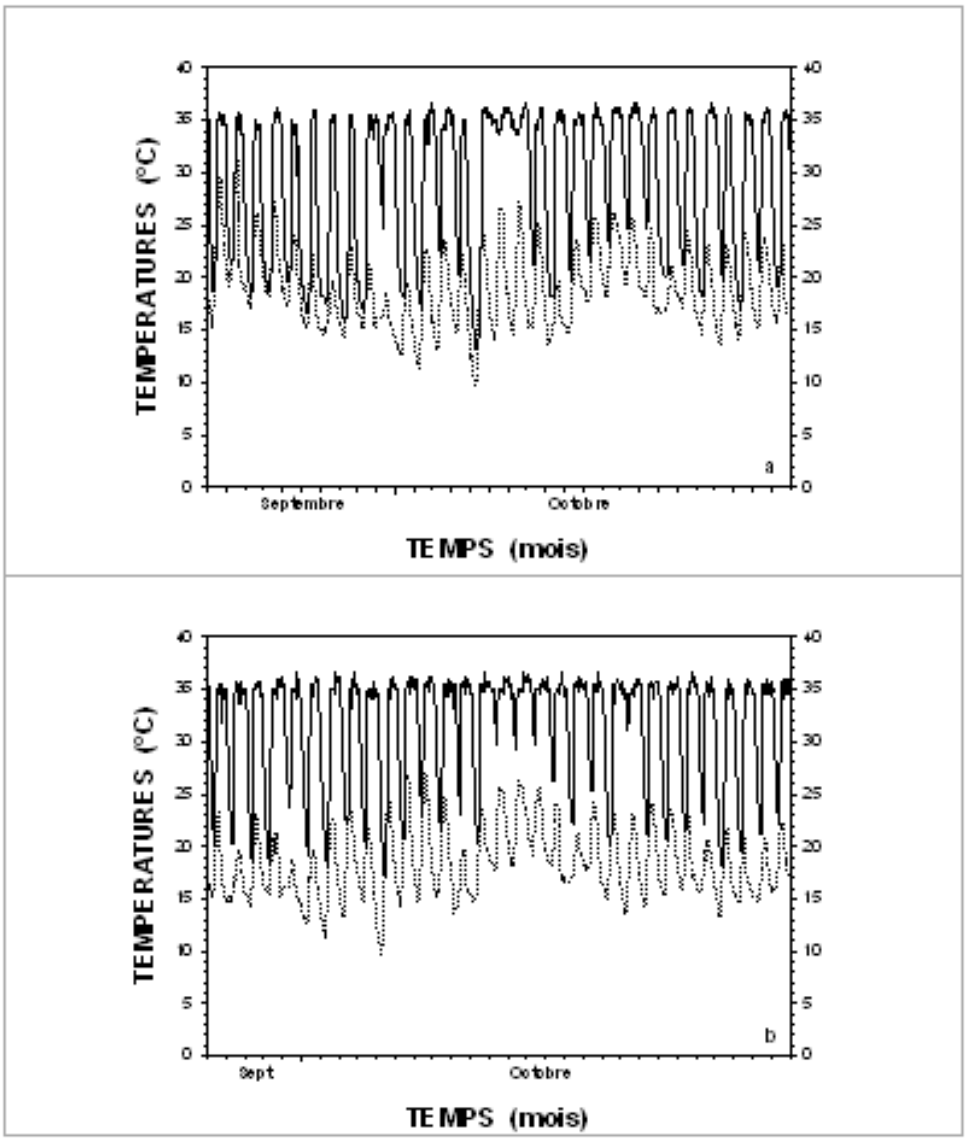


Figure 32 *– Observations des torpeurs journalières au début de l'automne chez 2 hérissons d'Algérie (**a** - **He33** [21.09-22.10.08] et **b** - **He34** [26.09-27.10.08]) soumis aux conditions environnementales extérieures. Evolutions simultanées de la Tc (ligne noire) et de la Ta (ligne pointillée).*

		Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Moyennes
He26 (Fad)	MC		445,0	456,5	427,0	402,0	*432,6 ± 4,1*
	PM			-0,4	1,0	0,8	*0,50 ± 0,42*
	Vpm			-0,1	0,2	0,2	*0,10 ± 0,10*
	PA		96,8	56,7	32,3	22,2	*52,0 ± 16,6*
	Torp		41,9	79,5	90,8	75,2	*71,8 ± 10,5*
He25 (Mad)	MC		556,7	546,0	499,0		*533,9 ± 4,3*
	PM			0,3	1,6		*1,00 ± 0,60*
	Vpm			0,1	0,3		*0,20 ± 0,10*
	PA		93,5	33,3	33,3		*53,4 ± 20,1*
	Torp		24,7	76,0	88,5		*63,1 ± 19,5*
He34 (Mad)	MC	473,0	481,0	472,5	450,0		*469,1 ± 2,4*
	PM		-0,3	0,3	0,7		*0,20 ± 0,30*
	Vpm		-0,06	0,06	0,2		*0,05 ± 0,06*
	PA	100,0	93,5	66,7	41,9		*75,5 ± 13,3*
	Torp	18,7	39,0	57,5	50,6		*41,4 ± 9,8*
He35 (Mad)	MC		775,0	788,5	679,0	540,0	*695,6 ± 57,3*
	PM			-0,4	3,6	4,5	*2,60 ± 1,50*
	Vpm			-0,06	0,5	0,7	*0,40 ± 0,20*
	PA		93,5	63,3	0,0	6,4	*40,8 ± 22,6*
	Torp		9,2	59,8	89,9	94,3	*63,3 ± 19,6*
He33 (Mjp)	MC	308,5	348,7	368,7	349,2		*343,8 ± 12,6*
	PM		-1,3	-0,7	0,6		*-0,40 ± 0,60*
	Vpm		-0,4	-0,2	0,2		*-0,15 ± 0,20*
	PA	93,3	48,4	10,0			*50,6 ± 24,1*
	Torp	25,0	53,3	92,8			*57,0 ±19,7*

Tableau 22 *– Variations mensuelles, en automne et en hiver, de la masse corporelle (MC [g]), de la perte de masse journalière (PM [g/j^{-1}]), de la vitesse spécifique d'amaigrissement (Vpm [%/j^{-1}]), de la prise alimentaire (PA [%]) et de la torpeur (Torp [%]) chez 5 hérissons d'Algérie élevés en milieu extérieur : 1 femelle [Fad : He26] et 1 mâle [Mad : He25] adultes en 2007-08 et 2 mâles adultes [Mad : He 34, He35] et 1 sub-adulte [Mjp : He33] en 2008-09.*

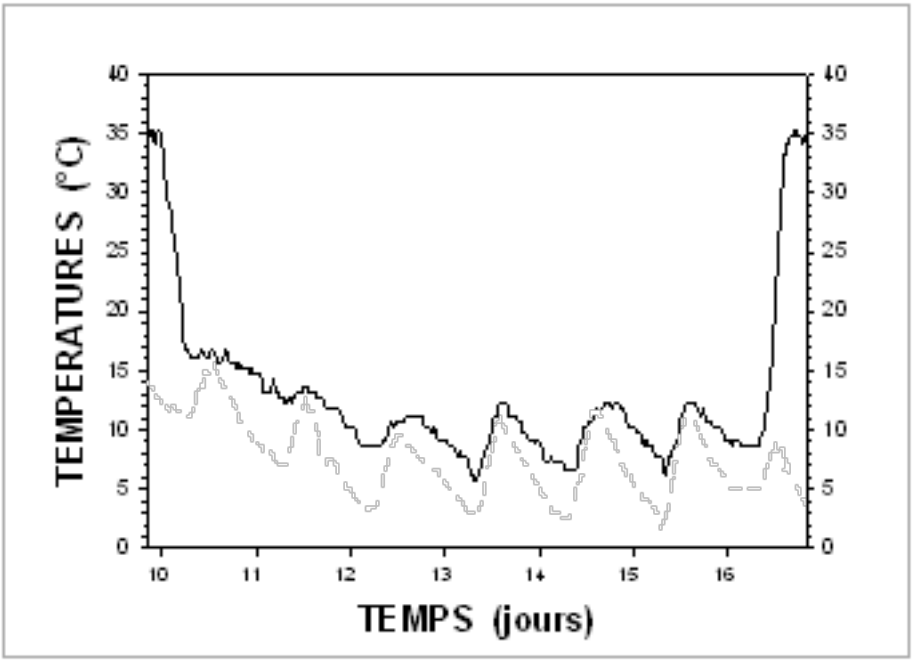


Figure 33 – *Evolutions simultanées de la température ambiante (ligne pointillée) et de la température corporelle (ligne continue) pendant une longue phase de torpeur chez le Hérisson d'Algérie en conditions environnementales extérieures (**He26** Fad ; 9-16/12/2007).*

élevées (~27°C). De mi-septembre à fin octobre, l'amplitude des variations nycthémérales et les moyennes décroissent sensiblement (de 20 à environ 17 °C). Les Ta moyennes chutent encore en novembre (12-11 °C) et sont minimales de début décembre à mi-janvier (< 9 °C).

En septembre et octobre, ces variations nycthémérales amples (He33 et He34) entraînent très nettement les torpeurs journalières observées (Fig. 32). A partir de début novembre au cours des 2 années, la nette diminution des Ta est concomitante de l'apparition des torpeurs de plus longue durée (Fig. 28) et de leur maintien en décembre et janvier chez tous les animaux. Pendant cette période, nous pouvons observer que la Tc au cours des hypothermies profondes est parfaitement entraînée par la Ta (Fig. 33) avec un léger déphasage en temps (4 à 6 h) et en amplitude (Ta < Tc de 2 à 3 °C).

Par rapport aux conditions précédentes en salle et en relation avec les variations de la Ta, nous avons pu observer dans ces conditions environnementales extérieures, l'apparition plus précoce des torpeurs (fin septembre), un abaissement important des Tc_{min} (7,6 à 2,2 °C) et une augmentation des durées des torpeurs (durée moyenne : [Ext] 39,0 ± 8,6 h *vs* [salle] 36,1 ± 7,2 h ; durées maximales : de 142 à 206 h), et de la proportion des torpeurs supérieures à 120 h ([Ext] 5,6 % *vs* [salle] 3,0 %).

2.4. - Bilan énergétique

Pendant l'automne et l'hiver, les hérissons maintenus en conditions environnementales extérieures montrent globalement tous que l'abaissement de la Tc permet d'économiser l'énergie (économies [60 %] supérieures aux dépenses [40 %]) (Tabs. 21 et 22). Parmi les animaux suivis, ces économies sont remarquables chez la femelle He26 (78,2 %) et le mâle He35 (70,6 %). La comparaison des 2 sexes (Fig. 30) semble en faveur d'une meilleure

capacité à économiser l'énergie chez la femelle que chez le mâle, mais cette tendance (bien que déjà observée en salle) est à confirmer sur un plus grand nombre d'animaux.

De septembre à novembre, la masse corporelle (Tab. 22) est stable ou en légère croissance. La diminution de la MC s'effectue ensuite régulièrement en décembre et janvier. La prise alimentaire reste stable et maximale jusqu'en octobre chez la plupart des animaux. Elle diminue nettement à partir de novembre pour être minimale en décembre ou janvier.

Chez le Hérisson d'Algérie soumis aux conditions environnementales extérieures, nous observons donc, à partir de novembre, en relation avec des températures basses, une décroissance de la prise alimentaire et une diminution de la masse corporelle concomitantes de l'allongement des durées des torpeurs et d'un pourcentage de torpeur maximal (> 90 %). La

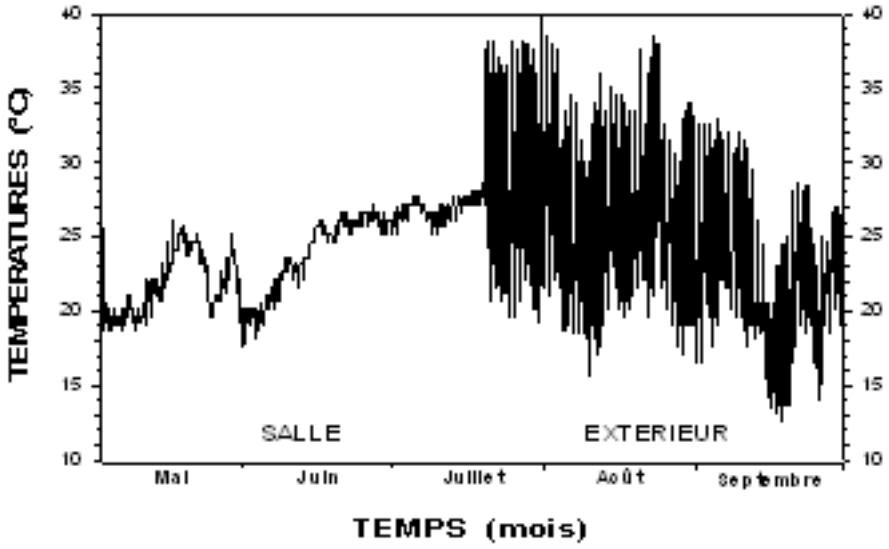


Figure 34 *– Evolutions des températures en salle (du 3.05 au 20. 07.06) et à l'extérieur (du 21.07 au 01.10.06).*

Années	N° Anl.	Sexe Age	Début Exp.	Fin Exp.	Exp.	Torp. J (n)	Estiv. (n)	Mois	Mortalité
2006	**He1**	Fad	03/05/06 00h	20/07/06 00h	Salle	36		M/J	-
			20/07/06 00h	18/08/06 00h	Extr		16	A	M
	He3	Mad	03/05/06 00h	20/07/06 00h	Salle	21		M	-
			20/07/06 00h	18/08/06 00h	Extr		26	A	M
	He5	Mad	03/05/06 00h	20/07/06 00h	Salle	17		M/J	-
			20/07/06 00h	06/10/06	Extr		60	A/S/O	-
2007	**He17**	Fad	27/02/07 00h	12/04/07 00h	Salle	4		M/A	M
	He18	Mad	27/02/07 00h	07/07/07 00h	Salle	37		M/A/M/J/Jt	-
	He19	Mad	27/02/07 00h	24/05/07 00h	Salle	41		M/A/M	M
	He21	Mad	08/07/07 12h	16/09/07 12h	Extr	--	45	Jt/A/S	M
TOTAL	*n = 7*					*156*	*147*		*5*

Tableau 23 *– Etude des variations de la température corporelle au cours du printemps et de l'été (2006 et 2007) chez 7 hérissons d'Algérie maintenus en salle et/ou en environnement extérieur.*

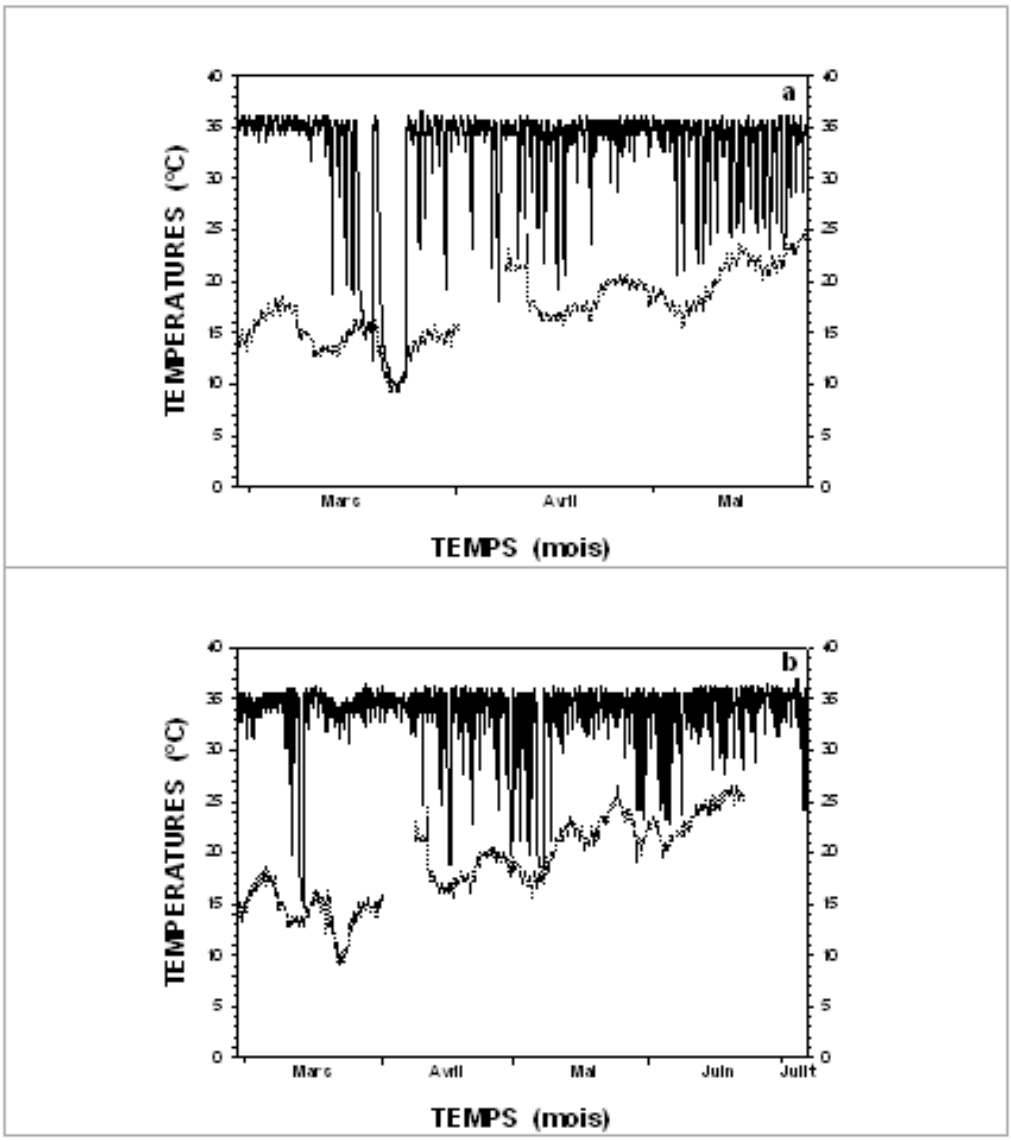


Figure 35 *- Evolutions des températures corporelles (ligne noire) et des températures ambiantes (ligne pointillée) chez 2 hérissons d'Algérie : a)* ***He19*** *du 27 février au 24 mai 2007, et b)* ***He18*** *du 27 février au 7 juillet 2007.*

