

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun -Tiaret-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie



THÈSE

Présentée en vue de l'obtention de diplôme de Doctorat en Biologie

Spécialité : "Ecologie et préservation des écosystèmes terrestres"

Par Hibat-Ellah Loumassine

Ecologie des Chiroptères dans quelques biotopes en Algérie occidentale

Soutenue le 22/02/2018

Membre du Jury:

M. NIAR A.	Professeur, U. Tiaret	Président
M. BOUNACEUR F.	Professeur, U. Tiaret	Directeur de thèse
M. AULAGNIER S.	Professeur, U. Toulouse	Co-directeur de thèse
Mme. KHEMMAR F.	Professeur, USTHB Alger	Examinatrice
Mme. BENCHAIB F.	Professeur, U. Tiaret	Examinatrice
M. MOSTEFAI M.	Professeur, U. Tlemcen	Examineur

Année universitaire: 2017-2018

Une partie de cette thèse a été financée par un Projet Mobilité Erasmus + 2016/2017. (Université de Lleida, Espagne et Institut National de la Recherche Agronomique ? Toulouse, France).

A V A N T P R O P O S

La seule façon de surmonter une épreuve, c'est de l'affronter. C'est inévitable.

L'ancien Cygne-Noir-Royal



R e m e r c i e m e n t s

La thèse, un réel cap à passer je crois. Une leçon ou un condensé de vie qui ne relève pas juste du travail. Oh non ! c'est ce que j'ai cru au début mais, je me suis bien trompée ! On se retrouve vite pris au jeu et tout se retrouve mêlé : le travail, les émotions, les relations ici et là, Bref !! On se dit que c'est la partie « no souci » de la rédaction du manuscrit de thèse. Ah que non ! On se retrouve face à cette habituelle feuille blanche devenue presque une copine et là, à ce moment présent, toutes ces années passées défilent devant nous. Ça sent le bilan. Un peu de nostalgie aussi (quoique si on repense à la rédaction du manuscrit...). On se dit que tout cela va nous manquer... Mais enfin, trêve de blues, il reste encore pas mal de moments rock'n roll, sans parler de la soutenance de thèse. Je ne suis pas encore partie !

Ces quelques pages qui seront à n'en point douter les plus lues. Trois ans de lutte sans relâche (enfin pas trop), de galère et de joie (sisi, ça arrive) au vue de mon avancement et des résultats pour que les gens n'ouvrent ce manuscrit que pour les remerciements. Il y a un petit peu de pression alors... Je vais tâcher de n'oublier personne mais, dans ce (très) long moment de fatigue, rien n'est moins sûr, alors veuillez m'excuser.

*Je voudrais donc commencer ces remerciements par les deux acteurs sans qui toute cette belle aventure n'aurait pas eu lieu. Un immense merci à **Farid Bounaceur** et **Stéphane Aulagnier** pour , m'avoir laissé la liberté de partir sur la piste des demoiselles de la nuit à travers les vastes territoires d'Algérie. J'espère que ce modeste travail sera à la hauteur de votre confiance, de votre soutien et de votre aide sans faille au cours de ces trois dernières années...*

*Parce que le terrain est essentiel pour moi, je tiens à remercier **Benjamin** pour l'avant, l'après... sans tes conseils et petits cours du soir y'aurait-il eu autre chose que des moyennes dans ce manuscrit ? ... pas sure !!!*

Je tiens à exprimer mes vives gratitude s à Mr Niar Abdellatif, Professeur à l'université de Tiaret, qui m'a fait l'honneur de présider le jury, Mme Khammar Farida, Professeur à l'université des Sciences Technologiques Houari Boumediene (USTHB-Bab Ezzouar) d'Alger, Mme Ben Chaib Fatima, Professeur à l'université de Tiaret et Mr Mostefai Noureddine, Professeur à l'université de Tlemcen d'avoir accepté d'examiner mon travail. Qu'ils veillent bien croire en mes sentiments respectueux.

Je remercie vivement Mme Faiza Marniche, pour son accueil au Laboratoire de zoologie de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger et son aide précieuse.

Merci de tout cœur à toutes ces personnes qui ont partagé des bouts de thèse avec moi que ce soit de près ou de loin. Je ne serai pas en train de remplir ces pages sans vous. Tout cela me fait penser aux marins du désert. Merci à vous tous !!