		Hel* Fad	**He3* Mad**	**He5* Mad**	**Hel7** Fad**	**Hel8** Mad**	**Hel9** Mad**		
		n	n	n	n	n	n	TOTAL	%
Début des torpeurs	18-24	2	2	1	0	2	0	7	*4,49*
	00-08	34	19	16	1	29	37	136	*87,18*
	08-12	0	0	0	3	6	4	13	*8,33*
	12-18	0	0	0	0	0	0	0	*0,00*
Début des réchauffements	18-24	0	0	0	0	4	0	4	*2,56*
	00-08	0	0	0	0	1	0	1	*0,64*
	08-12	19	16	15	2	6	21	79	*50,64*
	12-18	17	5	2	2	26	20	72	*46,15*
Début des euthermies	18-24	0	0	0	1	4	0	5	*3,21*
	00-08	0	0	0	0	1	0	1	*0,64*
	08-12	9	15	13	0	2	12	51	*32,69*
	12-18	27	6	4	3	30	29	99	*63,46*
Torpeurs durées (h)	00-12 h	30	17	16	2	26	36	127	*81,41*
	12-24 h	6	4	1	0	9	3	23	*14,74*
	24-48 h	0	0	0	0	2	0	2	*1,28*
	48-72 h	0	0	0	1	0	1	2	*1,28*
	72-96 h	0	0	0	1	0	0	1	*0,64*
	> 96h	0	0	0	0	0	1	1	*0,64*
Réchauffements durées (h)	00-01 h	18	11	6	0	2	33	70	*44,87*
	01-02 h	16	10	10	2	27	6	71	*45,51*
	02-03 h	2	0	1	0	6	2	11	*7,05*
	03-04 h	0	0	0	2	1	0	3	*1,92*
	04-05h	0	0	0	0	1	0	1	*0,64*
Euthermies durées (h)	00-12 h	3	5	1	0	5	0	14	*9,39*
	12-24 h	25	13	10	0	11	28	87	*58,00*
	24-48 h	3	0	3	0	9	6	21	*14,00*
	48-96 h	3	1	0	1	7	5	17	*11,33*
	>96h	1	1	2	2	4	1	11	*7,39*
Nombre (n)		*36*	*21*	*17*	*4*	*37*	*41*	*156*	
Durées moyennes	(h/min)								
des torpeurs		8:12	7:40	6:18		11:49	11:11		
des réchauffements		1:02	0:51	1:10		1:45	0:49		
des euthermies		26:38	26:56	11:39		66:05	31:17		
Bilan énergétique (%)	*Economie*	21,23	20,60	12,84	20,29	13,23	24,85		*18,84*
	Dépense	78,77	79,40	87,16	79,71	86,77	75,15		*81,16*
Tb minimales (°C)		**21,20**	**21,60**	**20,60**	**11,10**	**14,70**	**9,65**		
Ta minimales (°C)		18,10	18,60	18,10					

Tableau 24 - *Caractéristiques des variations de la température corporelle chez le Hérisson d'Algérie élevé en salle de la fin de l'hiver au début de l'été : étude chez 6 hérissons (4 mâles adultes [Mad], 2 femelles adultes [Fad]) au cours des années 2006* et 2007**. Présentation des données en nombre (n) ou en pourcentages (%) des valeurs totales et durées en heures (h).*

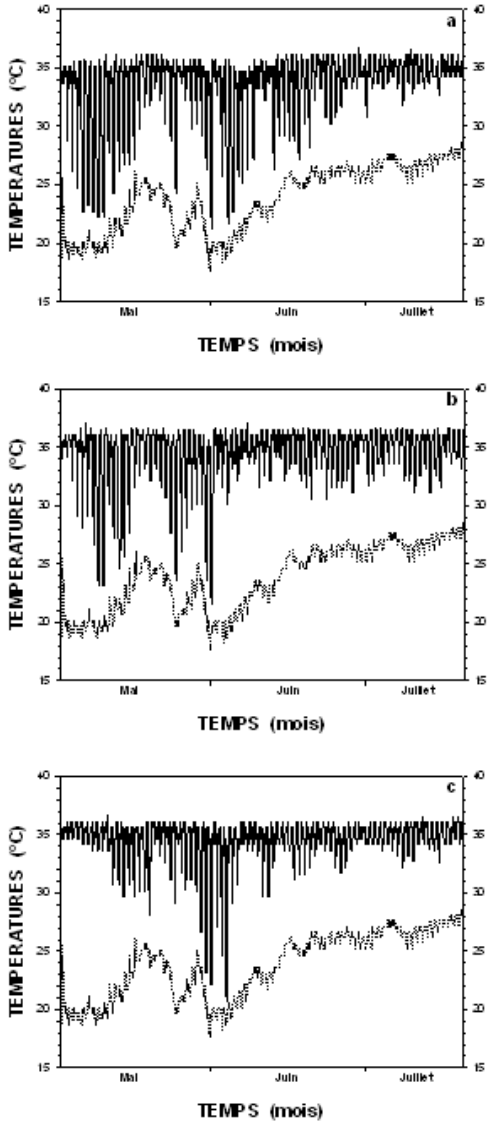


Figure 36 *– Evolutions des températures corporelles (ligne noire) et des températures ambiantes (ligne pointillée) chez 3 hérissons (a - He1, b - He3, c - He5) du 3 mai au 20 juillet 2006.*

combinaison de ces différents paramètres favorise les économies d'énergie face aux rigueurs de l'hiver et, par conséquent, la survie des animaux.

3. - Variations au cours du printemps et de l'été de la température corporelle du Hérisson d'Algérie élevé en salle ou en environnement extérieur

Pendant le printemps et l'été des années 2006 et 2007, nous avons enregistré, à l'aide de "iButtons", les variations de la température corporelle (Tc) chez 7 hérissons d'Algérie (Tab. 23) maintenus en salle (3 animaux de début mai à mi-juillet 2006 et 3 animaux de fin février à avril, mai ou juillet 2007) et/ou en conditions environnementales extérieures (3 animaux de mi-juillet à mi-août ou début octobre 2006 et 1 animal de début juillet à mi-septembre

2007). Les résultats concernant ces animaux (avec des durées d'expérimentation et des conditions environnementales différentes) seront présentés en considérant d'abord les animaux en salle (6 animaux observés du début du printemps au début de l'été), puis les animaux en conditions extérieures (4 animaux observés du début de l'été au début de l'automne). En salle, les fluctuations thermiques restent marquées (19 à 27 °C) mais avec des variations nycthémérales faibles, alors qu'en environnement extérieur au cours de l'été les températures moyennes sont élevées avec des fluctuations thermiques nycthémérales (Δt) très prononcées (Fig. 34).

3.1. - Variations de la température corporelle chez le Hérisson d'Algérie du début du printemps au début de l'été – Etude en salle

Chez les hérissons suivis en 2006 (He1 [Fad], He3 [Mad], He5 [Mad]) et en 2007 (He17 [Fad], He18 [Mad], He19 [Mad]), les torpeurs supérieures à 24 h sont très rares (Fig. 35) et observées uniquement quand les Ta sont inférieures à 20 °C. Par contre chez ces animaux de nombreuses torpeurs journalières (< 12 h) peuvent être observées de mars à début juin (Figs. 35 et 36). En fonction des fluctuations de la Ta(entre 17-18 et 26-25 °C), ces torpeurs journalières sont plus ou moins régulières avec des amplitudes variables (Tc entre 35 et environ 20 °C) .

Les caractéristiques des variations de la température corporelle du Hérisson pendant cette période allant de la fin de l'hiver au début de l'été sont résumées sur le tableau 24. A l'exception quelques rares torpeurs dont la durée est supérieure à 24 h en mars ou en avril (He17, He18 et He19 – Fig. 35), les autres torpeurs sont des torpeurs journalières dont les durées sont inférieures à 12 h (81 %) et qui débutent pendant la nuit (87 % entre 0:00 et 8:00 h). Les réchauffements

			Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.
2006	He1 Fad	MC		496,6	512,5	562,5	585,6	512,9	445,0	
		PA		77,4	96,7	100	100	100	55,6	
	He3 Mad	MC		413,0	434,0	531,0	556,2	503,2	417,7	
		PA		51,6	96,7	100	100	100	61,1	
	He5 Mad	MC				513,0	539,8	573,3	618,8	549,8
		PA				100	100	100	96,8	66,7
2007	He17 Fad	MC	506,0	508,0	487,0					
		PA		87,7	25,0					
	He18 Mad	MC	540,0	541,5	550,8	564,0	579,5	699,5	715,5	705,7
		PA		77,4	96,7	100	100	100	100	80,0
	He19 Mad	MC	568,0	569,7	576,8	574,3				
		PA		80,6	100	77,4				
	He21 Mad	MC						591,0	619,3	562,5
		PA						96,8	100	76,7

Tableau 25 *– Variations mensuelles de la masse corporelle (MC / g) et de la prise alimentaire (PA / %) chez les Hérissons d'Algérie suivis de la fin de l'hiver (février) au début de l'automne (octobre) au cours des années 2006 et 2007.*

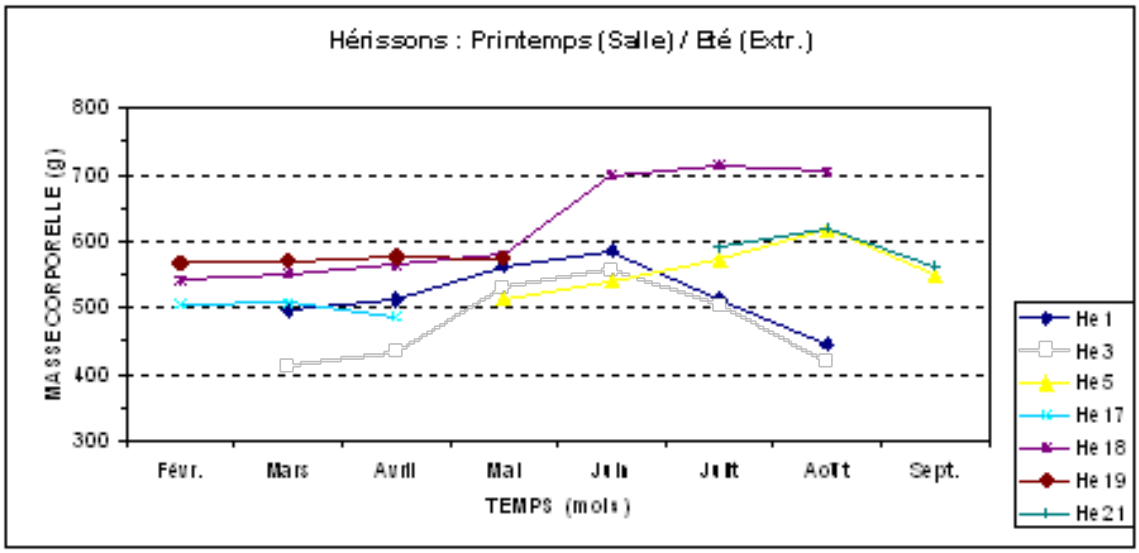


Figure 37 *– Evolution de la masse corporelle chez les Hérissons d'Algérie étudiés en salle et à l'extérieur de février à septembre.*

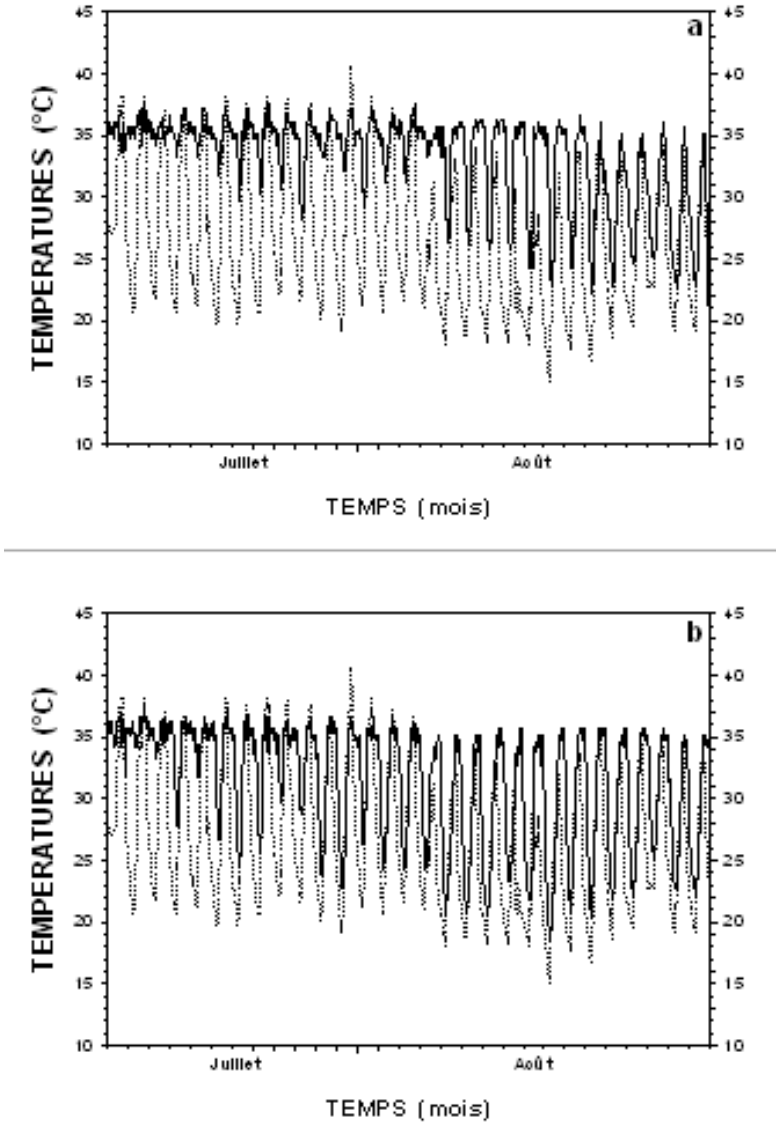


Figure 38 *– Evolutions au cours de l'été de la température corporelle (ligne noire) et de la température ambiante (ligne pointillée) chez 2 hérissons d'Algérie ([a]* ***He1*** *et [b]* ***He3****) du 20 juillet au 18 août 2006.*

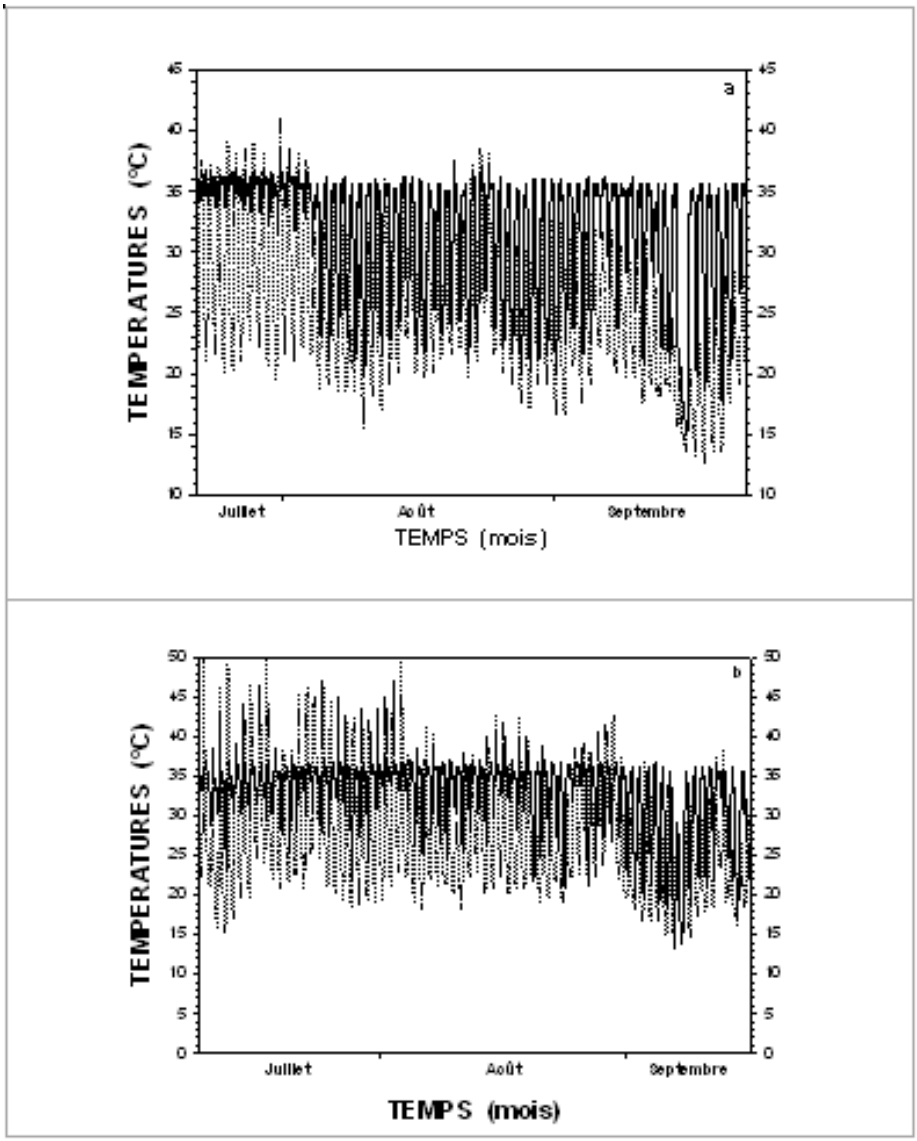


Figure 39 *- Evolutions au cours de l'été chez 2 hérissons d'Algérie de la température corporelle (ligne noire) et de la température ambiante (ligne pointillée) : a)* ***He5*** *[22.07 – 23.09.06], et b)* ***He21*** *[9.07 – 17.09.07].*

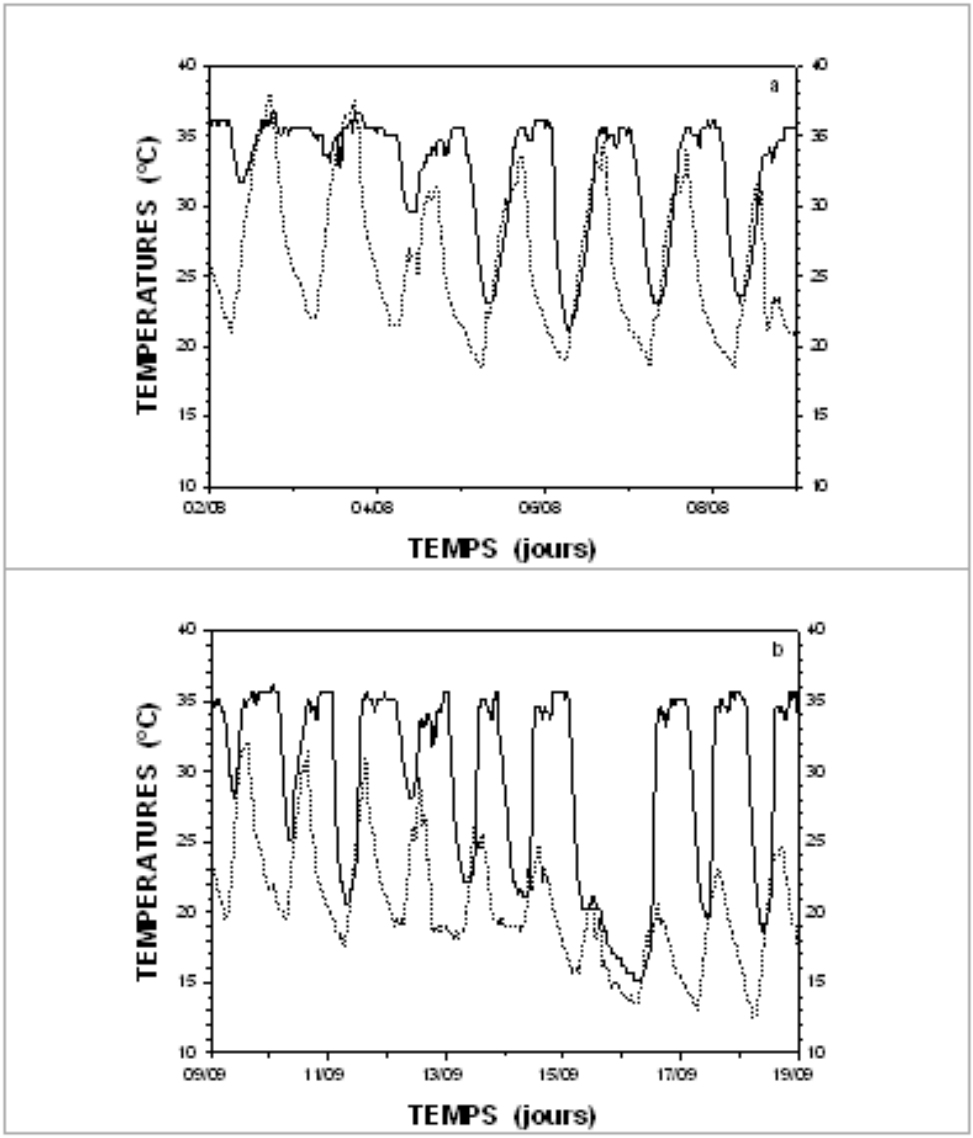


Figure 40 *– Détails des évolutions respectives de la température corporelle (ligne noire) et de la température ambiante (ligne pointillée) chez le Hérisson d'Algérie* ***[He5]*** *: a) en août (du 2 au 9/08/2006), et b) en septembre (du 9 au 19/09/2006).*

sont en général courts (voisins de 1 h ou moins) selon la Tc_{min} observée et ils se produisent dans la journée de 8:00 à 18:00 h (96 %). Il en est de même pour les retours à l'euthermie. Pendant les périodes montrant de nombreuses torpeurs journalières (Tc < 30 °C), les durées des euthermies sont aussi courtes et inférieures à 24 h (67 %). A partir de juin et jusqu'à mi-juillet (Fig. 36), des torpeurs nocturnes de très courte durée et amplitude (entre 35 et 30 °C) sont régulièrement observées mais elles n'ont pas été prises en compte. Ces torpeurs journalières observées au printemps constituent une économie d'environ 19 % et permettent aux animaux de s'adapter rapidement aux variations de la Ta, celles-ci étant amples selon les années (Ta_{min} de 18 à 9 °C).

Les variations de la masse corporelle, de la fin de l'hiver au début de l'été (fin février à mi-juillet), montrent : a) une première phase (de février à avril/mai) avec une MC stable

et minimale, puis b) une seconde phase (de mai à mi-juillet) correspondant à un début d'engraissement (Fig. 37) favorisé par une prise alimentaire maximale (Tab. 25).

3.2. - Variations de la température corporelle chez le Hérisson d'Algérie au cours de l'été et au début de l'automne – Etude en environnement extérieur

En 2006, 3 animaux (He1, He3, He5) ont du être transférés à partir du 20 juillet (Tab. 23), pour des raisons de maintien, de la salle (Béjaia) à un environnement extérieur (milieu rural situé près de Bouira, en amont de la vallée de la Soummam) présentant de fortes fluctuations nycthémérales des températures ambiantes (Fig. 34). En 2007, un autre animal (He21) à été suivi dans ce même environnement de début juillet à mi-septembre (Tab. 23).

Tous les animaux présentent pendant cette période estivale des torpeurs journalières très marquées de plus ou moins grande amplitude (Tc_{min} entre 20 et 25 °C) (Figs. 38 et 39). Ces torpeurs journalières sont remarquablement entraînées par les variations de la température ambiante (Fig. 40) avec un décalage de plusieurs heures entre la Ta et la Tc lors du refroidissement, et un entraînement très rapide lors du réchauffement. Cette rythmicité est bien illustrée par l'évolution de la différence (Tc-Ta) qui présente de larges amplitudes entre –2/-3 et 14/16 °C) (Fig. 41). A partir de septembre, de rares torpeurs > 24 h sont observées chez les hérissons He5 et He21 (Fig. 39). En août, la masse corporelle (MC) continue de croître avec une prise alimentaire (PA) maximale, alors qu'en septembre MC et PA commencent à diminuer (Fig. 37 et Tab. 25).

En été, les Hérissons montrent donc de nombreuses torpeurs journalières qui pourraient jouer un double rôle : a) lutter contre la déshydratation (estivation), et b) préparer par anticipation les animaux aux rigueurs de la mauvaise saison par un engraissement résultant de la réduction de l'activité et de prises alimentaires régulières.

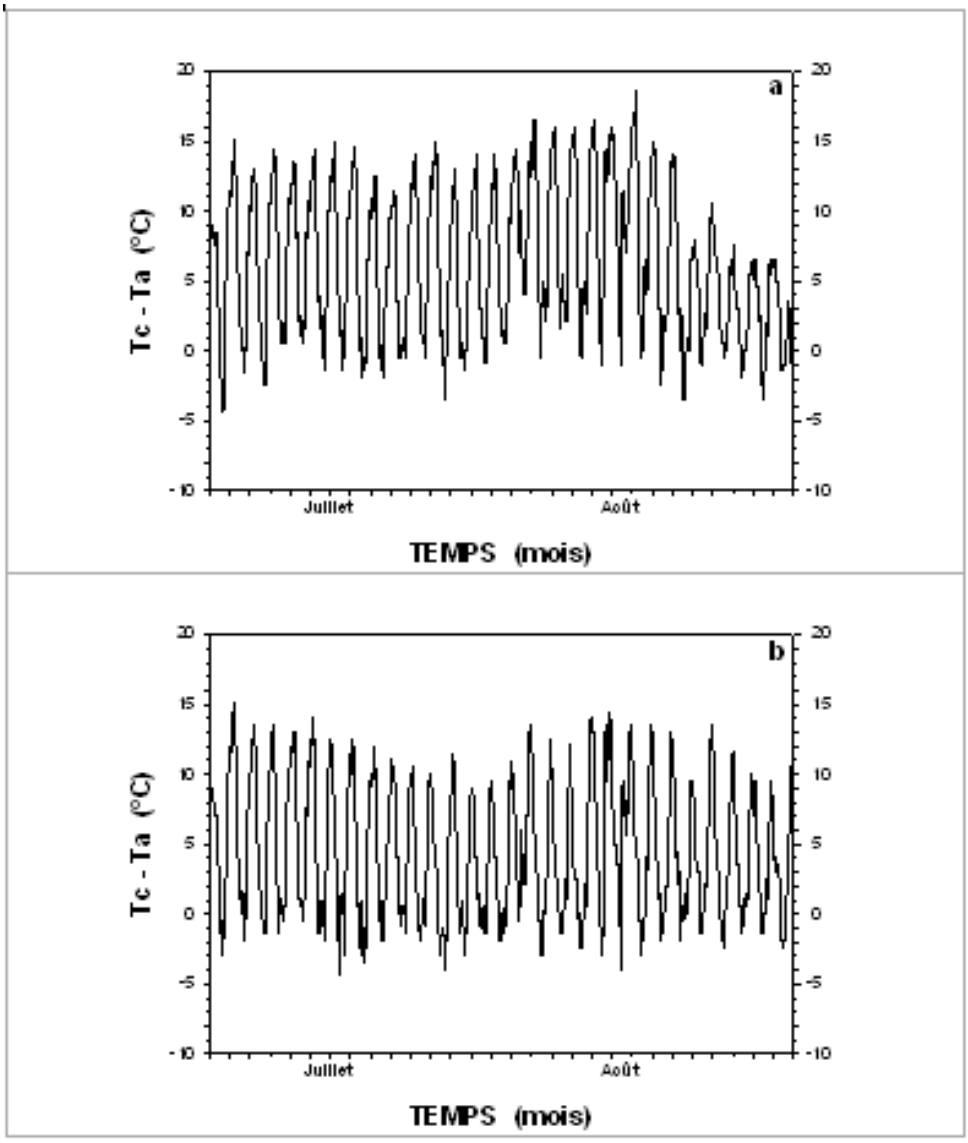


Figure 41 *– Evolutions au cours de l'été de l'écart entre la température corporelle et la température ambiante (Tc - Ta) chez 2 hérissons d'Algérie ([a]* ***He1*** *et [b]* ***He3****) du 20 juillet au 18 août 2006.*

II - Discussion

Au cours de cette étude, l'utilisation des enregistreurs de température ("temperature loggers – iButton") chez le Hérisson d'Algérie nous a permis, pour la première fois et sans perturbation, d'étudier les variations de la température corporelle (Tc) au cours des saisons, ainsi que les variations des températures ambiantes des différents environnements dans lesquels les animaux ont été suivis. Ainsi, nous avons pu aborder successivement les variations de la Tc : a) au cours de l'automne et de l'hiver (soit en salle ou soit en environnement extérieur), et b) au cours du printemps et de l'été (soit en salle ou soit en environnement extérieur). Ces données originales obtenues chez le Hérisson d'Algérie

doivent nous permettre de mieux comprendre les adaptations mises en œuvre par cette espèce au cours du cycle annuel.

1. - Variations de la température corporelle en automne et en hiver

Au cours de l'automne et de l'hiver (de mi-novembre à fin mars), ces études ont montré l'existence nombreuses phases de torpeurs (ou hypothermies) chez le Hérisson d'Algérie.

1.1. - Etude en salle ouverte

Dans cette étude préliminaire effectuée en salle ouverte, au début de novembre, les variations jour/nuit de la Tc montrent des valeurs plus élevées la nuit (37,4 °C) que le jour (35,5 °C). Ces deux phases correspondent respectivement à la phase d'activité (nocturne) et à la phase de repos (diurne), chez cet animal typiquement nocturne. De mi-novembre à mi-décembre, avec une grande variabilité selon les animaux, le cycle circadien de la Tc est modifié et des torpeurs journalières (hypothermies de courte durée [< 12 h] et de faible amplitude) sont observées. Au cours du nycthémère, nous noterons que la décroissance de la Tc (ou le début des torpeurs) est maintenant observé dans la seconde partie de la nuit (0:00-8:00 h) au lieu du début du jour (début du repos). Ces torpeurs journalières apparaissent avec des températures ambiantes (Ta) décroissantes mais toujours élevées (17–19 °C) et sont concomitantes d'une prise alimentaire et d'une activité des hérissons pratiquement inchangées en début de nuit. Comme le Hérisson d'Algérie présente un régime alimentaire insectivore très prononcé (Sayah 1996 et résultats du Chapitre II), il est possible que les torpeurs journalières observées en automne permettent une augmentation de la masse corporelle (comme observé en novembre) et préparent les animaux

pour l'hibernation quand les ressources en nourriture seront devenues plus rares et les températures ambiantes plus basses. Ainsi, l'incidence de ces hypothermies nocturnes au début de l'automne traduirait la mise en place d'une stratégie d'économie d'énergie (French 1988).

Ces torpeurs journalières sont-elles similaires à celles du Hamster de Djungarie (Heldmaier & Steinlechner 1981) ou, est-ce que ce sont des hétérothermies journalières comme chez le Tenrec ou la Musaraigne éléphant (Hildwein 1964 ; Lovegrove *et al.* 2001 ; Nicoll 1986), ou des torpeurs /hibernation qui se produisent dans des conditions clémentes chez les Echidnés ou les Tatous (Nicol & Andersen 2000, 2002, 2007 ; Superina & Boily 2007), ou bien encore des torpeurs observées au début de l'hibernation comme chez un hibernant saisonnier tel que le Hérisson d'Europe de l'Ouest (Vignault & Saboureau 1993 ; Vignault 1994) ? Ces premiers résultats ne permettent pas de conclure mais une réponse plus élaborée sera peut-être apportée à l'issue de ce travail.

A la fin de l'automne (à partir de mi décembre) et jusqu'à la fin de l'hiver (début mars), en relation avec des Ta décroissantes et basses (9,7 à 13 °C), une augmentation progressive de la durée des torpeurs (2 à 5 jours, maximum 6 à 7 jours) est observée chez le Hérisson d'Algérie. Dans des conditions de température constante (4 °C), le Hérisson d'Europe présente des durées de torpeur voisines (maximum de 9 jours) en février (Kristoffersson & Soivio 1964). L'incidence de torpeurs de longue durée est corrélée à la diminution de la Ta comme décrit chez de nombreux hibernants : (*Citellus lateralis*: Twente & Twente 1965 ; *Erinaceus europaeus:* Castaing 1985 ; Vignault & Saboureau 1993 *; Spermophilus parryii*: Barnes & Ritter 1993 *; Tachyglossus aculeatus*: Nicol & Andersen 2000, 2007 ; *Zaedyus pichiy :* Superina & Boily 2007). La durée des torpeurs dépend du niveau de la Ta comme montré chez *Spermophilus saturatus* (Geiser & Kenagy 1988) qui présente une fréquence

de réveil de 11 jours à 2 °C et de 5 jours à 8 °C. Plus généralement, la fréquence des réveils est la plus basse au milieu de la période d'hibernation (Zivadinovic *et al.* 2005). Si les Ta déterminent la durée des torpeurs, le niveau de la Tc est aussi à prendre en considération car, en hypothermie profonde, il est 1 à 2 °C au-dessus de la Ta et il suit ses variations. Pendant cette étude les Tc minimales (Tc_{min}) observées en salle sont de 9,7 °C, donc encore relativement élevées et probablement encore loin des limites des Ta entraînant le réveil chez cette espèce.

Chaque torpeur se termine par une phase de réchauffement (ou réveil périodique) dont la vitesse est relativement constante (9,9 ± 0,4 °C/h^{-1}) soit 8 fois plus rapide que la vitesse de refroidissement. La vitesse moyenne de réchauffement notée chez le Hérisson d'Algérie est proche de celles déterminées chez le Hérisson d'Europe (11,72 ± 0,14 °C/h^{-1}, Vignault 1994), chez *Spermophilus richardsonii* (8,4 °C/h^{-1}, Wang 1973) ou chez le Hamster d'Europe (9,9 ± 2,4 °C/h^{-1}, Wollnik & Schmidt 1995) mais elle est inférieure à celles mesurées chez des animaux de plus petite de taille (*Tamias striatus*: 13,8 à 42 °C/h^{-1}, Wang & Hudson 1971 ; *Zapus princeps*: 30 °C/h^{-1}, Cranford 1983 et *Suncus struscus*: 48 °C/h^{-1}, Frey 1980). Chez le hérisson d'Europe, la vitesse de réchauffement est aussi plus élevée au milieu de la période d'hibernation, quand la Ta et la masse corporelle sont faibles (Fowler & Racey 1990), corrélation qui a été confirmée chez les Mammifères par Geiser & Baudinette (1990). Toutefois, si chez les Mammifères la vitesse de réchauffement ne semble pas strictement inversement proportionnelle à la taille des espèces mais reflèterait plutôt des différences de thermogenèse (Wang & Hudson 1971), les présents résultats suggèrent l'existence chez le Hérisson d'Algérie d'un mécanisme de production endogène de chaleur (de type tissu adipeux brun) similaire à celui décrit chez les autres hibernants.

Pendant la période hivernale, les phases d'euthermie (Tc > 33 °C) débutent en général pendant le jour et sont très courtes (durées minimales d'environ 6 h) en relation avec de très faibles Ta. A la fin de la première année de cette étude (mars 2006), des torpeurs journalières (similaires à celles de l'automne) sont observées en relation avec l'augmentation des Ta. Au contraire, en mars 2007, des Ta plus basses ont pour conséquence la prolongation des torpeurs de longue durée avec des Tc minimales.

Chez le Hérisson d'Algérie, la fin de l'hibernation parait fortement dépendante de l'évolution de la Ta et la présence de torpeurs journalières fin mars peut être interprétée comme un besoin de Ta élevée pour retrouver un état stable d'euthermie. Il est aussi possible que l'état des réserves soit très bas à cette période de l'année et nécessite d'être compensé, comme pour les animaux ectothermes, par une exposition au soleil pendant la journée pour récupérer complètement (ce qui n'est pas possible dans les conditions de stabulation en salle).

Cette étude préliminaire effectuée en salle a montré clairement que **le Hérisson d'Algérie peut être considéré comme un vrai hibernant**, comparable au Tatou (*Zaedyus pichiy:* Superina & Boily 2007) mais, qu'il peut probablement aussi présenter des torpeurs journalières en dehors de la saison d'hibernation.

1.2. - Etude en conditions environnementales extérieures

L'étude a été effectuée chez 5 animaux dans des conditions environnementales extérieures, caractérisées par des fluctuations thermiques nycthémérales avec des amplitudes très marquées, à partir de la fin de l'été (fin août à mi-septembre) ou du début de l'automne

(début octobre) jusqu'au début de l'hiver (fin décembre à fin janvier). Cette expérimentation qui a donc commencé plus tôt que la précédente (en salle) a confirmé la présence de nombreuses torpeurs journalières (< 24 h et débutant dans la deuxième partie de la nuit de 0:00 à 8:00 h) dès la fin de septembre et en début d'octobre. A partir de la fin d'octobre, les torpeurs journalières sont remplacées par des torpeurs plus longues, variables d'un animal à l'autre. En conditions extérieures, les torpeurs présentent des décours similaires à celles obtenues en salle mais leurs caractéristiques sont sensiblement accentuées (durées plus longues : 4 à 9 jours et, Tc_{min} plus basses : de 7,6 à 2,2 °C). Ces longues torpeurs sont notées en décembre et janvier, en même temps que les minima saisonniers (Ta entre 5 et 0 °C). Chez le Hérisson d'Europe, des données voisines de celles-ci, obtenues par télémétrie, ont permis de préciser que les Ta_{min} entraînant le réveil sont proches de 0 °C (Saboureau *et al*. 1991). L'abaissement rapide de la Ta au-delà du seuil inférieur entraîne la mise en place des mécanismes de thermogenèse et le réveil de l'animal (Lyman & O'Brien 1974 ; Wunneberg *et al*. 1986 ; Heller 1988 ; Kilduff & Heller 1989). Chez le Hérisson d'Europe, 17 % des réveils observés durant l'hibernation seraient dus à une réaction au froid (Castaing 1985). En milieu naturel, chez le Hérisson d'Europe, les durées maximales des torpeurs sont d'environ 14 jours et elles ont aussi été enregistrées en décembre - janvier quand les Ta sont les plus basses (Vignault 1994). Les durées des torpeurs sont très variables selon les espèces, les conditions environnementales et les niches écologiques occupées : les durées maximales observées sont de 19 (*Spermophilus richardsonii:* Wang 1979) à 22 jours (*Marmota marmota:* Heldmaier *et al.* 1993). Si chez les hibernants, pendant les phases d'hypothermie profondes, la sensibilité hypothalamique aux variations thermiques (froid intense) est conservée pour assurer leur survie, il faut aussi noter que des variations rapides de l'environnement (augmentation de la Ta, bruit, agression, etc.) peuvent entraîner le réchauffement (ou réveil provoqué) de l'animal avec un retour rapide à l'euthermie (Saboureau 1979 ; Wit & Twente 1983 ; Gubbels *et al.* 1989). Pendant le début de l'hiver en conditions extérieures, les phases d'euthermie sont très courtes (48,5 % inférieures à 12 h et 84,4 % inférieures à 24 h) et les économies d'énergie souvent élevées (> 70 %) avec de fortes variations individuelles.