A toi Moussa !... un frère qui m'a soutenu et supporté durant tout mon terrain, grâce à toi Bechar est devenue ma deuxième maison, je ne pourrai pas penser à toi et ne pas me rappeler de Hibaaaaaaaaaaaaa (chuuuuut je dis rien t'inquiètes...), merci à ta famille qui m'a ouvert grand ses portes votre bonté et votre accueil resteront à jamais gravés dans mon cœur !

Hmimou (El Baraka) comment puis-je oublier tes expressions... ?! merci pour ton écoute, ta disponibilité et tes conseils avisés.

Mes vives reconnaissances à Rachid Djoumi, Sabrina, Fatima, le maire et la brigade de gendarmerie de Boukais ainsi que tous ses habitants, sans votre aide ce travail n'aurait pas vu le jour (pas toujours facile d'accéder à une zone frontalière surtout quand c'est le Maroc !!!), même si ça été dure parfois mais j'y ai passé les plus belles années de ma vie... !!

A vous les habitants de Taghit; Salima, Mebarka, Ben aissa, Abdel Ali, Mbarek et Mbarka, merci de m'avoir ouvert vos maisons et vos cœurs !

*c'est toujours pas évident de penser à mes travaux de recherches (ingeniorat-
master et doctorat) et ne pas me rappeler de toi **Zahia** et toute la famille
Kerroumi, grâce à vous Timimoun est devenue mon âme, même si la vie vous
est difficile vous la viviez si simplement, merci à vous de m'avoir appris la
résistance, la simplicité et à quoi ressembler le vrai bonheur...*

*Je tiens à remercier la Conservation des forêts de la wilaya de Tiaret,
particulièrement **Mihoub Noureddine**, **Rachid Hachemi**, et tous les membres
d'association des chasseurs de la Wilaya. Je remercie vivement **Boualem
Dellaoui** et sa famille, **Menad Beddek**, **Olivier Peyre**, **Kheira Kessar**, **Brahim
et Hichem Babou**, de m'avoir aider lors des sorties sur terrain.*

***Dyhia**, pour nos pérégrinations en bus, en train ou en avion, pour toutes
nos discussions distractives ou instructives, et ton soutien logistique
irréprochable.*

***Farid**, pour ton, soutien, ta présence mais aussi et surtout pour tous les
moments off à Beni Abbes (merci d'avoir endommager mon bracelet...) et
Boukais.*

***Hassiba**, pour ton soutien depuis toujours et pour tout le reste, nos
inoubliables conversations originelles (je garde toujours tes dessins...), et
surtout pour ton amitié.*

***Mohammed**, pour tes conseils, avis et encouragements, merci de
m'avoir épaulé sans faille tout au long de ces trois années, mon meilleur ami....*

*A ceux qui ont élaborer en moi le terreau propice à ce manuscrit, je
souhaite remercier **Mr Ait Hammou Mohamed**, **Mr Maatoug M'hammed**, **Mr
Abdelhamid Djamel** et tous mes enseignants de la faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie (Tiaret) pour avoir renforcé mon goût pour l'écologie
animale.*

*Mes remerciements les plus sincères à toi **Delfi** de m'avoir ouvert les
portes de ton laboratoire et toute l'équipe du laboratoire d'el Fauna Sylvestre
(ETSEA) de l'université de Lérida-Catalogne. Je ne pourrai pas penser à mon*

*séjour en Espagne et ne pas penser à toi **Joan**, ta bonté et ton soutien, merci d'être cet ami sur lequel on peut toujours compter !!!*

*Et puis, à côté de cette thèse (ou tout autour plus exactement) il y a eu le soutien sans faille du fond du cœur dans les moments de doute, de choix et de fatigues d'une personne sans qui l'obtention d'une (de cette) thèse ne serait rien qu'une amère frustration ou une douce utopie. Merci à toi **Maman** qui depuis de nombreuses années, non contente de me soutenir, m'a toujours encouragée, poussée, remotivée et même plus... Cette thèse est le fruit de tes innombrables attentions et sacrifices.*

Sur ces belles paroles, j'arrête, il faut dire stop à un moment donné. Bonne lecture à tous ceux qui auront le courage de lire cette thèse et à très vite !.