Au cours de cette expérimentation, la prise alimentaire (PA) est très importante jusqu'en octobre, et la masse corporelle (MC) maximale en novembre chez tous les animaux. Ce résultat confirme le rôle des torpeurs journalières, à partir du début de l'automne, dans l'augmentation de la masse corporelle et de la préparation des animaux pour affronter la mauvaise saison. De tels phénomènes ne sont pas rares, chez le Colibri par exemple, les torpeurs nocturnes facilitent l'engraissement nécessaire avant d'effectuer la migration (Hiebert 1993). Ensuite, comme en salle, la MC diminue lentement et régulièrement alors que la PA est très réduite et que les Ta sont basses. Le petit nombre d'animaux (5) et le fait que le suivi n'a pu être effectif que jusqu'en janvier chez seulement 2 animaux ne donne que des indications partielles sur l'hibernation du Hérisson d'Algérie à l'extérieur. Les données concernant la dernière partie de l'hibernation (de fin janvier à fin mars) manquent, ainsi que l'information sur le retour à la vie active.

Au cours de ces 2 études, pendant l'hibernation, nous n'avons pas noté de différences importantes entre les sexes. Quand les comparaisons ont été possibles (3 mâles et 3 femelles en salle, de fin 2006 à début 2007 – Fig. 24), nous avons observé lors de l'entrée en hibernation à une augmentation plus rapide en novembre/décembre des pourcentages de torpeur (calculés par 15 jours) chez les femelles que chez les mâles. Ceci traduit une meilleure économie d'énergie chez les femelles (68,5 %) que chez les males (50,2 %). En environnement extérieur, des pourcentages de torpeurs plus élevés en octobre/novembre

chez la femelle (He26 - Fig. 30) que chez le mâle (He35) confirment cette tendance. Cette différence entre mâles et femelles peut s'expliquer par le fait que les femelles présentent : a) des hypothermies plus longues et/ou plus fréquentes au début de l'hibernation (novembre à mi-décembre), et b) des torpeurs plus longues et de plus grandes amplitudes (Tc_{min} plus bassses) en janvier - février.

Chez le Hérisson d'Algérie, l'entrée en hibernation en automne, que l'on peut caractériser par l'apparition des torpeurs journalières, montre d'importantes variations individuelles et selon les expérimentations réalisées des différences dans le temps : en salle, les premières torpeurs journalières ne sont apparues qu'en novembre, tandis qu'en environnement extérieur elles peuvent être observées plus précocement (fin septembre – début octobre) avec des Ta encore élevées. Chez le Hérisson d'Europe, l'entrée en hibernation s'effectue aussi en automne (entre mi-septembre et mi-novembre) et ne semble pas directement liée à la température de l'environnement comme observé dans différents pays européens (Finlande : Suomalainen & Suvanto 1953 ; Suède : Senturia *et al*. 1972 ; Danemark : Walhovd 1973 ; Angleterre : Morris 1973 ; Suisse : Berthoud 1982b ; France : Vignault 1994). L'entrée en hibernation serait plutôt liée à plusieurs facteurs comme l'âge, le sexe, l'état d'engraissement de l'individu (Michener 1979) ou des états particuliers, comme une mise bas tardive qui retarde l'entrée en hibernation chez la femelle (Michener 1978).

Chez le Hérisson d'Algérie, à ce jour, l'entrée ou la sortie de l'hibernation ne montrent pas de différence notable entre les sexes (même si au cours de ces expérimentations nous avons obtenu plus de données sur l'entrée que sur la sortie de l'hibernation). Bien que non étudiée, l'influence des hormones sexuelles sur ces paramètres parait réduite chez cette espèce, contrairement aux observations faites chez le Hérisson d'Europe (Saboureau 1986) ou chez de nombreux autres hibernants (Barnes & Ritter 1993 ; Pévet *et al.* 2004). Chez le Hérisson d'Europe, l'entrée en hibernation varie selon le sexe et l'age : les premières torpeurs apparaissant début octobre chez les mâles adultes, début novembre chez les femelles adultes et à la mi-octobre chez les juvéniles des deux sexes (Castaing 1984). Chez le mâle, l'entrée en hibernation commence après la régression testiculaire et la diminution des taux de testostérone (Saboureau & Boissin 1978 ; Saboureau & Dutourné 1981 ; Saboureau *et al.* 1986). Simultanément, d'autres modifications physiologiques, telles que la diminution de la thyroxinémie et des hormones hypophysaires (LH, FSH et PRL), sont aussi initiées (Saboureau 1979 ; Saboureau & Boissin 1983b ; El Omari 1987). Avant l'entrée en hibernation, des modifications physiologiques comparables ont été décrites chez de nombreux hibernants (*Mesocricetus brandti* et *M. auratus :* Goldman 1980, Hall & Goldman 1980 ; *Citellus tridecemlineatus* : Ambid *et al*. 1986 ; Hamster d'Europe : Canguilhem 1989). Chez le Hérisson d'Europe, il a été montré que le repos sexuel est induit par la diminution des jours à la fin de l'été (Saboureau 1981, 1986, 1992), donc directement lié au contrôle du cycle sexuel par la photopériode (El Omari 1987 ; El Omari & Saboureau 1991). De tels effets de la photopériode sur l'entrée en hibernation ont été décrits chez d'autres hibernants (*Cricetus cricetus* : Canguilhem 1977 ; *Spermophilus beecheyi* : Davis & Swade 1983 ; *Mesocricetus brandti* : Pohl 1987 ; *Spermophilus parryii* : Barnes & Ritter 1993 ; *Mesocricetus auratus*, *Phodopus sungorus* : Pévet *et al.* 2004). Chez la femelle du Hérisson d'Europe par contre, les stéroïdes sexuels ne jouent aucun rôle sur l'entrée en hibernation (Castaing 1985 ; Saboureau 1986 ; Saboureau & Castaing 1986).

Dans la présente étude, la sortie de l'hibernation n'a pas pu être bien étudiée par suite d'une mortalité importante (dont les causes sont inconnues : fonte des réserves énergétiques, besoin d'ensoleillement, autres causes ???). Cependant, les variations de la Ta, et leur nécessaire augmentation, au printemps semblent être primordiales pour retrouver

la vie active. Ainsi, chez le Hérisson d'Europe, les dates de sortie d'hibernation sont très variables selon le climat comme le montre la répartition observée du nord au sud de l'Europe : fin avril en Finlande (Kristoffersson & Soivio 1964), fin mars - début avril en Suède (Johansson et Senturia 1972), avril - mai au Danemark (Walhovd 1975), avril en Angleterre (Morris 1973), mars en Allemagne (Herter 1933), mi-mars en Suisse (Berthoud 1982), de janvier à fin mars (selon le sexe et l'age des animaux) dans l'ouest de la France (Castaing 1985). Si chez le Hérisson d'Algérie la transition vers la vie active se fait par de nombreuses torpeurs journalières (identiques à celles de l'automne), chez d'autres espèces et en particulier chez le Hérisson d'Europe, cette transition est au contraire en général rapide, sans diminution progressive de la durée des torpeurs et avec un retour à une Tc stable de 35-36 °C (Saboureau *et al.* 1991 ; Vignault 1994). La fin de l'hibernation est plus précoce chez le mâle chez la femelle, et comme précédemment chez le mâle elle est liée à la réactivation testiculaire en hiver (dès la fin décembre), tandis que chez la femelle aucun effet des hormones sexuelles n'a été mis en évidence (Saboureau 1986 ; Saboureau & Castaing 1986). Chez la femelle, la sortie de l'hibernation est plus corrélée avec l'augmentation de la Ta (French 1977 ; Michener 1977, 1978 ; Cranford 1978), des disponibilités alimentaires (Yahner & Svendsen 1978) ou à un rythme endogène (Saboureau 1986).

Chez le Hérisson d'Algérie que l'on peut considérer comme un véritable hibernant comparable au Tatou (Superina & Boily 2007), il conviendra de préciser le degré de dépendance vis-à-vis de la température de l'environnement et de l'état des réserves.

Variation de la masse corporelle

Chez le Hérisson d'Algérie, l'augmentation de la masse corporelle est observée, ainsi qu'une prise alimentaire maximale, en novembre dans l'expérimentation en salle, et à l'extérieur de septembre à novembre ce qui correspond dans chaque cas à la période précédant le début des phases de torpeurs de longue durées. Chez les hibernants, la masse corporelle présente un cycle saisonnier bien marqué, avec un maximum avant l'entrée en hibernation (Saboureau 1979 ; Mrosovsky 1985 ; Ambid *et al*. 1986 ; Canguilhem 1989 ; Saboureau & Boissin 1983 ; Saboureau *et al.* 1986). Une augmentation 40 % de la masse corporelle constituée de réserves de graisses assure une bonne préparation à l'entrée en hibernation (Suomalainen & Saarikosky 1971). Chez le Hérisson d'Europe, au cours de la période d'hibernation la masse corporelle diminue régulièrement et présente plusieurs phases : au cours des premiers mois la décroissance est rapide, puis pendant les mois suivants la décroissance est plus lente (Vignault 1994). La perte de masse mensuelle la plus importante est notée entre décembre et janvier (1,71 g/j^{-1}) chez le Hérisson d'Europe (Vignault 1994), et des données voisines ont aussi été observées chez le Hérisson d'Algérie. La perte moyenne de masse totale représente 18,4 % de la masse corporelle initiale chez les mâles (de novembre à mars), et 13,9 % chez les femelles (de novembre à janvier). En milieu naturel, plus la perte de masse est faible et plus intense est l'hibernation (torpeurs nombreuses de longue durée et de forte amplitude) pendant l'année (Kristiansson 1984 ; El Omari 1987).

La prise alimentaire

Au cours de notre étude, les hérissons ont reçu quotidiennement de la nourriture et de l'eau *ad libitum.* La prise alimentaire (PA) a été notée chaque jour, pour chaque animal, tout au long des différentes périodes d'études. Ces observations régulières nous ont montré que la PA, concomitante d'une activité hors du nid, est maximale jusqu'en octobre novembre et associée à des torpeurs journalières. Dans nos conditions expérimentales, l'apparition de ces torpeurs journalières n'est donc pas liée à une simple diminution de la ration alimentaire

indépendante de la Ta comme chez certaines espèces (*Crocidura russula* : Vogel *et al.* 1979 ; *Perognathus longimembis* : French 1976 ; *Elyomis quercinus* : Ambid & Agid 1972 ; *Glirulus japonicum* : Otsu & Kimura 1993). Cependant, chez d'autres espèces, les torpeurs peuvent être induites par le jeûne en association avec un environnement froid (*Tamias striatus* : Wang & Hudson 1970 ; Montoya *et al*. 1979). Chez le Hérisson d'Europe, l'effet du jeûne entraîne aussi un allongement de la durée des torpeurs et un raccourcissement des euthermies (Castaing 1985).

Chez le Hérisson d'Algérie, la PA est réduite uniquement pendant la période des torpeurs de longue durée puisque les animaux ne s'alimentent pas obligatoirement à chaque retour à l'euthermie. En décembre et janvier, période avec de nombreuses torpeurs de longue durée, les sorties hors du nid sont donc moins fréquentes que pendant les autres périodes. Si, comme chez le Hérisson d'Europe, la disponibilité alimentaire n'empêche pas les animaux d'hiberner (Saboureau 1986), elle peut cependant influencer le déroulement de l'hibernation en cas de manque : en avançant son entrée ou en retardant sa sortie, en augmentant la durée des phases de torpeur ou la durée totale de l'hibernation (Saboureau *et al.* 1984). Dans tous les cas, 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).

2. - Variations de la température corporelle au printemps et en été

2.1. - Etude en salle ouverte

Au cours de cette étude, les animaux suivis de la fin de l'hiver au début de l'été montrent que les torpeurs de longue durée (> 24 h) disparaissent et sont remplacées par de nombreuses torpeurs journalières (< 12 h) en fonction de l'augmentation de la Ta. De mars à début juin, ces torpeurs journalières (Tc < 30 °C) sont nombreuses avec de larges amplitudes variant en fonction du niveau de la Ta puis, de juin à mi-juillet, elles sont remplacées par des torpeurs de très faibles amplitudes (entre 35 et 30 °C) et irrégulières. Ces modifications permettent aux animaux de s'adapter constamment aux évolutions du climat au cours du printemps, éventuellement en économisant un peu d'énergie si besoin. Cette évolution de la Tc chez le Hérisson d'Algérie est très différente de celle du Hérisson d'Europe qui montre à la fin de l'hibernation une transition nette de l'hétérothermie à l'homéothermie avec une Tc stable pendant tout le printemps et l'été (phase de vie active) (Saboureau 1979 ; Saboureau *et al.* 1991 ; Vignault 1994). Chez le Hérisson d'Algérie maintenu en salle au printemps, la présence des torpeurs journalières montre la dépendance des animaux vis-à-vis de la Ta pour retrouver une température stable d'homéotherme. Ce défaut de thermorégulation pourrait être du à une déplétion profonde des réserves en fin d'hiver 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.* 2002 ; Geiser & Drury 2003 ; Brown &Downs 2007). 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'euthermie (Warnecke *et al.* 2008). Ces hypothèses seront à vérifier ultérieurement en évaluant l'état et la qualité des réserves (composition corporelle), ainsi que les capacités de thermogenèse en fin d'hiver. De même, de nouvelles informations obtenues sur le terrain (tels que les sites des nids et les comportements dans la journée)

seront nécessaires pour une bonne compréhension de la thermorégulation chez cette espèce.

Au printemps, la masse corporelle des animaux suivis reste stable malgré de fortes dépenses (déplacements, reproduction, etc.) et, de ce fait, l'alimentation fournie est donc suffisante pour faire face aux demandes énergétiques du moment. A partir de la fin du printemps et du début de l'été (fin mai à mi-juillet), la masse corporelle augmente ce qui révèle un changement de l'orientation du métabolisme général, et pourrait correspondre au début de l'engraissement estival comme chez le Hérisson d'Europe (Saboureau 1979). De telles données, en faveur d'une préparation par anticipation de la mauvaise saison, sont encore préliminaires et très partielles, et devront être confirmée ultérieurement.

2.2. - Etude en conditions environnementales extérieures

Au de l'été et au début de l'automne, les Hérissons ont été soumis aux variations des conditions extérieures caractérisées par des températures ambiantes élevées et de fortes fluctuations nycthémérales. Les torpeurs journalières observées sont très marquées (gradient Tc-Ta élevé) et remarquablement entraînées par la température ambiante lors du refroidissement et du réchauffement. Cette adaptation de la thermorégulation, face à des températures élevées, permet à l'animal d'abaisser son métabolisme pendant la phase de torpeur (refroidissement progressif au cours de la nuit). De même, le retour à l'euthermie (réchauffement) parait se faire par un entraînement passif lié à l'augmentation rapide de la Ta donc aussi avec un coût énergétique réduit. Ce type d'adaptation aux températures élevées ou estivation permet à l'animal de lutter contre la déshydratation par un abaissement de la Tc et du métabolisme. L'étude de l'estivation chez le Loir (*Glis glis*) a montré que les mécanismes physiologiques des régulations thermiques et métaboliques sont comparables à ceux observés pendant l'hibernation (Wilz & Heldmaier 2000). En août, pendant les phases d'euthermie, les animaux continuent de s'alimenter et de s'engraisser. Ces conditions estivales particulières permettent donc aussi au Hérisson de continuer à se préparer par anticipation pour la mauvaise saison. La question reste malgré tout posée de savoir quel(s) comportement(s) l'animal peut avoir dans son milieu, compte tenu de la capacité de changer d'habitât (comme le Loir : Bieber & Ruf 2009) et/ou d'une possible diminution des disponibilités alimentaires (comme chez les animaux désertiques : Ehrhardt *et al.* 2005).

3. - Variations de la température corporelle au cours de l'année chez le Hérisson d'Algérie : bilan et perspectives

L'étude des variations de la température corporelle chez le Hérisson d'Algérie nous a montré que cet animal présente toutes les caractéristiques d'un animal hibernant saisonnier voisin du Hérisson d'Europe. Le début de l'automne, avec l'apparition de nombreuses torpeurs journalières (< 24 h) et la diminution de la Ta, constitue la phase préliminaire à l'entrée en hibernation. L'hibernation proprement dite est caractérisée par l'apparition de torpeurs de longue durée (de 1 à plusieurs jours), d'une Tc_{min} proche de la Ta pendant les phases d'hypothermie profonde. Ceci se traduit par une forte diminution du métabolisme de la fin de l'automne (décembre) jusqu'au début du printemps (mars). La fin de l'hibernation peut varier d'une année à l'autre (en fonction de la Ta) et elle est marquée par le retour de nombreuses torpeurs journalières. Ce retour à la vie active n'est pas très lisible comme chez le Hérisson d'Europe (retour à l'homéothermie avec une Tc constante) car le niveau de la Tc reste variable avec de nombreuses torpeurs journalières au printemps qui s'atténuent

en début d'été. Au cours de l'été, la présence de fortes variations de la Ta peut provoquer l'apparition de torpeurs journalières entraînées par les fortes variations nycthémérales de la Ta. Ce phénomène, appelé estivation, est du à la déshydratation et, les torpeurs constituent alors un moyen efficace de survie face aux très fortes Ta en réduisant le métabolisme.

Chez le Hérisson d'Algérie, la thermorégulation observé tout au long de l'année montre une forte tendance à l'hétérothermie et offre la possibilité à cet animal de pouvoir s'adapter en permanence aux variations fluctuantes et rapides de son environnement subtropical.

DISCUSSION GENERALE

Au cours du présent travail sur la bioécologie du Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) dans la région de la vallée de la Soummam, entre Béjaia et Bouira, nous avons pu par l'étude de la mortalité routière préciser les zones occupées préférentiellement par cette espèce et déterminer les variations de l'activité générale en fonction des sexes et des saisons. Ces données ont été complétées par l'étude détaillée du régime alimentaire à prédominance insectivore, les variations saisonnières ont été décrites, et un travail préliminaire a été initié sur l'apport énergétique des proies. L'étude des variations saisonnières de la température corporelle au cours des saisons à enfin permis de préciser comment cette espèce s'adapte aux variations saisonnières de son milieu (température ambiante, photopériode, etc.). Si l'intérêt principal de cette étude s'est focalisé sur la mauvaise saison (automne – hiver), quelques données nouvelles ont aussi été mises en évidence au cours de la saison active (printemps – été). L'ensemble de ces différents apports permet d'avoir une vue plus globale de la biologie du Hérisson d'Algérie au cours de l'année et de préciser comment cet animal s'adapte à chaque saison pour assurer la suivie de l'espèce et sa propre survie individuelle face aux variations de son environnement.

Le Hérisson d'Algérie présente une aire de répartition très méridionale (nord de l'Afrique) mais il a aussi une répartition étagée en altitude (Sahraoui-Brahim 1984). Cela le différencie assez nettement du Hérisson d'Europe qui a une répartition longitudinale du nord au sud de l'Europe. Compte tenu de ces répartitions géographiques différentes, et par conséquent des conditions environnementales différentes (climat méditerranéen), cette étude de la biologie du Hérisson d'Algérie s'avère intéressante d'un point de vue adaptatif et comparatif.

Les données sur la mortalité routière ont montré des résultats convergeant avec ceux obtenus en Europe de l'Ouest (Reeve 1994 ; Huijser *et al.* 1998). Les animaux sont surtout trouvés près des petits villages et dans des biotopes présentant une couverture végétale importante (haies, talus herbeux, prairies, etc.) et favorisant une forte disponibilité alimentaire. En dehors de la période de reproduction, l'occupation de zones riches en disponibilités alimentaires et susceptibles d'offrir un abri montre une forte similitude avec les domaines vitaux décrits chez le Hérisson d'Europe (Castaing 1985). Les variations saisonnières du nombre de victimes du trafic routier sont maximales au printemps (mai) et minimales en hiver (décembre à mars). Ce résultat indique chez cet animal l'existence de 2 périodes importantes au cours de l'année : **une période de vie active** de fin mars à octobre –novembre, et **une période de vie ralentie** de l'automne à la fin de l'hiver. De ce point de vue, **le Hérisson d'Algérie est un animal saisonnier** tout à fait comparable au Hérisson d'Europe (Saboureau 1979). La répartition des hérissons écrasés pendant la vie active en fonction du sexe et de l'âge permet de souligner la forte activité des mâles au printemps, par rapport à celle des femelles. Cette différence qui est caractéristique de la période de rut, correspond aux grands déplacements décrits à la même période chez les hérissons d'Europe mâles (Saboureau 1979 ; Castaing 1985 ; Reeve 1994 ; Huijser *et al.* 1997). Ces éléments, ainsi que l'apparition des jeunes à partir de juillet permettent donc de situer les mises bas en fin de printemps (juin) – début d'été (juillet) soit un peu plus tard qu'en France chez le Hérisson d'Europe (premières mises bas en mai-juin – Saboureau & Boissin 1983). Le cycle saisonnier de la reproduction du Hérisson d'Algérie reste peu connu et il conviendra

de préciser ultérieurement la taille et le nombre de portées au cours de la vie active, ainsi que les évolutions des cycles endocriniens au cours des saisons. Ce travail sur la mortalité routière a permis de bien préciser les limites dans le temps de la période de vie ralentie : d'octobre – novembre (disparition des mâles et des femelles) à début mars (réapparition des animaux au début du printemps suivant). En automne, la disparition plus tardive des jeunes par rapport aux adultes est aussi à souligner, et reflète probablement une intense activité liée à la recherche de nourriture pour s'engraisser avant l'hiver (Rondini & Doncaster 2002). Des résultats comparables ont aussi été rapportés chez le Hérisson d'Europe en fonction du sexe et de l'âge (Berthoux 1980 ; Castaing 1985 ; Saboureau 1986 ; Vignault & Saboureau 1993). En fonction des variations de l'environnement en automne et en hiver (jours courts, températures basses, disponibilités alimentaires réduites), le Hérisson d'Algérie présente donc une nette diminution de son activité générale locomotrice. Des observations similaires ont été décrites chez le Hérisson d'Europe (Saboureau *et al.* 1979) directement en relation avec le phénomène de l'hibernation, une adaptation saisonnière permettant la survie de l'animal pendant la mauvaise saison. L'étude des variations de la température corporelle (Chapitre III) permettra de savoir si le Hérisson d'Algérie est aussi un hibernant.

Les résultats concernant le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie ont affirmé la **prédominance d'un régime alimentaire insectivore** constitué par une large variété d'espèces et une forte présence d'Hyménoptères pendant toute l'année. Ceci différencie un peu cette espèce du Hérisson d'Europe dont le régime n'est pas strictement insectivore mais bien plus large et qualifié d'"opportuniste" (Campbell 1973 ; Yalden 1976 ; Castaing 1985). En automne, il est à noter cependant que les larves de Lépidoptères et les Annélides prennent une place importante dans le régime alimentaire au détriment des Hyménoptères. Ces basculements sont intéressants à analyser pour savoir s'il s'agit de variations de la disponibilité ou/et de choix alimentaires liés à l'apport énergétique nécessaire pour affronter la mauvaise saison. Les résultats préliminaires concernant les densités énergétiques (DE) des proies montrent que les valeurs des DE sont similaires. De ce fait, il semble peu probable que lechoix des proies principales corresponde à une stratégie liée à leur contenu énergétique. Les résultats obtenus s'avèrent actuellement trop partiels (échantillonnage trop faible des espèces proies et de leur nombre par espèce) pour constituer des éléments de réponse fiables dans ce domaine. Une première hypothèse pourrait être que la composition du bol alimentaire serait liée à la disponibilité des proies dans le milieu naturel (Bell 1990) et déterminerait, principalement en automne et en hiver, le niveau des contraintes énergétiques. Ainsi, certaines espèces désertiques ou subtropicales peuvent combattre une balance énergétique déficitaire en réduisant leurs dépenses énergétiques par l'apparition de torpeurs journalières. Une deuxième hypothèse serait liée, comme établi chez certains hibernants, à l'influence de composés spécifiques dans l'alimentation tels que les acides gras polyinsaturés (Geiser & Kenagy 1987 ; Geiser 1991 ; Frank 1994 ; Florant 1998 ; Fietz *et al.* 2003). Ces acides gras polyinsaturés favorisent l'augmentation de la durée des torpeurs, la diminution de la Tc_{min} et la diminution de la perte de masse corporelle (Geiser 1990 ; Schalk & Brigham 1995 ; Munro & Thomas 2004). Ainsi, une analyse plus fine de la composition des proies, notamment en prenant en compte les variations de taille et le contenu (qualitatif et quantitatif) en lipides, sera nécessaire. La poursuite de ces études concernant l'énergétique doit permettre de préciser comment l'animal puise dans les ressources disponibles de son milieu (quantité et qualité des proies) pour assurer certaines étapes primordiales de son cycle biologique annuel comme la reproduction et la lactation (forte demande énergétique) ou la vie ralentie pendant la mauvaise saison (engraissement par anticipation, alimentation spécifique favorisant les capacités de thermorégulation).

Chez un animal saisonnier, les variations de la masse corporelle sont le reflet de l'évolution de la balance énergétique et rendent compte de l'état des réserves et des modifications du métabolisme. Au cours de ce travail, l'évolution de la masse corporelle du Hérisson n'a pas été suivie régulièrement pendant toute l'année. Cependant, les données obtenues pendant certaines périodes montrent : 1) l'existence d'un engraissement faible au cours de l'été, et plus accentué et variable selon les animaux au début de l'automne, 2) un arrêt de l'alimentation et un amaigrissement régulier de la fin de l'automne et à la fin de l'hiver, et 3) une masse corporelle faible et stable malgré une alimentation régulière au printemps. Au cours de l'année, la masse corporelle est donc maximale en automne. Ainsi, le Hérisson d'Algérie présente des variations saisonnières de la masse corporelle dont les amplitudes paraissent peu accentuées mais avec un profil assez voisin de celui observé chez le Hérisson d'Europe (Saboureau & Boissin 1983 ; Saboureau *et al.* 1986). La poursuite de l'étude de la masse corporelle (et éventuellement de sa composition) s'avère nécessaire et primordiale pour une meilleure compréhension de la biologie de cette espèce.

Les deux premiers paragraphes montrent chez le Hérisson d'Algérie un cycle annuel d'activité et de prise alimentaire caractérisé par deux périodes distinctes : une période de vie active pendant laquelle l'animal se déplace, se reproduit, s'alimente régulièrement (au printemps et en été) et une période de vie ralentie pendant laquelle l'animal est peu visible et parait moins s'alimenter (en automne et en hiver). Ces caractéristiques comportementales sont typiques des animaux saisonniers, et plus particulièrement des animaux hibernants. La mesure des variations de la température corporelle (Tc) a été effectuée pour la première fois chez le Hérisson d'Algérie à l'aide de température "loggers" (iButton) implantés dans la cavité abdominale. Cette étude, réalisée en priorité au cours de l'automne et de l'hiver, a permis de mettre en évidence l'existence de **nombreuses torpeurs** (Tc < 33°C) interrompues par des **phases d'euthermie** (Tc > 33 °C) de courte durée. Aux premières torpeurs de courtes durées (ou torpeurs journalières) observées en octobre - novembre, succèdent des torpeurs de longue durée de décembre à début mars (plusieurs jours, forte amplitude et Tc_{min} proche de la Ta), puis à nouveau des torpeurs journalières fin mars. Ces torpeurs de longue durée sont tout a fait caractéristiques de l'hibernation observée chez de nombreuses autres espèces (Lyman *et al.* 1982 ; Kortner & Geiser 2000). Ainsi, pour faire face à la mauvaise saison (nourriture plus rare, Ta faibles, durée du jour courte) et pour assurer sa survie, le Hérisson d'Algérie diminue sa Tc et son métabolisme pendant les phases de torpeur. Les mécanismes de la mise en place de ce phénomène chez le Hérisson d'Algérie ne sont pas encore bien connus mais un certain nombre de convergences existent : comme l'engraissement décrit précédemment, une modification du rythme nycthéméral de la Tc (apparition de torpeurs journalières et diminution de la Tc au cours de la deuxième partie de la nuit), probablement aussi une involution gonadique (à vérifier). Pendant cette période en fin d'été – début d'automne, il convient de souligner le fait que l'engraissement des animaux est facilité par des prises alimentaires régulières et par les torpeurs journalières, ces dernières entraînant une réduction des dépenses (Hiebert 1993). Il est aussi possible que ce phénomène s'effectue par anticipation (car les températures extérieures sont encore élevées) et dépende alors directement de la photopériode et plus particulièrement de la diminution des jours en été et en automne (Pévet *et al.* 2004).

Pendant l'hibernation, les torpeurs les plus longues (4 à 9 jours) correspondent aux Tc_{min} les plus basses (7,6 à 2,2 °C) qui sont observées simultanément avec les minima saisonniers des Ta (entre 5 et 0 °C). Les variations du niveau de la Ta influencent donc directement le niveau de la Tc de l'animal et les durées relatives des torpeurs et des euthermies. En conséquence, la durée de l'hibernation peut varier d'un animal à l'autre,

mais aussi d'une année à l'autre en relation avec les variations annuelles de la Ta. La durée totale de l'hibernation, est assez voisine chez les mâles et les femelles adultes, même si des précisions restent à apporter surtout sur la sortie de l'hibernation au printemps (compte tenu du petit nombre d'animaux suivis du à une forte mortalité en fin d'hiver). En automne, chez ces animaux adultes, les femelles montrent un pourcentage moyen de torpeur un peu plus élevé que les mâles, cette faible différence reste actuellement difficile à expliquer et pourrait être attribuée à une meilleure sensibilité aux Ta basses. Les quelques animaux sub-adultes suivis présentent aussi une "qualité" de l'hibernation comparable à celle des femelles en automne et en hiver, et ceci malgré des masses corporelles initiales assez faibles. Pendant la mauvaise saison, plus le pourcentage de torpeur sera élevé (et le pourcentage d'euthermie faible) et plus les dépenses d'énergie seront réduites et les chances de survie élevées.

A la fin de l'hiver, le retour à la vie active ne montre pas de différence entre les sexes, ni en fonction de l'âge mais une forte dépendance à l'augmentation de la Ta. Les mécanismes régulant l'hibernation chez le Hérisson d'Algérie s'avèrent donc assez différents de ceux observés chez le Hérisson d'Europe puisque chez ce dernier il existe une forte différence mâle / femelle : chez les mâles l'entrée et la sortie de l'hibernation sont précoces et liées aux taux d'hormones mâles (Saboureau & Boissin 1983 ; Saboureau *et al.* 1984 ; Saboureau 1986) tandis que chez les femelles l'entrée et la sortie de l'hibernation sont plus tardives, sans aucune influence des hormones sexuelles (Saboureau 1986 ; Saboureau & Castaing 1986 ; Vignault & Saboureau 1993).

Le fait de la persistance des torpeurs journalières et de l'hétérothermie au printemps et en été pose plusieurs interrogations. La première pourrait concerner les conditions d'élevage en captivité : Est-ce que l'alimentation artificielle fournie a une influence de la quantité (voire la qualité) des réserves en automne et en hiver ? Quel est le rôle de l'environnement artificiel (isolation du nid, stress) ? La forte mortalité hivernale est-elle une conséquence de la captivité ou de l'épuisement des réserves ? D'autres questions pourraient être liées à des problèmes biochimiques ou comportementaux : Quelles sont les réserves utilisées lors de chaque réveil (graisse brune [ce qui parait probable compte tenu du profil et de la vitesse du réchauffement] ou autre) ? Le Hérisson utilise-t-il aussi une source d'énergie extérieure pour se réchauffer (position du nid, exposition au soleil) ?

Au cours de l'été, les torpeurs journalières très amples observées pendant des périodes correspondant à des Ta élevées avec de grandes fluctuations nycthémérales s'apparentent au phénomène de l'**estivation** décrit chez quelques hibernants (Wilz & Heldmaier 2000). Il s'agit d'une adaptation qui permet à l'animal, face à des températures élevées, de lutter contre la déshydratation en abaissant son métabolisme pendant les phases de torpeur. Ces torpeurs sont remarquablement entraînées par la Ta pendant le refroidissement et pendant le réchauffement ce qui contribue à réduire au maximum les coûts énergétiques. Ce phénomène est tout à fait remarquable mais encore difficile à interpréter et suscite de nombreuses questions : est-il régulier ? et participe-t-il alors à un signal d'anticipation pour préparer la mauvaise saison ? existe-t-il chez l'animal en environnement naturel ? est-il lié à une possible diminution des disponibilités alimentaires ?

Les différentes études menées au cours de ce travail ont montré que la biologie du Hérisson d'Algérie était fortement soumise aux variations saisonnières de son environnement mais que certains comportements dépendaient aussi de facteurs internes. Parmi les facteurs de l'environnement la photopériode et la température ambiante jouent des rôles importants. Dans ce travail, le rôle de la photopériode n'a pas été étudié mais il est bien démontré qu'il est lié à l'entraînement et à la synchronisation de tous les rythmes journaliers

et saisonniers (rythmes d'activité, fonctions endocrines, etc.) (Boissin & Canguilhem 1998). Ce facteur se répète régulièrement chaque année et sert de signal principal à tous les mécanismes régulant les grandes fonctions. La température ambiante constitue le second facteur externe qui joue un rôle primordial dans la biologie du Hérisson. Comme nous l'avons observé, dans nos expériences en salle ou à l'extérieur, les variations de la Ta sont particulièrement impliquées dans le déroulement de l'hibernation et dans certains aspects liés à la régulation de la température corporelle au cours de l'année chez cet animal. Compte tenu de la répartition du Hérisson d'Algérie selon l'altitude (de Béjaia [niveau de la mer] au Parc National du Djurdjura [moyenne montagne]), les variations de la Ta et des disponibilités alimentaires, certainement très différentes dans ces 2 milieux, constituent des conditions expérimentales de choix pour l'étude de l'hibernation en fonction de son environnement. La comparaison avec le Hérisson d'Europe, dont l'entrée en hibernation varie avec la latitude et la température ambiante (Crête à 20-24 °C [Herter 1954], Italie à 18-20 °C [Boitanie & Reggianni 1984], Allemagne et France à 15-17 °C [Herter 1954 ; Saboureau & Boissin 1983], Finlande à 12 °C [Kristoffersson & Soivio 1964]), constitue la base d'un travail comparatif sur les capacités d'adaptation du Hérisson.

En conclusion, ce travail a permis de montrer que le Hérisson d'Algérie est un animal dont les activités saisonnières sont bien marquées (chapitre I), puis de confirmer son régime alimentaire typiquement insectivore (chapitre II) et par la mesure de sa température corporelle d'affirmer son caractère d'hibernant et ses possibilités d'adaptation aux variations de son milieu (chapitreIII).

PERSPECTIVES

Le Hérisson d'Algérie est une espèce nocturne et discrète et de ce fait les informations de l'animal dans son milieu restent encore rares. En plus de l'observation sur le terrain et des techniques classiques de capture-marquage-recapture, de nouvelles techniques comme le radio-pistage ou l'observation la nuit à l'aide de lunettes infrarouge doivent permettre une meilleure connaissance de l'animal dans son milieu. Ainsi, des informations sont attendues sur la position des nids (et leur constitution en fonction des saisons), le suivi des déplacements, les comportements (interactions, prise alimentaire, exposition au soleil, etc.), la dispersion des jeunes, etc.

L'étude de la mortalité du Hérisson par le trafic routier sur une distance d'environ 100 km montre que cette espèce paye un lourd tribu. La transposition de ces données à l'échelle nationale constitue la possibilité d'une menace à long terme pour l'intégrité des populations. Des enquêtes sur la mortalité du Hérisson par le trafic routier effectuées dans les différentes régions du territoire national permettraient d'avoir de préciser la répartition de l'espèce au niveau du pays. Les résultats obtenus pourraient aussi être considérés lors des projets d'aménagement ou de construction des routes pour intégrer des éléments paysagers (réseaux de haies, des cours d'eau boisés, etc.) et des passages protégés assurant des déplacements sans danger et une meilleure protection de cette espèce.

L'étude du régime alimentaire et des densités énergétiques nécessite une analyse plus fine du choix des principaux items ingérés en relation avec l'évolution de leur disponibilité, de leur la taille et de la composition du contenu en lipides (qualitatif et quantitatif).

La compréhension des contraintes énergétiques saisonnières ou nécessaires à certaines phases du cycle biologique de l'animal (reproduction, engraissement, hibernation, etc.) nécessite de poursuivre et d'approfondir cette étude.

L'étude des variations de la température corporelle doit être poursuivie pour préciser un certain nombre de points comme : la sortie de l'hibernation, la thermorégulation pendant

la vie active (en particulier l'estivation) et aborder des problèmes comparatifs comme l'hibernation en fonction de l'altitude (niveau de la mer *versus* montagne). Une meilleure connaissance de certains fonctionnements endocriniens saisonniers (reproduction, glandes endocrines à compétence métaboliques [thyroïde, surrénales], masse corporelle et métabolisme [constitution et utilisation des réserves], etc.) est aussi souhaitable pour pouvoir aborder les problèmes de la régulation de l'hibernation (effet des facteurs internes, du sexe, etc.).

Parmi toutes ces possibilités de recherches, des choix devront être faits.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abdesselam M (1995). Structure et fonctionnement d'un Karst de montagne sous climat méditerranéen : Exemple du Djurdjura occidental (Grande Kabylie, Algérie). Thèse de Doctorat, Univ. Besançon, France, 301 p.

Agrane S (2001). Insectivorie du Hérisson d'Algérie Atelerix algirus (Lereboulet 1842) (Mammalia, Insectivora) en Metidja Orientale (Alger) et près du lac Ichkeul (Tunisie). Thèse de Magister, Inst. Nat. Agr., El-Harrach, Algérie, 198 p.

Akil H, Watson SJ, Young E, Leiws ME, Khaaxhaturian H, Walker JM (1984). Endogenous opioids: biology and function. Ann. Rec. Neurosci. **7**:223-255.

Aloia R (1981).L'hibernation. La Recherche **128**:1376-1383.