Résumé

La présente contribution a permis d'éclaircir plusieurs éléments originaux sur la répartition et l'écologie des Chiroptères. Ce travail a apporté la présence inédite de *Rhinopoma microphyllum* en Algérie, la première contribution à l'identification des cris d'écholocation des chauves-souris d'Algérie, la mise en évidence de l'influence des étages bioclimatiques sur les peuplements de ces espèces dans l'ouest algérien et des habitats utilisés par les Chiroptères dans un environnement aride. Il a aussi permis d'aborder les stratégies adaptatives des espèces sahariennes à travers l'étude des variations saisonnières du régime alimentaire d'*Asellia tridens* dans le Sahara central.

L'inventaire des chauves-souris par la recherche de gîtes, la capture au filet et la détection ultrasonore dans les différents biotopes prospectés a permis de recenser 15 espèces (10 par capture, 15 par détection ultrasonore). Ce premier travail d'identification acoustique des espèces de Chiroptères d'Algérie a permis de mettre en évidence des particularités acoustiques qui offrent des possibilités de détermination de chaque espèce de chauves-souris sur le terrain.

Nos suivis acoustiques menés à Tiaret et Bechar confirment la pauvreté des Hauts Plateaux en Chiroptères avec seulement 7 espèces (25% du peuplement algérien) et une activité réduite, au moins une partie de l'année. En décembre et janvier, aucune activité n'a été enregistrée, les basses températures induisant l'hibernation.

Avec une richesse spécifique de 11 espèces à Bechar (40% du peuplement algérien), les Chiroptères ont été considérablement actifs durant la période d'étude avec deux pics d'activité au printemps et en automne. Le premier pic vers la fin avril coïncide avec la période de gestation. Après une activité assez faible en août, le deuxième pic en octobre pourrait être lié à la période des accouplements, mais assurément au stockage de réserves après un été sec et chaud. Les grosses chaleurs de l'Atlas saharien semblent induire une léthargie estivale suite aux températures élevées. L'oasis, les points d'eau et l'éclairage urbain concentrent l'activité des Chiroptères.

L'examen des restes de proies dans le guano a permis de classer le Trident du désert parmi les prédateurs généralistes et opportunistes. En effet les variations saisonnières du régime alimentaire d'*Asellia tridens* dans le Sahara central sont le reflet d'une chasse opportuniste même si le Trident du désert consomme principalement de grosses proies terrestres, Coléoptères et Orthoptères.

Mots clés : Chiroptères, Algérie, Tiaret, Bechar, identification acoustique, étage bioclimatique, zones arides, Sahara central.

Abstract

This contribution has clarified several original characteristics of bats. We report the first record of *Rhinopoma microphyllum* in Algeria. The echolocation calls of the Algerian bat fauna were recorded for the first time. The influence of bioclimatic stages and habitats used by bats in arid environments of western Algeria are highlighted. It also addressed the adaptive strategy of Saharan species through the study of seasonal variations of the diet of *Asellia tridens* in central Sahara.

The monitoring of bats by searching for roosts, and using both mist-netting and ultrasonic detection in different habitats allowed us to identify 15 species (10 by mist-netting ; 15 by ultrasonic detection). The acoustic analysis of the Algerian bat species revealed regional peculiarities which facilitate the identification of bat species in the field.

The acoustic monitoring conducted in Tiaret and Bechar regions confirm the poverty of the high plateaux for bats. with only 7 species (25% of the Algerian settlement) and a low activity, at least part of the year. In December and January, no activity was recorded, low temperatures inducing hibernation.

With 11 species in Bechar regions (40% of the Algerian settlement), bats were considerably active during the study period with two peaks of activity in spring and autumn. The first peak at the end of April coincides with pregnancy time. After a fairly weak activity in August due to a possible summer torpor due to high temperatures, the second peak in October could coincide with the mating period, but was certainly the time for bats to store reserves after a dry and hot summer. Oasis, water bodies and urban lights concentrated the activity of bats.

The analysis of prey remains in feces classified *Asellia tridens* among generalist and opportunistic predators. Seasonal variations of the diet of *Asellia tridens* in the Sahara are overcome by an opportunistic diet even if this species mainly hunts large terrestrial prey, Coleoptera and Orthoptera.

Key words: Chiroptera, Algeria, Tiaret, Bechar, acoustic identification, bioclimatic stage, arid zones, central Sahara.