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). Endocine regulations as adaptive mechanisms to the environment. Editions du C.N.R.S., Paris.

Athmani L (1988). Comparaison faunistique entre trois stations dans le Parc National de Belzma (Batna). Thèse Ing. Agr., Inst. Nat. Agr., El-Harrach, Algérie, 97 p.

Axell HE (1956). Predation and protection at dungeness bird reserve. British bird **6**:193-212.

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.

Barnes BM, Ritter D (1993). Pattern of body temperature change in hibernating arctic ground squirrels. Pp 119-130 in: Carey C, Florant GL, Wunder BA & Horwitz B (eds). Life in the cold: Ecological, Physiological and Molecular mechanisms. Westview Press, Boulder.

Baubet E (1998). Biologie du sanglier en montagne : biodémographie, occupation de l'espace et régime alimentaire. Thèse de Doctorat, Univ. Cl. Bernard, Lyon 1, France, 300 p.

Baziz B. (1991). Approche biogéographique de la faune de Boughzoul. Régime alimentaire de quelques Vertébrés supérieurs. Thèse Ing. Agr., Inst. Nat. Agr., El-Harrach, Algérie, 63 p.

Bell GP (1990). Birds and mammals on an insect diet: a primer on diet composition analysis in relation to ecological energetics. Stud. Avian Biol. **13**:416-426.

Benallaoua M, Benaida H (1997). Approche étho-écologique du Héron garde-boeufs (Bubulcus ibis Linné, 1758) dans la région de Béjaia (Algérie). Mém. Ing. Ecol. Environ., Univ. A. Mira, Béjaia, Algérie, 70 p.

Benjoudi D (1995). Place des insectes dans le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie Erinaceus algirus Duvernoy et Lereboulet 1842 (Mammalia, Insectivora)

dans la région de Iboudrarène (Grande Kabylie). Thèse de Magister, Inst. Nat. Agr., El-Harrach, Algérie, 123 p.

Benkhlil ML (1992). Les techniques des récoltes de piégeages utilisées en entomologie terrestre. Editions Office Publ. Univ., Alger, 68 p.

Bernard F (1968). Les fourmis (Hymenoptera, Formicidae). Ed. Masson et Cie, Paris, 411 p.

Berthoud G (1978). Note préliminaire sur les déplacements du Hérisson européen (Erinaceus europaeus L.). Rev. Ecol. (Terre Vie) **32**:73-82.

Berthoud G (1980). Le hérisson et la route. Rev. Ecol. (Terre Vie) **34**:361-372.

Berthoud G (1982a). Contribution à la biologie du hérisson (Erinaceus europaeus L.) et application à sa protection. Thèse de Doctorat ès Sciences, Univ. Neuchâtel, Suisse, 247 p.

Berthoud G (1982b). L'activité du Hérisson européen (Erinaceus europaeus L.). Rev. Ecol. (Terre Vie) **39**:3-14.

Biche M (2003). Ecologie du Hérisson du désert Hemiechinus aethiopicus (Ehrenberg,1833) Insectivora-Erinaceidae) dans la réserve de Mergueb (M'Sila-Algérie. Thèse de doctorat, Univ. De Liège, Belgique ,205 p.

Bieber C, Ruf T (2009). Summer dormancy in edible dormice (Glis glis) without energetic constraints. Naturwissenschaften **96**:165-171.

Bigot L, Bodot P (1973). Contribution à l'étude biocénotique de la garrigue à Quercus coccifera. Composition biotique peuplement d'Invertébrés. Vie & Milieu (Série C) **23**:229-249.

Blondel J (1979). Biogéographie et écologie. Editions Masson, Paris, 173 p.

Blondel J, Ferrey C, Frochot B (1973). Avifaune et végétation : essai d'analyse de la diversité. Alauda **10**:63-84.

Boissin J, Canguilhem B. (1998). Les rythmes du vivant, origine et contrôle des rythmes biologiques. Editions Nathan/CNRS, Paris, 320 p.

Boitani L, Reggiani G (1984). Movements and activity patterns of hedgehogs in mediterranean coastal habitats. Zeitschrift für Säugetierkunde **49**:193-206.

Bornard A, Cozic P, Brau-Nogue C (1996). Diversité spécifique des végétaux en alpage, influence des conditions écologiques et des pratiques écologiques. Ecologie **27**:103-115.

Bouda F, Rabhi B (2000). Etudedu régime alimentaire du Hérisson d'Algérie Atelerix algirus Corbet dans la région de Bouira (Ferme Pilote et Chaukran) et dans la région de Béjaia (Djbira). Mémoire D.E.S./ B.P.A., Univ. A. Mira, Béjaia, Algérie, 126 p.

Boukaras M, Karanzi E (2004). Contribution à l'étude des disponibilités alimentaires et analyse biochimique des proies du Hérisson d'Algérie Atelerix algirus (Lereboulet 1842) (Mammalia Insectivora) dans la région de Béjaia. Mém. Ing. Ecol. Environ., Univ. A. Mira, Béjaia, Algérie, 87 p.

Bradbury K (1977). Identification of Earthworms in Mammalian scats. J. Zool., Lond.**183**:553-555.

Brockie R E (1959). Observations on the food of the hedgehog (Erinaceus europaeus L.) in New Zealand. N. Z. J. Sci. **2**:121-136.

Brockie RE (1975). Distribution and abundance of the hedgehog (Erinaceus europaeus L.) in New Zealand 1869-1973. N. Z. J. Zool. **2**:445-462.

Brown KJ, Downs CT (2007). Basking behaviour in the rock hyrax (Procavia capensis) during winter. Afr. Zool. **42**:70-79.

Cagniant H (1973). Les peuplements de fourmis des forêts algériennes. Ecologie biocénotique, essai biologique. Thèse de Doctorat ès Sciences, Univ. Paul Sabatier, Toulouse, France, 464 p.

Campbell PA (1973). The feeding behaviour of the hedgehog (Erinaceus europaeus L.) in pasture land in New-Zealand. Proc. N. Z. Ecol. Soc. **20**:35-40.

Canguilhem B (1977). Rythmes circannuels du poids et du sommeil hibernal chez le Hamster d'Europe. Rôle de la photopériode, de la température, de la thyroïde et des monoamines cérébrales. Thèse de Doctorat ès Sciences, Univ. de Strasbourg, France, 244 p.

Canguilhem B (1989). External and endogenous control of body weight rhythm in the European hamster, Cricetus cricetus. Pp. 25-32 in: Malan A. & Canguilhem B. (eds). Living in the cold II. Les éditions INSERM/John Libbey Eurotext Ltd.

Canguilhem B, Vaultier JP, Pévet P, Coumaros G, Masson-Pévet M, Bentz I (1988). Photoperiodic regulation of body mass, food intake, hibernation and reproduction in intact and castrated male European hamsters, Cricetus cricetus. J. Comp. Physiol. A 163: 549-557.

Castaing L (1982). Utilisation de l'espace et du temps par le Hérisson (Erinaceus europeaus L.) au cours de la période d'hibernation. Travail préliminaire. D.E.A., Univ. François Rabelais, Tours, France, 34 p.

Castaing L. (1985). Hibernation et reproduction du Hérisson (Erinaceus europaeus L.) : interrelations et régulation par les facteurs externes. Thèse de 3ème Cycle, Univ. François Rabelais, Tours, France, 123 p.

Chalane S, Djouder N (1999). Etude de l'entomofaune de trois stations selon les différents types de formation végétales dans la région de Béjaia. Thèse Ing. Ecol., Univ. A. Mira, Béjaia, Algérie, 114 p.

Clevenger AP, Chruszcz B, Gunson K (2003). Spatial patterns and factor influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. Biol. Conserv. **109**:15–26.

Cranford JA (1978). Hibernation in the western jumping mouse (Zapus princeps). J. Mammal. **59**:496-509.

Cranford JA (1983). Body temperature, heart rate and oxygen consumption of normathermic and heterothermic western jumping mice (Zapus princeps). Comp. Biochem. Physiol. A **74**:595-599.

Daget J (1976). Les modèles de mathématiques en écologie. Ed. Masson, Paris, 172 p.

Dajoz R (1971). Précis d'écologie. Editions Dunod, Paris, 434 p.

Dajoz R. (1985). Précis d'écologie. Editions Dunod, Paris, 489 p.

Daoudi S, Cherchour F (1997). Contribution à l'étude du régime alimentaire de la cigogne blanche (Ciconia ciconia) et du Héron garde-bœuf (Bubulcus ibis) dans la région de Béjaia. Mémoire Ing. Ecol. Environ., Univ. A. Mira, Béjaia, Algérie, 136 p.

Davis D.E. (1976). Hibernation and circannual rhythms of food consumption in marmots and ground squirrels. Q. Rev. Biol. **51**:477-513.

Davis DE, Swade RH (1983). Circannual rhythm of torpor and molt in the ground squirrel, Spermopilus beecheyi . Comp. Biochem. Physiol. A **76**:183-187.

Delagarde J (1993). Initiation à l'analyse des données. Editions Dunod, Paris, 157p.

Dervin C (1992) Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances? Ed. Ins. Tech. Céréa. Four. (I.T.C.F.), Paris, 72 p.

Doumandji S, Doumandji A (1992a). Note sur le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie Erinaceus algirus, dans la banlieue d'Alger. Mammalia **56**:318-321.

Doumandji S, Doumandji A (1992b). Notes 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.

Dimelow J (1963). Observation of the feeding of the hedghog (Erinaceus europaeus L.). Proc. Zool. Soc. Lond. **141**:291-309.

Doncaster CP, Rondinini C, Johnson PCD (2001). Field test of correlates of dispersal in hedgehogs (Erinaceus europaeus). J. Anim. Ecol. **70**:33–46.

Dreux P (1980). Précis d'écologie. Editions Presses Universitaires de France, Paris, 231 p.

Driezen K, Adriaensen F, Rondinini C, Doncaster P, Matthysen E (2007). Evaluating least-cost model prediction with empirical dispersal data: a case-study using radiotracking data of hedgehog (Erinaceus europaeus). Ecol. Model. **209**:314-322.

Dubois R (1896). Physiologie comparée de la Marmotte. Ann. Univ. Lyon., Masson et Cie, Paris, p. 269.

Ehrhardt N, Heldmaier G, Exner C (2005). Adaptive mechanisms during food restriction in Acomys russatus: the use of torpor for desert survival. J. Comp. Physiol. B **175**:193-200.

El Omari B (1987). Régulation de la fonction de reproduction et de l'hibernation par les facteurs de l'environnement chez le Hérisson (Erinaceus europaeus L.). Aspects neuroendocriniens et métaboliques. Thèse de Doctorat d'Université, Univ. François Rabelais, Tours, France, 165 p.

El Omari B, Saboureau M (1991). Light entrainment of testicule endocrine function in the hedgeghog, Erinaceus europaeus L. Pp. 193-196 in: Bobek B, Perzanowski K & Regelin WL (eds). Global trends in wildlife management. Swiat Press, Pologne.

Emberge L (1997). Travaux de botanique et d'écologie. Editions Masson et Cie, Paris, 520 p.

Florant GL (1998). Lipid metabolism in hibernators: the importance of essential fatty acids. Amer. Zool. **38**:331-340.

Fietz J, Dausmann KH, Ganzhorn JU (2003). White adipose tissue composition in the free-ranging fat-tailed dwarf lemur (Cheirogaleus medius; Primates), a tropical hibernator. J. Comp. Physiol B **173**:1-10.

Fowler PA (1986). Aspects of reproduction and heterothermy in seasonally breeding mammals. Ph. D. Thesis, Univ. of Aberdeen, Ecosse, 285 p.

Fowler PA, Racey PA (1990). Daily and seasonal cycles of body temperatures and aspects of heterothermy in the hedgehog Erinaceus europaeus. J. Comp. Physiol. **160**:299-307.

Frank CL (1994). Polyunsaturate content and diet selection by ground squirrels (Spermophilus lateralis). Ecology **75**:458-463.

Frechkop S (1981). Faune de Belgique: Mammifères. Editions Patri. Inst. Roy. Sci. Nat., Belgique, 545 p.

French AR (1976). Selection of high temperatures for hibernation by the pocket mousse, Perognathus longimembris: Ecological advantage and energetic consequences. Ecology **57**:185-191.

French AR (1977). Circannual rhythmicity and entrainment of surface activity in the hibernator Perognathus longimembris. J. Mammal. **58**:37-43.

French AR (1982). Effects of temperature on the duration of arousal episodes during hibernation. J. Appl. Physiol.: Resp. Environ. Exercice Physiol. **52**:216-220.

French AR (1988). The patterns of mammalian hibernation. Am. Scientist **76**:569-575.

French AR (1989). Seasonal variation in use of torpor by palid Kangaroo mice, Microdipodops pallidus. J. Mammal. **70**:839-842.

Frey H (1980). Le métabolisme énergétique de Suncus etrucus (Soricidae, Insectivora) en torpeur. Rev. Suisse Zool. **87**:739-748.

Galster W, Morrison PR (1970). Cyclic changes in carbohydrate concentrations during hibernation in the arctic ground squirrel .Am. J. Physiol. **218**:1228-1232.

Garnica R, Robles L (1986). Seguimiento de la mortalidad de Erizos, Erinaceus europaeus, prodicida por vehiculos en una carretera de poca circulacion. Miscel. Zool. **10**:406-408.

Geiser F (1990). Influence of polyunsaturated and saturated dietary lipids on adipose tissue, brain and mitochondrial membrane fatty acid composition of a hibernator. Biochim. Biophys. Acta **1046**:159-166.

Geiser F (1991). The effect of unsaturated and saturated dietary lipids on the pattern of daily torpor and the fatty acid composition of tissues and membranes of the deer mouse Peromyscus maniculatus. J. Comp. Physiol. B **161**:590-597.

Geiser F (2004). Metabolic rate and body temperature reduction during hibernation and daily torpor. Annu. Rev. Physiol. **66**:239-274.

Geiser F, Baudinette RV (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, Drury RL (2003). Radiant heat affects thermoregulation and energy expenditure during rewarming from torpor. J. Comp. Physiol. B **173**:55-60.

Geiser F, Kenagy GJ (1987). Polyunsaturated lipld diet lengthens torpor and reduces body temperature in a hibernator. Am. J. Physiol. **252**:R897-R901.

Geiser F, Kenagy GJ (1988). Torpor duration in relation to temperature and metabolism in hibernating ground squirrels. Physiol. Zool. **61**:422-449.

Geiser F, Ruf T (1995). Hibernation versus daily torpor in mammals and birds: physiological variables and classification of torpor patterns. Physiol. Zool. **68**:935-966.

Geiser F, Drury RL, Körtner G, Turbill C, Pavey CR, Brigham RM (2004). Passive rewarming from torpor in mammals and birds: Energetic, ecological and evolutionary implications. Pp. 51-62 in: Barnes BM & Carey HV (eds). Life in the cold: 12th International Hibernation Symposium. University of Alaska, Fairbanks.

Geiser F, Goodship N, Pavey CR (2002). Was basking important in the evolution of mammalian endothermy? Naturwissenschaften **89**:412-414.

Goldman BD (1980). Seasonal cycles in testis function in two hamster species: relation to photoperiod and hibernation. Pp.401-409 in: Steinberger A & Steinberger E (eds). Testicular, development, structure, and function. Raven Press, New York.

Goldman BD (1989). Effects of photoperiod on the hibernation cycle of the Turkish hamster. Pp. 5-15 in: Malan A & Canguilhem B (eds). Living in the cold II. Les éditions INSERM/John Libbey, Eurotext Ltd.

Göransson G, Karlsson J, Lingren A (1976). Igelkotten och biltrafiken. Fauna Flora, Stockh. **71**:1-6.

Grigg G, Beard L (2000). Hibernation by echidnas in mild climates: Hints about the evolution of endothermy? Pp. 5-19 in: Heldmaier G & Klingenspor M (eds). Life in the cold: Eleventh International Hibernation Symposium. Springer, Berlin.

Gubbels REMB, Van Gelder JJ, Lenders A (1989). Thermotelemetric study on the hibernation of a common hamster, Cricetus cricetus (Linnaeus 1758), under natural conditions. Bijdrajen tot de Dierkunde **59**:27-31.

Hall V, Goldman B (1980). Effects of gonadal steroid hormones on hibernation in the Turkish hamster (Mesocricetus brandti). J. Comp. Physiol. B **135**:107-114.

Hamadache TA (1997). Biométrie crânienne et étude du régime alimentaire du Hérisson du désert Hemiechinus (Paraechinus) aethopicus (Ehrenberg, 1983) dans la réserve naturelle de Mergueb. Thèse Ing. Agr., Inst. Nat. Agr., El Harrach, Algérie, 62 p.

Harbi E (1991). Répartition des Mammifères d'Algérie. Mémoire Ing. Agr., Inst. Nat. Agr., El Harrach, Algérie, 97 p.

Heim De Balsac H (1936). Biogéographie des mammifères et des oiseaux de l'Afrique du nord. Presses Universitaires de France, Paris, 446 p.

Heldmaier G, Steinlechner S (1981). Seasonal control of energy requirement for thermoregulation in the Djungarian hamster (Phodopus sungorus), living in natural photoperiod. J. Comp. Physiol. **142**:429-437.

Heldmaier G, Ortmann S, Kortner G (1993). Energy requirements of hibernating Alpine Marmots. Pp. 175-183 in: Carey C, Florant GL, Wunder BA & Horwitz B (eds). Life in the cold: Ecological, Physiological, and Molecular mechanisms. Westview Press, Boulder, San Francisco, Oxford.

Heldmaier G, Ortmann S, Elvert R (2004). Natural hypometabolism during hibernation and daily torpor in mammals. Respir. Physiol. Neurobiol. **141**:317-329.

Heller HC (1988). Sleep and hypometabolism. Can. J. Zool. **66**:61-69.

Hels T, Buchwald E (2001). The effect of road kills on amphibian populations. Biol. Conserv. **99**:331–340.

Henry JL (1982). Circulating opioids: possible physiological roles in central nervous function. Neurosci. Biobehav. Rev. **6**:229-245.

Herter K (1933). Gefanfenschaftsbeobachtungen an europäischen Igeln II. Zeit. F. Säugetierkunde **8**:195-218.

Herter K(1954). Wintershalaf. Handb. Zool. VIII **4**:1-59.

Hiebert SM (1993). Seasonality of daily torpor in a migratory Hummingbird. Pp. 25-32 in: Carey C, Florant GL, Wunder BA & Horwitz B (eds). Life in the cold: Ecological, Physiological, and Molecular mechanisms. Westview Press, Boulder, San Francisco, Oxford.

Hildwein G (1964). Seasonal course of thermoregulation in the Tenrec (Centetes ecaudatus). C. R. Soc. Biol. **158**:1137-1139.

Holsbeek L, Rodts J, Muyldermans S (1999). Hedgehog and other animal traffic victims in Belgium: results of countrywide survey. Lutra **42**:111-119.

Huijser MP (1999). Human impact on populations of hedgehogs Erinaceus europaeus through traffic and changes in the landscape: a review. Lutra **42**:39-56.

Huijser MP, Bergers PJM (1998). Platte egels tellen: resultaten van een VZZ actie. Zoogdier **9**:20-25.