TABLE

Des Matières

AVANT PROPOS

REMERCIEMENTS

RESUME

ABSTRACT

INTRODUCTION GENERALE

1. Le contexte scientifique	1
1.1. Enjeux et problématique de la thèse	1
1.2. Bioécologie des Chiroptères	3
1.3. Les chauves-souris en Algérie	6
1.4. Des méthodes d'observation en constante évolution	8

CHAPITRE I.

INVENTAIRE ET BIOMETRIE DES ESPECES DE CHIROPTERES DANS QUELQUES BIOTOPES EN ALGERIE OCCIDENTALE

1.1. Introduction	10
1.2. Matériel et méthodes	11
1.3. Résultats	14
1.3.1. Inventaire des Chiroptères	14
1.3.1.1. Hipposideridae	14
1.3.1.2. Rhinolophidae	15
1.3.1.3. Rhinopomatidae	15
1.3.1.4. Miniopteridae	16
1.3.1.5. Vespertilionidae	16
1.4. Discussion	20
1.5. Conclusion	24
1.6. Références bibliographiques	25

CHAPITRE II.

IDENTIFICATION DES CRIS D'ECHOLOCATION DES ESPECES DE CHIROPTERES EN ALGERIE

2.1. Introduction	29
2.2. Matériel et méthodes	29
2.3. Résultats	31
2.3.1. Groupe 1 : <i>Asellia</i> et <i>Rhinolophus</i>	31

2.3.2. Groupe 2 : <i>Rhinopoma</i> et <i>Tadarida</i>	34
2.3.3. Groupe 3 : <i>Otonycteris</i>	35
2.3.4. Groupe 4 : <i>Miniopterus</i> , <i>Eptesicus</i> , <i>Hypsugo</i> , <i>Pipistrellus</i> et <i>Vansonia</i>	36
2.4. Discussion	43
2.5. Conclusion	46
2.6. Références bibliographiques	47

CHAPITRE III.

INFLUENCE DE L'ETAGE BIOCLIMATIQUE SUR LE PEUPEMENT DE CHIROPTERES

3.1. Introduction	51
3.2. Matériel et méthodes	52
3.2.1. Indices d'activité et de diversité faunistique	54
3.2.2. Analyses statistiques	56
3.3. Résultats	56
3.3.1. Communautés régionales de chauves-souris	56
3.3.2. Comparaison des peuplements de Chiroptères	58
3.3.3. Analyses indicielles	59
3.3.4. Comparaisons mensuelles de l'activité des Chiroptères	60
3.4. Discussion	64
3.5. Conclusion	67
3.6. Références bibliographiques	68

CHAPITRE IV.

INFLUENCE DU MILIEU SUR L'ACTIVITE DES CHIROPTERES EN ZONES ARIDES

4.1. Introduction	75
4.2. Matériel et Méthodes	75
4.2.1. Analyses statistiques	76
4.3. Résultats	78
4.3.1. Activité des Chiroptères dans la région de Bechar	78
4.3.2. Communautés de Chiroptères de la région de Bechar	81
4.4. Discussion	83
4.4.1. Variations spatiales et temporelles de l'activité des Chiroptères	83
4.4.3. Répartition spatiale et temporelle des espèces	85
4.5. Conclusion	89
4.6. Références bibliographiques	90

CHAPITRE V.

VARIATIONS SAISONNIERES DU REGIME ALIMENTAIRE D'*ASELLIA TRIDENS* AU SAHARA

5.1. Introduction	100
5.2. Matériel et méthodes	101
5.2.1. Zone d'étude	101
5.2.2. Méthodes	102
5.3. Résultats	103
5.3.1. Régime annuel d' <i>Asellia tridens</i>	103
5.3.2. Variations saisonnières du régime alimentaire d' <i>Asellia tridens</i>	103
5.4. Discussion	108
5.5. Conclusion	112
5.6. Références bibliographiques	113
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	118
BIBLIOGRAPHIE GENERALE	124
COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS	

INTRODUCTION GENERALE

Contexte, Enjeux et Problématique

1. Le contexte scientifique

1.1. Enjeux et problématique de la thèse

Déterminer les causes de la distribution et de l'abondance des organismes est une question majeure et ancienne en écologie (Krebs, 1978). Longtemps, les études ont décrit et tenté d'expliquer les variations à large échelle (Andrewartha & Birch, 1954 ; Darlington, 1957). De nos jours, si les patrons de variation latitudinaux de la richesse et de la diversité sont bien décrits, l'identification des mécanismes sous-jacents fait encore largement débat et reste une question centrale de l'écologie (Clarke & Gaston, 2006 ; Ferger *et al.*, 2014).