Huijser MP, Bergers PJM (2000). The effect of roads and traffic on hedgehog (Erinaceus europaeus) populations. Biol. Conserv. **95**:111-116.

Huijser MP, Bergers PJM, De Vries HJG (1998). Hedgehog traffic victims: how to quantify effects on the population level and the prospect for mitigation. Pp. 171-180 in: Evink GL, Garrett P, Zeigler D & Berry J (eds). Proceedings of International Conference on Wildlife Ecology and Transportation. Florida Department of transportation, Tallahassee, Florida.

Huijser MP, Bergers PJM, Nolet BA, Meuwissen LTJ (1997). Verkeerssterfte in een egelpopulatie. Pp. 15-28 in: Huijser MP & Bergers PJM (eds). Egels en Verkeer: effecten van wegen en verkeer op egelpopulaties. Mededeling 35, Vereniging voor Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming, Utrecht/DWW-Ontsnipperingsreeks deel 35, Dienst Weg en Waterbouwkunde, Delft.

Johansson BG, Johansson BW (1972). Seasonal variation in the physiology and biochemistry of the European hedgehog (Erinaceus europaeus L.) including comparisons with non hibernators guinea-pig and men. Acta Physiol. Scand., Suppl. **380**:49-53.

Jones C, Moss K, Sanders M (2005). Diet of hedgehogs (Erinaceus europaeus) in Waitaki Basin, New Zealand: Implication for the conservation. N. Z. J. Ecol. **29**:1-7.

Kayser C (1953). L'hibernation des Mammifères. Ann. Biol. **29**:110-150.

Kayser C (1961a). The physiology of natural hibernation. Pergamon Press, Paris, 325 p.

Kayser C (1961b). Intervention de facteurs externes et internes dans le déterminisme de l'hibernation des mammifères. Arch. Sci. Physiol. **15**:377-420.

Kayser C (1964). La dépense énergétique des mammifères en hibernation. Arch. Sci. Physiol. **18**:137-150.

Kayser C (1970). Photopériode, reproduction et hibernation des mammifères. Pp. 409-434 in: Benoit J & Assenmacher J (eds). La photorégulation de la reproduction chez les oiseaux et les mammifères. Editions du C.N.R.S., Paris.

Kilduff TS, Heller HC (1989). Neurochemical studies of hibernation. Pp. 467-475 in: Malan A & Canguilhem B (eds). Living in the Cold II. Les éditions INSERM/John Libbey Eurotext, London, Paris.

Körtner G, Geiser F (2000). The temporal organization of daily torpor and hibernation: circadian and circannual rhythms. Chronobiol. Int. **17**:103-128.

Kowalski K, Rzebik-Kowalska B (1991). Mammals of Algeria. Editions of Polish Acad. Sci., Inst. Syst. and Evol. Anim., Wroclow, Warszawa, Krakow, 352 p.

Kristiansson H (1984). Ecology of a hedgehog, Erinaceus europaeus, population in southern Sweden. Ph. D. Thesis, Univ. of Lund, Suède, 75 p.

Kristiansson H (1990). Population variables and causes of mortality in a hedgehog (Erinaceus europaeus) population in southern Sweden. J. Zool., Lond.**220**:391-404.

Kristiansson R, Soivio A (1964). Hibernation of the hedgehog (Erinaceus europaeus L.). The periodicity of hibernation of undisturbed animals during the winter in a constant ambient temperature. Ann. Acad. Sci. Fenn., Ser. A IV **80**:1-22.

Kristiansson R, Soivio A (1967). A comparative long-term study of hibernation in finnish and german hedgehogs in a constant ambient temperature. Ann. Acad. Sci. Fenn., Ser. A IV **122**:1-23.

Kruuk H (1964). Predators and antipredator behaviour of the black headed gull: Larus ridibundus L. Behaviour, Suppl. **11**:1-129.

Quezel P (2000). Réfléxion sur l'évolution de la flore et la végétation du Maghreb méditerranéen. Ed. Ebisse Presse, 115 p.

Le Berre M (1990). Faune du sahara: Mammifères. Editions Lechevalier & Chabaud, Paris, 359 p.

Lee TM, Holmes WG, Zucker I (1990). Temperature dependence of circadian rhythms in golden-mantled ground squirrels. J. Biol. Rhythms **5**:25-34.

Lovegrove BG (2000). Daily heterothermy in mammals: Coping with unpredictable environments. Pp. 29-40 in: Heldmaier G & Klingenspor M (eds). Life in the cold: Eleventh International Hibernation Symposium. Springer, Berlin.

Lovegrove BG, Körtner 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.

Lovegrove BG, Raman J, Perrin MR (2001). Heterothermy in elephant shrews, Elephantulus spp. (Macroscelidea): daily torpor or hibernation? J. Comp. Physiol. B **171**:1-10.

Lyman CP, O'Brien RC (1974). A comparison of temperature regulation in hibernating rodents. Am. J. Physiol. **227**:218-223.

Lyman CP, Willis JS, Malan A, Wang LCH (1982). Hibernation and Torpor in Mammals and Birds. Physiological Ecology, Academic Press, New York.

Mader HJ (1979). Die Isolationwirkung von Verkehrsstrassen auf Tierpopulationen untersucht auf Beispiel von Arthropoden und Kleinsäugern der Waldbiozönose. Schrif. R. Landschaft. Natur. **19**:1–130.

Max-Kollman M (1955). Remarque sur les Hérissons de l'Ile de Djerba (Tunisie). Bull. Mus. Inst. Nat., Paris **15**:400-401.

Malan A (1992). L'hibernation des mammifères : un problème d'énergétique. Bull. Soc. Ecophysiol. **XVII**:35-41

Metref S (1994). Contribution à l'étude bioécologique de l'avifaune (Aves) d'une oliveraie à Boumlih(Cap Djenat). Relation trophique de quelques espèces de vertébrés. Mémoire. Ing. Agr., Inst. Nat. Agr., El Harrach, Algérie, 233 p.

Michener GR (1977). Effect of climatic conditions of annual activity and hibernation cycle of Richardson's ground squirrels and Columbian ground squirrels. Can. J. Zool. **55**:693-703.

Michener GR (1978). Effect of age andparity on weight gain and entry into hibernation in Richardson's ground squirrel. Can. J. Zool. **56**:2573-2577.

Michener GR (1979). The circannual cycle of Richardson's ground squirrel in southern Alberta. J. Mammals **60**:760-768.

Middleton AD (1935). Factors controlling the population of the partridge (Perdix perdix) in Great Britain. Proc. Zool. Soc. Lond. **105**:795-815.

Mimoun K (2006). Insectivorie du Hérisson d'Algérie Atelerix algirus (Lereboulet, 1842) dans la forêt de Beni Ghorbi (Tizi Ouzou). Thèse Magister, Inst. Nat. Agr., El-Harrach, Algérie, 175 p.

Montoya R, Ambid L, Agid R (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.

Morris P (1973). Winter nests of the hedgehog (Erinaceus europaeus L.). Oecologia **11**:299-313.

Morris P (1984). An estimate of the minimum body weight necessary for hedgehogs (Erinaceus europaeus) to survive hibernation. J. Zool. (London) **203**:291-294.

Morris P, Berthoud G (1987). La vie du Hérisson. Editions Delachaux & Niestlé, Paris, 127 p.

Mouches A (1981) Variations saisonnières du régime alimentaire chez le Blaireau européen (Meles meles L.). Rev. Ecol. (Terre Vie)**35**:183-194.

Mouhoub C, Doumandji S (2003). Importance de la fourmi moissonneuse Messor barbara dans le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie au niveau d'une zone agricole (Bouira). Journées d'information sur l'entomologie, Univ. A. Mira., Béjaia, p. 11.

Mouhoub-Sayah C, Robin J-P, Ciocca D, Pévet P, Saboureau M (2006). Etude des variations de la température corporelle du Hérisson d'Algérie au cours de l'automne et de l'hiver. Pp. 109-115 in: Moali A (Ed). Rencontres Méditerranéennes d'Ecologie. Laboratoire d'Ecologie et Environnement, Université de Béjaia, Algérie.

Mouhoub-Sayah C, Robin J-P, Malan A, Pévet P, Saboureau M (2008). Patterns of body temperature change in the Algerian Hedgehog (Atelerix algirus) during autumn and winter. Pp. 307-316 in: Lovegrove BG & McKechnie AE (eds). Hypometabolism in animals: hibernation, torpor and cryobiology. University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg.

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 (1985). Cyclical obesity in hibernation: the search for adjustable regulator. Pp. 45-56 in: Hirsch J & Van Itallie TB (eds). Recent advances in obesity research, vol. 4. Ed. John Libbey, London.

Muller Y (1985). L'avifaune forestière nicheuse des Vosges du nord : sa place dans le contexte médio-européen. Thèse de Doctorat ès Science, Univ. Dijon, France, 318 p.

Munro D, Thomas DW (2004). The role of polyunsaturated fatty acids in the expression of torpor by mammals: a review. Zoology **107**:29-48.

Nedergaard J, Cannon B (1990). Mammalian hibernation. Phil. Trans. R. Soc. London B **326**:669-686.

Nicoll ME (1986). Diel variation in body temperature in Tenrec ecaudatus during seasonal hypothermia. J. Mammal. **67**:759-762.

Nicol SC, Andersen NA (2000). Patterns of hibernation of echidnas in Tasmania. Pp. 21-28 in: Heldmaier G & Klingenspor M (eds). Life in the cold: Eleventh International Hibernation Symposium. Springer, Berlin.

Nicol SC, Andersen NA (2002). The timing of hibernation in Tasmanian echidnas: why do they do it when they do? Comp. Biochem. Physiol. B **131**:603-611.

Nicol SC, Andersen NA (2007). Cooling rates and body temperature regulation of hibernating echidnas (Tachyglossus aculeatus). J. Exp. Biol. **210**:586-592.

Orlowski G, Nowark L (2004). Road mortality of hedgehogs Erinaceus ssp. in farmland in Lower Silesia (south-western Poland). Pol. J. Ecol. **52**:377-382.

Otsu R, Kimura T (1993). Effects of food availability and ambient temperature in hibernation in the Japanese dormouse, Glirulus japonicus. J. Ethol. **11**:37-42.

Ouanighi H (1996). Aperçu sur le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie, Erinaceus algirus, dans la région d'El Harrach. Thèse Magister, Inst. Nat. Agr., El-Harrach, Algérie, 156 p.

Pavey CR, Burwell CJ, Körtner G, Geiser F (2009). Vertebrate diet decreases winter torpor use in a desert marsupial. Naturwissenschaften **96**:679-683.

Pengelley ET, Fisher KC (1957). Onset and cessation of hibernation under constant temperature and light in the golden mantled ground squirrel Citellus lateralis. Nature **180**:1371-1372.

Pévet P, Saboureau M, Klosen P (2004). How the photoperiod times the annual reproductive and hibernation cycles. Pp. 137-148 in: Barnes BM & Carey HV (eds). Life in the cold: Evolution, mechanisms, adaptation, and application. Biological papers of the University of Alaska, number 27, Fairbanks, Alaska, USA.

Pohl H (1961). Temperatur regulation und Tagesperiodik des stoffwechsels bei winterschlafern. Z. Vergl. Physiol. **45:**109-153.

Pohl ,H (1987). Control of annual rhythms of reproduction and hibernation by photoperiod and temperature in the Turkich Hamster. J. Therm. Biol. **12**:119-123.

Rahmani S (1999). Contribution à 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., Inst. Natio. Agr., El Harrach, Algérie, 50 p.

Ramade F (1984). Eléments d'écologie fondamentale. Editions McGrrow-Hill, Paris, 397 p.

Ramade F (1993). Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Editions Ediscience International, Paris, 822 p.

Reeve NJ (1982). The home range of the hedgehog as revealed by radiotracking study. Pp. 207-230 in: Cheeseman CL & Mitson RB (Eds). Telemetric studies of vertebrates. Symposia of the Zoological Society of London 49, Academic Press, London.

Reeve NJ (1994). Hedgehogs. T. & A.D. Poyser, London, 313 p.

Reeve N J, Huijser MP (1999). Mortality factors affecting wild hedgehogs: a study of records from wildlife rescue centres. Lutra **42**:7-24.

Rondinini C, Doncaster CP (2002). Road as barriers to movement for hedgehogs. Funct. Ecol. **16 :**504-509.

Saboureau M (1979). Cycle annuel du fonctionnement testiculaire du Hérisson (Erinaceus europaeus L.). Sa régulation par les facteurs externes et internes. .Thèse de Doctorat ès Sciences, Univ. François Rabelais, Tours, France, 198 p.

Saboureau M (1981). Environmental factors and regulation of the annual testicular cycle in a hibernating mammal: the hedgehog. Pp. 319-337 in: Ortavant R, Pelletier J & Ravault JP (eds). Photoperiodism and reproduction in vertebrates. Les Colloques de l'I.N.R.A. 6, Versailles.

Saboureau M (1986). Hibernation in the hedgehog: influence of external and internal factors. Pp. 253-263 in: Heller HC, Musacchia XJ & Wang LCH (eds). Living in the cold: Physiological and Biochemical Adaptations. Elsevier, New York.

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**:39-52.

Saboureau M, Boissin J (1978). Variations saisonnières de la testostéronémie et de la thyrosinémie chez le Hérisson (Erinaceus europaeus L.). C. R. Acad. Sci. Paris **286**:1479-1482.

Saboureau M, Boissin J (1983). Endocrine cycles and hibernation in the hedgehog: mechanisms of adaptation to natural variations in the environment. Pp. 203-217

in: Margaris NS, Arianoutsou-Faraggitaki M & Reiter RJ (eds). Plant, animal, and microbial adaptations to terrestrial environment. Plenum Publishing Corporation, New York.

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.

Saboureau M, Dutourné B (1981). The reproductive cycle in the male hedgehog (Erinaceus europaeus L.): a study of endocrine and exocrine testicular functions. Reprod. Nutr. Develop. **21**:109-126.

Saboureau M, Castaing L, Boissin J (1984). Influence du taux plasmatique de testostérone et du jeûne sur les variations automnales et hivernales de l'activité motrice générale du Hérisson, Erinaceus europaeus L. C. R. Acad. Sci. Paris **299**:239-244.

Saboureau M, Laurent G, Boissin J (1979). Daily and seasonal rhythms of locomotor activity and adrenal function in male hedghogs (Erinaceus europaeus L.). J. interdiscipl. Cycle Res. **10**:249-266.

Saboureau M, Maurel D, Boissin J (1986). Behavioural and endocrine adaptations to the seasonal environmental variations in wild Mammals: the hedgehog and the European badger. Pp. 351-361 in: Assenmacher I & Boissin J (eds). Endocrine regulations as adaptive mechanisms to the environment. Editions du C.N.R.S., Paris.

Saboureau M, Vignault MP, Ducamp JJ (1991). L'hibernation chez le Hérisson (Erinaceus europaeus L.) dans son environnement naturel : étude par biotélémétrie des variations de la température corporelle. C. R. Acad. Sci. Paris **313**:93-100.

Saboureau M, Vivien-Roels B, Pévet P (1991). Pineal melatonin concentrations during day and night in the adult hedgehog: effect of a light pulse at night and superior cervical ganglionectomy. J. Pineal Res. **11**:92-98.

Sahraoui-Brahim K (1984). Les Mammifères terrestres d'Algérie au musée de Maeght d'Oran et zoogéographie des mammifères terrestres d'Algérie. D.E.S., Inst. Bio. Sci. Terre, Univ. d'Oran, Algérie, 75 p.

Salmi R (2001). Bioécologie, en particulier régime alimentaire et estimation des populations du Héron garde-boeuf Bubulcus ibis (Linné 1758) (Aves, Ardeidae) dans la basse vallée de la Soummam (Béjaia). Thèse Magister, lnst. Nat. Agr., EI-Harrach, Algérie, 213 p.

Saint Girons MC (1973). Les mammifères de France et du Benelux. Editions Doin, Paris, 481 p.

Sayah C (1988). Comparaison faunistique entre quatre stations dans le Parc National du Djurdjura (Tikjda). Thèse Ing. Agr., Inst. Nat. Agr., El Harrach, Algérie, 130 p.

Sayah C (1996). Place des insectes dans le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie, Erinaceus algirus, dans le parc national du Djurdjura. Thèse Magister, Inst. Nat. Agr., El-Harrach, Algérie, 340 p.

Schalk G, Brigham RM (1995). Prey selection by insectivorous bats: are essential fatty acids important ? Can. J. Zool. **73**: 1855-1869.

Schmid J (1996). Oxygen consumption and torpor in mouse lemurs (Microcebus murinus and M. myoxinus): Preliminary results of a study in western Madagascar. Pp. 47-54 in: Geiser F, Hulbert AJ & Nicol SC (eds). Adaptations to the cold: the Tenth International Hibernation Symposium. New England Press, Armidale.

Schoenfeld M, Yom-Tov Y (1985). The biology of two species of hedgehog Erinaceus europaeus concolor and Hemiechinus auritus aegyptius in Israël. Mammalia **49**:339-355.

Schilling D, Singer D, Diller H (1986). Guide des mammifères d'Europe. Editions. Delachaux & Niestlé, Neuchatel, Paris, 280 p.

Seltzer P (1946). Le climat d'Algérie. Trav. Ins. Met. et Phy. du Globe, Univ. d'Alger, 219 p.

Sellami M, Belkacemi H, Sellami S (1989). Premier inventaire des Mammifères de la Réserve de Mergueb (M'Sila, Algérie). Mammalia **53**:116–119.

Senturia JB, Elkund B, Johansson BW (1972) General methods and materials. Acta. Physiol. Scand. Suppl. **380**:15-20.

Si Bachir A (1991). Etude bioécologique de la faune au lac de Boulhilet ou petit Djamel (oum El Bouaghi). Thèse Magister, Ecol. Anim., Univ. Sétif, Algérie, 134 p.

Skoog P (1970). The food of the Swedish badger, Meles meles L. Svenska J. Viltrevy **7**:1-120.

Smit GFJ, Meijer AJM (1999). Experience with the counting of animal road casualties. Lutra **42**:25-34.

Somers L, Verhagen R (1999). Winter mortality and traffic victims in a hedgehog population. Lutra **42**:37-38 (abstr.).

Sponholz H (1965). Dem Igel droht der Verkehrstod. Natur und Landschaft **40**:147-176.

Soivio A,Tahti H, Kristoffersson R (1968). Studies on the periodicity of hibernation in the hedgehog (Erinaceus europaeus L.). III Hibernation in a constant ambient temperature of – 5 °C. Ann. Zool. Fenn. **5**:224-226.

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.

Suomalainen P, Suvanto I (1953) Studies on the physiology of the hibernating hedgehog. The body temperature. Ann. Acad. Sci. Fenn., Ser. A IV**20**:3-20.

Superina M, Boily P (2007). Hibernation and daily torpor in an armadillo, the pichi (Zaedyus pichiy). Comp. Biochem. Physiol. A **148**:893-898.

Talmat N (2002). Bioécologie, régime alimentaire de quelques espèces animales et reproduction de Larus cachinnans dans la région de Tigzirt et Iflissen (Grande Kabylie). Thèse Ing. Agr., Inst. Nat. Agr., El Harrach, Algérie, 139 p.

Tempel R V an D en (1993). Vogelslachtoffers in het wegverkeer. Technisch Rapport 11, vogelbescherming Nederland, Driebergen.

Twente JW, Twente JA (1965). Regulation of hibernation periods by temperature. Proc. Atl. Acad. Sci. U.S.A. **54**:1058-1061.

Vieira Da Silva J (1979). Introduction à la théorie écologique. Editions Masson, Paris, 112 p.

Vignault MP (1994). Gestion des réserves au cours du cycle annuel chez un animal hibernant, le Hérisson (Erinaceus europaeus L.). Thèse de Doctorat d'Université, Univ. François Rabelais, Tours, France, 210 p.

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

Vogel P, Burgener M, Lardet JP, Genoud M, Frey H (1979). Influence de la température et de la nourriture disponible sur la torpeur chez la Musaraigne musette (Crocidura russula) en captivité. Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat. **356**:325-332.

Walhovd H (1973). Observations of hedgehogs (Erinaceus europaeus L.) during the winter of 1971/73. Flora of Fauna **79**:66-68.

Walhovd H (1975). Winter activity of danish hedgehogs in 1973/74, with information on the size of the animals observed and location of the recordings. Natura Jutlandica **18**:53-61.

Walhovd H (1979). Partial arousals from hibernation in hedgehogs in outdoor hibernacula. Oecologia **40**:141-153.

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

Wang LCH (1979). Time patterns and metabolic rates of natural torpor in the Richardson's ground squirrel. Can. J. Zool. **57**:149-155.

Wang LCH (1989). Ecological, physiological and biochemical aspects of torpor in mammals and birds. Pp. 361-401 in: Wang LCH (ed). Advances in Comparative and Environmental Physiology, vol. 4. Springer, Heidelberg.

Wang LCH (1993). Is endogenous opioids involved in hibernation? Pp. 297-304 in: Carey C, Florant GL, Wunder BA & Horwitz B (eds). Life in the cold: ecological, physiological and molecular mechanisms. Westview Press, Boulder.

Wang LCH, Hudson JW (1971). Temperature regulation in normothermic and hibernating eastern chipmunk, Tamias striatus. Comp. Biochem. Physiol. A **38**:59-90.

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

Weesie P, Belemsobgo U (1997). Les rapaces diurnes du ranch de gibiers de Nazinga (Burkina Faso): Liste commentée, analyse du peuplement et cadre biogéographique. Alauda **65**:263-278.

Willis JS (1982a). The mystery of the periodic arousal. Pp. 92-103 in: Lyman CP, Willis JS, Malan A & Wang LCH (eds). Hibernation and torpor in mammals. Academic Press, New York, London.

Willis JS (1982b). Intermediary metabolism in hibernation . Pp. 124-139 in: Lyman CP, Willis JS, Malan A & Wang LCH (eds). Hibernation and torpor in mammals. Academic Press, New York, London.

Wilz M, Heldmaier G (2000). Comparison of hibernation, estivation and daily torpor in the edible dormouse, Glis glis. J. Comp. Physiol. B **170**:511-521.

Wit LC, Twente JW (1983). Metabolic responses of hibernating golden mantled ground squirrels Citellus lateralis to lowered environmental temperatures. Comp. Biochem. Physiol. A**74**:823-827.

Wollnik F, Schmidt B (1995). Seasonal and daily rhythms of body temperature in the European hamster (Cricetus cricetus) under semi-natural conditions. J. Comp. Physiol. B **165**:171-182.

Wroot AJ (1984). European hedgehog Erinaceus europaeus L. Ph. D. Thesis, Univ. of London, Royaume Uni, 181 p.

Wunnenberg W, Kuhnen G, Laschefski-Sievens 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 Adaptations. Elsevier, New York.

Yalden DW (1976). The food of the hedgehog in England. Acta Theriol. **21**:401-424.

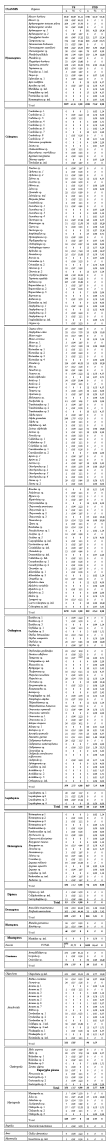
Yahner RH, Svendsen GE (1978). Effects of the circannual rhythm of the eastern chipmunk Tamias striatus. J. Mammal. **59**:109-117.

Zivadinovic D, Marjanivic M, Andjus RK (2005). Some components of hibernation rhythms. Ann. N. Y. Acad. Sci. **1048**:60-68.

ANNEXES

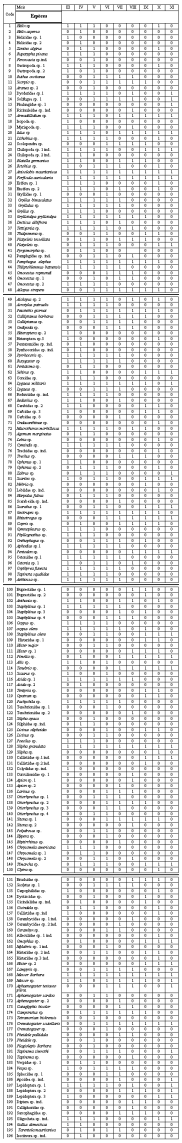
ANNEXE I

Répartition des proies (Classes, Ordres et Espèces) du Hérisson d'Algérie dans la vallée de la Soummam (VS) et dans le Parc National du Djurdjura (PND) en 2004. Nombre d'animaux (n), pourcentage (%) et fréquence d'occurrence (C).



ANNEXE II

Codes chiffrés pour les différentes espèces constituant le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie dans la vallée de la Soummam en fonction des mois.



ANNEXE III

Codes chiffrés pour les différentes espèces constituant le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie dans le Parc National du Djurdjura en fonction des mois.

Code	Mois **Espèces**	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	Gasteropoda sp. 3	1	1	0	0	0	0	1
2	Helicidae sp.	1	1	0	0	0	0	0
3	*Helix* sp.	1	1	1	0	0	1	1
4	Aranea sp. 1	0	1	1	1	1	1	1
5	Aranea sp. 3	0	0	0	0	1	0	0
6	Aranea sp. 4	0	0	0	0	1	0	0
7	Aranea sp. 5	0	0	0	1	1	0	0
8	Aranea sp. 6	0	0	0	1	0	0	0
9	Aranea sp. 7	0	1	0	1	1	1	0
10	Dysderidae sp. 1	0	0	0	0	1	0	0
11	Dysderidae sp. 2	0	0	0	0	1	1	0
12	Dysderidae sp. 3	0	0	0	0	1	0	0
13	*Bibibia* sp.	0	0	0	1	1	0	0
14	Phalangida sp. 1	0	1	1	1	1	1	0
15	Phalangida sp. 2	0	1	0	1	1	0	0
16	*Buthus occitanus*	0	0	1	1	1	1	1
17	Solifugea sp. 2	0	1	0	1	1	1	0
18	Oniscidae sp.	1	1	1	1	1	1	1
19	*Iulus* sp.	1	1	1	0	0	1	1
20	Chilpodea sp. 1	1	1	0	0	1	1	0
21	Chilpodea sp. 3	0	0	0	1	1	1	0
22	*Anisolabis mauritanicus*	1	1	1	1	1	1	1
23	*Forficula auricularia*	1	1	1	1	1	1	1
24	Mantidae sp. ind.	0	0	1	1	1	0	0
25	Orthoptera sp. ind.	1	1	1	0	0	0	0
26	Ensifera sp. 3	0	1	1	1	0	0	0
27	Tettigonidae sp. ind.	0	1	1	0	1	0	0
28	*Tettigonia* sp.	0	1	1	1	0	1	1
29	*Rhacocleis* sp.	1	1	1	0	0	1	0
30	*Ephippiger* sp.	0	0	1	1	1	1	0
31	*Platycleis* sp.	0	0	1	1	1	1	0
32	*Uromenus* sp.	0	1	1	1	0	1	1
33	Gryllidae sp.2	1	1	0	0	0	0	0
34	*Gryllus campestris*	0	0	1	1	1	1	0
35	*Gryllulus* sp.	0	1	1	1	1	1	0
36	Caelifère sp. ind.	0	0	0	1	1	0	1
37	*Thliptoblemmus* sp.	0	1	0	1	1	1	0
38	*Omocestus ventralis*	0	0	1	1	1	1	0
39	*Omocestus raymondi*	0	1	0	0	0	1	1
40	*Aiolopus* sp. 1	1	1	1	1	0	0	0
41	*Aiolopus* sp. 2	0	0	1	1	1	1	0
42	*Oedipoda caerulescens sulferesance*	0	0	0	1	1	1	0
43	*Oedipoda* sp.	0	0	1	1	1	1	0
44	*Acrotylus patruelis*	1	1	1	1	1	0	0
45	*Thalpomena* sp.	1	1	1	0	0	1	0
46	*Sphingonotus* sp.	0	0	0	0	1	1	1
47	*Pyrgomorpha* sp.	0	0	1	1	1	0	0
48	*Ocneridia* sp.	0	0	1	1	1	1	0
49	*Euryparyphes* sp.	0	1	1	1	0	0	0
50	*Acinipe* sp.	0	1	1	1		0	0
51	*Pezotettix giornai*	1	1	1	1	1	1	1
52	*Calliptamus wattenwylianus*	0	0	0	1	1	0	0
53	*Calliptamus* sp.	1	1	1	1	1	1	1
54	Acrididae sp. 1	0	0	0	0	0	0	1
55	Acrididae sp. 2	0	0	0	0	0	1	1
56	Acrididae sp. 3	0	0	0	0	0	1	0
57	Pamphagidae sp. ind.	0	1	1	0	0	1	1
58	*Carpocoris fuscispinus*	1	1	1	1	0	0	0
59	*Eurygaster maurus*	1	0	1	0	0	0	0
60	*Eurygaster* sp.	1	1	1	0	0	0	0
61	*Strachia* sp.	1	1	1	0	0	0	0
62	*Lygaeus equestris*	1	1	1	1	1	0	0
63	Lygeidae sp. ind.	1	1	0	0	0	0	0
64	Heteroptera sp. 1	1	0	1	0	0	0	0
65	Heteroptera sp. 4	1	1	0	0	0	0	0
66	Coleoptera sp. ind.	1	1	0	0	0	1	0
67	Carabidae sp. 1	1	0	1	0	0	0	0
68	Carabidae sp. 2	1	1	0	1	0	0	1
69	Carabidae sp. 4	1	0	0	0	1	0	0
70	Carabidae sp. 5	0	0	0	1	0	1	0
71	Carabidae sp. 6	0	0	0	0	0	0	1
72	Carabidae sp. 7	0	0	0	1	1	0	0
73	*Calosoma sycophanta*	0	0	0	1	1	1	0
74	Carabidae sp. 9	0	1	1	0	1	1	1
75	*Leistus* sp.	1	0	0	0	0	0	0
76	*Nebria* sp.	1	0	1	1	1	0	0
77	*Lebia* sp.	0	1	1	1	1	1	0
78	*Ditomus capito*	1	1	1	0	0	0	0
79	*Licinus silphoides*	1	1	1	1	0	1	0
80	*Licinus* sp.	1	1	1	0	0	1	0
81	*Zabrus* sp.	1	1	0	1	0	1	0
82	Staphylinidae sp. ind.	1	1	0	0	0	0	0
83	*Staphylinus olens*	1	1	0	1	1	1	1
84	Staphylinus sp. 1	0	0	0	0	0	1	1
85	Staphylinus sp. 2	0	0	0	0	0	1	1
86	Histeridae sp. 4	0	1	1	1	1	0	0
87	*Hister corvinus*	1	1	1	1	0	0	1
88	Hister sp. 2	1	1	1	0	0	0	0
89	Dermestidae sp. ind.	0	0	0	1	1	1	0
90	Scarabeus sp. 2	1	1	1	0	0	0	0
91	Scarabeus sp. 3	0	0	0	0	0	0	1
92	Scarabeus sp. 4	0	1	0	0	0	0	0
93	*Onthophagus taurus*	1	1	0	1	1	1	1
94	*Onthophagus* sp.	1	1	1	1	0	1	0
95	*Geotrupes* sp.	1	1	1	1	0	1	1
96	*Pentodon* sp.	1	1	1	1	0	1	0
97	*Phyllognathus* sp.		0	1	1	0	0	1
98	*Aphodius* sp.	1	1	1	0	0	0	1
99	*Rhizotrogus* sp.	1	1	1	1	0	0	0
100	*Anoxia* sp.	1	1	0	0	0	1	1
101	*Copris* sp.	1	1	1	1	0	0	0
102	*Geotrogus* sp.	1	1	1	1	0	1	0
103	*Amphimallon* sp.	0	1	1	1	1	0	0
104	Cetonidae sp. 2	1	1	1	1	0	1	0
105	*Cetonia* sp. 2	1	1	1	1	0	1	0
106	Buprestidae sp. 3	0	0	1	1	1	0	0
107	*Anthaxia* sp.	0	0	1	1	1	1	0
108	*Bupreste* sp.	0	0	1	1	1	0	0
109	Elateridae sp. ind.	1	1	1	0	0	0	1
110	Tenebrionidae sp. 3	0	0	1	0	1	0	0
111	*Pimelia* sp.	1	1	1	0	0	0	1
112	*Tentyria* sp.	1	1	0	1	1	0	0
113	*Opatrum* sp.	1	1	1	1	1	1	0
114	*Scaurus* sp.	1	1	1	1	1	0	0
115	*Asida silphoides*	1	1	1	0	0	1	1
115	*Asida silphoides*	1	1	1	0	0	1	1
116	*Asida* sp. 3	1	1	1	1	0	0	0
117	*Pachychila* sp.	0	0	1	1	1	0	0
118	Alleuculidae sp. 2	1	1	0	0	0	0	0
119	*Heliotaurus* sp.	0	1	1	0	0	1	1
120	*Meloe* sp.	0	1	1	1	0	0	1
121	*Mylabris oleae*	0	1	1	1	0	1	1
122	*Mylabris variabilis*	1	1	1	0	0	0	0
123	*Mylabris* sp.	1	0	1	1	1	0	0
124	Chrysomelidae sp. ind.	1	1	1	1	1	0	0
125	*Timarcha* sp.	1	1	1	1	1	1	1
126	*Chrysomela* sp.3	1	1	1	1	1	0	0
127	Curculionidae sp. 2	0	0	1	1	1	0	0
128	*Bruchus* sp.	0	0	0	1	1	1	0
129	*Otiorhynchus* sp. 1	0	1	1	1	1	1	0
130	*Sitona* sp. 1	0	1	1	1	1	0	0
131	*Larinus* sp.	1	1	1	1	0	1	1
132	*Pseudocleonus* sp.	1	0	0	0	0	0	1
133	*Scolytus* sp. 2	0	0	1	1	1	1	0
134	Larve Coleoptera sp. ind.	1	1	0	1	0	1	1
135	Hymenoptera sp. ind.	1	1	1	1	1	0	0
136	Formicidae sp. ind.	0	0	0	1	1	0	0
137	*Messor barbara*	1	1	1	1	1	1	1
138	*Camponotus* sp.	1	1	1	1	1	1	1
139	*Aphaenogaster* sp. 1	1	1	1	1	1	1	1
140	*Tapinoma simrothi*	1	1	1	1	1	1	1
141	*Crematogaster scutellaris*	1	1	1	1	1	1	1
142	*Crematogaster* sp.	0	1	1	1	1	0	0
143	*Pheidole pallidula*	0	1	1	1	1	0	0
144	*Cataglyphis bicolor*	1	1	1	1	1	1	1
145	*Vespa* sp.	1	1	1	0	1	0	0
146	Apoidea sp. ind.	1	1	1	1	1	0	0
147	*Apis mellifera*	0	1	1	1	1	0	0
148	Mutillidae sp. ind.	1	1	0	1	1	1	0
149	Pompilidae sp. ind.	0	0	0	1	1	1	1
150	Lepidoptera sp. 4	0	1	0	0	0	1	1
151	Oligocheta sp. ind.		1	1	0	0	1	1

ANNEXE IV

LISTE DES PUBLICATIONS ET DES COMMUNICATIONS

Revues avec comité de lécture

Mouhoub-Sayah C, Robin J-P, Pévet P, Moneke S, Doumandji S & Saboureau M (2009) – Road mortality of the Algerian Hedgehog (*Atelerix algirus*) in the Soummam valley (Algeria). *Rev. Ecol. (Terre et Vie)* **64**:145-156.

Mouhoub-Sayah C, Robin J-P, Malan A, Pévet P & Saboureau M (2008) – Patterns of body temperature change in the Algerian Hedgehog (*Atelerix algirus*) during autumn and winter. In: *H ypometabolism in animals: hibernation, torpor and cryobiology. 13* *th*

International Hibernation Symposium. Lovegrove B.G. and McKechnie A.E. (eds), University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg, pp. 307-316.

Communications dans des congrès nationaux ou internationaux

Mouhoub-Sayah C, Robin J-P, Pévet P & Saboureau M (2009) – Hibernation in the Algerian Hedgehog (*Atelerix algirus*) during autumn and winter. XI. Congress of the European Biological Rhythms Society, *in association* with the Japanese Society for Chronobiology, Strasbourg, France – August 22-28, 2009. (Communication affichée, P10-16).

Mouhoub-Sayah C, Robin J-P, Malan A, Pévet P & Saboureau M (2008) – Patterns of body temperature change in the Algerian Hedgehog (*Atelerix algirus*) during autumn and winter. 13 th International Hibernation Symposium, Swakopmund, Namibia, August 6-12,2008. (Communication orale).

Mouhoub-Sayah C , Robin J-P, Ciocca D, Pévet P & Saboureau M (2006) - Etude des variations de la température corporelle du Hérisson d'Algérie au cours de l'automne et de l'hiver. Rencontres Méditerranéennes d'Ecologie, Béjaia, Algérie, 7-9 novembre 2006. (Communication orale).

Mouhoub-Sayah C (2005) - Diversité des disponibilités alimentaires du Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) dans la région de Béjaia. 1 er Séminaire International sur l'environnement et ses problèmes connexes, Béjaia, 5-7 juin 2005. (Communication affichée).

Mouhoub-Sayah C, Doumandji S (2003) - Importance de la fourmi moissonneuse (*Messor barbara*) dans le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) dans une zone agricole (Bouira). Journées d'Information sur l'Entomologie, Université de Béjaia, 28 et 29 avril 2003. (Communication orale).

Naite-Chabane S , Cherrat W, Mouhoub-Sayah C (2000) - Etude de l'entomofaune et estimation des dégâts dus à *Euphylluria olivina* et *Bactocera olea* dans une oliveraie de Sidi Ayad (Ssidi Aich). IV èmes Journées d'Entomologie, INA El Harrach, 17 avril 2000. (Communication orale).

Mouhoub-Sayah C (1998) - Place des Insectes dans le régime alimentaire du Hérisson d'Algérie (*Erinaceus algirus*) dans le Parc National du Djurdjura. 4 èmes Journées des Sciences de la Nature, Université de Béjaia, 2 et 3 Juin 1998. (Communication orale).