Les chauves-souris sont des candidats idéaux en tant qu'indicateurs de la qualité des habitats. Leur répartition mondiale et les services écosystémiques essentiels qu'elles fournissent les qualifient comme de bons modèles qui pourront être extrapolés à l'ensemble de la biodiversité en raison de leurs caractéristiques biologiques et de leur sensibilité aux changements globaux (Jones *et al.*, 2009).

Au cours des dernières décennies du vingtième siècle, presque toutes les espèces de Chiroptères ont subi un sévère déclin en termes de densité de population et de répartition géographique (Kunz & Fenton, 2005 ; Dietz *et al.*, 2013). Une importante proportion des espèces de Chiroptères présente désormais des statuts de conservation défavorables (IUCN Red list, 2012). Le déclin des populations de Chiroptères résulterait de différents facteurs tels que les changements climatiques, la transformation et la perte d'habitats favorables, les modifications et l'intensification des pratiques agricoles et sylvicoles conduisant à une diminution de la diversité et de l'abondance des ressources (Sattler *et al.*, 2007 ; Kerth & Melber, 2009 ; Mehr *et al.*, 2011).

Mieux connaître les exigences écologiques des Chiroptères et leurs modes de sélection d'habitat, à différentes échelles, permettrait de mieux comprendre leur rôle fonctionnel et surtout d'élaborer des stratégies de conservation pertinentes (Ashrafi *et al.*, 2013). Par ailleurs, les stratégies de conservation à l'échelle d'une région ou d'un pays reposent sur une bonne connaissance de la distribution des espèces, de leur rareté et des menaces qui pèsent sur elles. Ces connaissances de base, préalables à la prise de décisions reposent sur des référentiels taxonomiques décisifs pour l'évaluation dans toute expertise en matière de biodiversité et à la répartition de l'effort de

conservation à l'échelle des pays ou des régions.. L'identification des processus et des effets des structures clés, dans les patrons de distribution des espèces, devrait permettre de mesurer la biodiversité sur les communautés de Chiroptères et d'en déduire les enjeux pour la conservation des espèces et le maintien de services écosystémiques.

En termes de conservation, toutes les espèces de chauves-souris sont strictement protégées en Europe. Toutes sont inscrites à l'annexe II de la Convention de Berne (accord international fixant les règles de la conservation des espèces sauvages de la faune et de la flore d'Europe et leurs habitats naturels, adoptée à Berne le 19 septembre 1979, entrée en vigueur le 6 juin 1982), à l'exception de la Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus* qui figure à l'annexe III. De plus, toutes les espèces de chauves-souris européennes et la population africaine de Minioptère de Schreibers *Miniopterus schreibersii* sont protégées par la Convention de Bonn (accord international sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage, signée à Bonn le 23 juin 1979, entrée en vigueur le 1^{er} novembre 1983). Par la suite, plusieurs états européens ont adhéré à l'Accord relatif à la Conservation des Populations de Chauves-souris d'Europe (Eurobats, accord international signé à Londres le 4 décembre 1991, entré en vigueur le 16 janvier 1994) qui a pour objectif de protéger toutes les espèces de chauves-souris présentes en Europe par une législation appropriée, des mesures de protection adéquates et la sensibilisation du public. De plus, la Directive "Habitats-Faune-Flore" (Directive n°92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages) impose à tous les membres de l'Union Européenne un suivi régulier des populations de chauves-souris assuré par de nombreux organismes et associations pour l'étude et la protection des chauves-souris, par exemple : Bat Conservation Trust, Groupe Chiroptères de la Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFEPM), Sociedad Española para la Conservación y el Estudio de los Murciélagos (SECEMU), Gruppo Italiano Ricerca Chiroteri (GIRC),...

En Algérie, toutes les espèces de chauves-souris sont protégées au titre du décret exécutif n° 12-235 du 24 mai 2012 fixant la liste des espèces animales non domestiques protégées. Elles sont représentées par 26 espèces appartenant à 7 familles dont la majorité est considérée comme vulnérable dans de nombreux pays du

monde et sont inscrites sur la liste rouge des espèces menacées de l'U.I.C.N. (Union Internationale pour la Conservation de la Nature et de ses ressources). Cependant une évaluation de leur statut national s'impose en vue d'une meilleure gestion durable.

Mais, le déficit criant en matière de connaissances rend nécessaire des études dédiées. Des questions de base restent encore sans réponse. Quelles sont les critères d'identification des chauves-souris algériennes ? Comment sont distribués les peuplements de Chiroptères en Algérie ? Quelle est l'influence des différents milieux sur leur activité ? Quels enjeux particuliers présentent les espèces sahariennes et enfin quelles sont les stratégies de conservations à adopter ? Afin de répondre à toutes ces questions, nous avons proposé la présente étude sur les peuplements de Chiroptères en zones semi-aride et aride en Algérie occidentale.

Cette thèse débute par une introduction qui permet de situer le contexte scientifique et les enjeux. Elle reprend les notions d'acoustique et de détermination des Chiroptères qui sont utilisées pour inventorier les chauves-souris et évaluer leur activité pour aboutir à une présentation de la problématique.

Les chapitres qui suivent présentent les résultats rédigés sous forme d'articles scientifiques. Le premier chapitre est consacré à l'inventaire et la biométrie des Chiroptères capturés dans quelques biotopes en Algérie occidentale. Le second chapitre présente l'acquisition des données de base de ce travail avec les caractéristiques des émissions ultrasonores des chauves-souris utilisées pour identifier les différentes espèces. Le troisième chapitre développe l'influence de l'étage bioclimatique sur le peuplement chiroptérologique. Le quatrième chapitre est consacré à l'influence du milieu sur l'activité des Chiroptères en zone aride. Les variations saisonnières du régime alimentaire d'*Aseilia tridens* au Sahara sont évoquées dans le cinquième chapitre. Enfin, une conclusion générale regroupe les perspectives attendues et des premiers éléments de conservation.

1.2. Bioécologie des Chiroptères

Les Chiroptères constituent l'un des plus anciens ordres de Mammifères, particulièrement remarquables par la diversité de leur biologie, de leurs mœurs et des habitats qu'ils occupent, ce qui leur a permis de conquérir tous les écosystèmes à l'exception des régions polaires (Simmons, 2005 ; Altringham, 2011 ; Fenton &

Simmons, 2014). Avec plus de 1200 espèces à travers le monde les Chiroptères sont, après les Rongeurs, le second ordre de Mammifères en termes de diversité spécifique (Stevens *et al.*, 2006). Seules 38 espèces ont été recensées en Afrique du Nord, dont 26 sont présentes en Algérie (Ahmim, 2017 ; Loumassine *et al.*, 2017).

Fuyant la lumière, particulièrement discrètes, les chauves-souris sont relativement difficiles à étudier. Certaines passent les trois quart de leur vie logées dans des fissures inaccessibles et toutes ne sont actives que la nuit. Elles logent en journée dans des endroits sombres, généralement dans des fissures de parois rocheuses, de falaises ou de vieux murs, des arbres creux, des cavités souterraines (grottes, caves et anciennes mines) et dans les recoins des bâtiments (Dietz *et al.*, 2009).

De nombreuses chauves-souris utilisent l'écholocation pour l'orientation et la détection de proies (Pierce & Griffin, 1938 ; Schnitzler *et al.*, 2003). Ce système leur permet de chasser en pleine nuit, en se dirigeant uniquement grâce aux échos de leurs cris. Tout en volant, elles sont ainsi capables non seulement d'éviter un éventuel obstacle, mais aussi de détecter, d'identifier, de localiser et de capturer des insectes volant aux alentours. Elles peuvent même reconnaître à leur seule forme des objets inanimés, en dépit des nombreux autres échos renvoyés par le milieu environnant (Dietz *et al.*, 2009).

L'écholocation des Chiroptères est simple, du moins en théorie. Elle ressemble au radar mais utilise des ondes sonores au lieu de radiations électromagnétiques. Une combinaison émetteur-récepteur produit de courtes impulsions sonores qui peuvent être envoyées par l'émetteur et enregistrées par le récepteur comme un retour d'écho. Elle consiste à émettre des sons par la bouche (cris) ou par les narines (sifflements) et à interpréter l'écho qui s'en retourne pour percevoir leur environnement proche (proies, obstacles...) (Fenton *et al.*, 1973 ; Zingg, 1990). Les impulsions sonores doivent être courtes car le récepteur est sursaturé pendant l'émission et ne peut capter les échos d'intensités notablement plus faibles. La distance d'un objet réfléchissant le son découle du temps de propagation. Plus la mesure de ce temps est précise et plus la distance est exacte. La mesure la plus précise possible de la durée de parcours s'obtient par l'intercorrélation, formule de traitement du signal. Plusieurs méthodes d'estimation des distances produisent des performances presque d'égales valeurs, et l'on peut donc

parfaitement imaginer que des opérations de calcul neuronales ayant une fonction de filtrage adapté se déroulent dans le cerveau d'une chauve souris (Dietz *et al.*, 2009).

Les chauves-souris étant toutes insectivores dans les régions tempérées, leur rythme biologique dépend de celui des insectes. En règle générale elles hibernent et ne sont actives que lorsque la température est clémente (généralement au-dessus de 10°C) ; au nord de l'Algérie l'hibernation est moins prolongée et moins profonde que chez les populations des mêmes espèces en Europe (Kowalski, 1984). Au Maroc les Hipposideridae et les Rhinopomatidae n'hibernent pas (Aulagnier et Thévetot 1986).

A la fin de chaque printemps les femelles mettent bas un jeune, exceptionnellement deux (jumeaux), qu'elles allaitent durant plusieurs semaines. Les jeunes s'émancipent au cours de l'été et les accouplements ont lieu en automne. Les Chiroptères changent généralement de gîte à chacune de ces périodes, voire même plusieurs fois par saison, surtout les espèces arboricoles.

Malgré leur petite taille, les chauves-souris peuvent exploiter des espaces immenses (Courtois *et al.*, 2011). Les plus petites ne s'éloignent que de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres de leur gîte pour chasser, les plus grandes peuvent se déplacer à plus de 40 km pour s'alimenter ; enfin certaines espèces sont migratrices et peuvent parcourir plus de 1000 km entre leur gîte d'estivage et leur gîte d'hivernage. Même les espèces sédentaires changent de gîte et d'habitat entre les périodes d'hibernation et de reproduction (Russo *et al.*, 2010). Ces changements d'habitats qui surviennent à différentes échelles spatiales et temporelles en font des espèces qui peuvent être qualifiées de « multihabitats » (Burel & Baudry, 1999).

Chaque espèce occupe une niche écologique bien particulière et chasse dans une partie définie du paysage (Russ, 1999). Certaines chassent haut dans le ciel, d'autre peuvent chasser au sol, d'autre encore dans le feuillage des arbres mais la majorité des espèces européennes chasse en lisière de la végétation en explorant les pourtours des arbres et des buissons (Barataud *et al.*, 2014). Elles recherchent les lieux à forte concentration en proies : les zones humides, les forêts et également les éclairages nocturnes. Ces traits de biologie font que ces Mammifères sont particulièrement discrets, inaccessibles à observer et donc difficiles à étudier.

Grâce à une grande longévité, une position assez haute dans les réseaux trophiques et une très large répartition, les Chiroptères sont de bons candidats pour

constituer des indicateurs de biodiversité (Dietz *et al.*, 2009). D'un point de vue fonctionnel, ils jouent un rôle important dans les écosystèmes terrestres et peuvent être considérés, à ce titre, comme des espèces clés occupant des fonctions essentielles au maintien de leur stabilité (Stevens *et al.*, 2003). En effet, beaucoup d'espèces de Chiroptères à travers le monde sont reconnues pour fournir des services écosystémiques importants tels que la dispersion de graines, la pollinisation ou encore la prédation et la régulation des insectes ravageurs (Jones *et al.*, 2009 ; Kunz *et al.*, 2011). Elles présentent de plus des intérêts d'ordre systématique (Fahr & Ebigo, 2004), écologique (Thomas, 1982 ; Reis & Guillaumet, 1983 ; Taylor *et al.*, 2000 ; Chatelain *et al.*, 2001), vétérinaire (Sara, 2002 ; Raharimanga *et al.*, 2003), médical (Monath, 1999), économique et pharmacologique (Gonin, 2000 ; Taylor *et al.*, 2000).

1.3. Les chauves-souris en Algérie

Si de nombreux travaux ont été réalisés sur la faune mammalogique d'Algérie, très peu concernent les Chiroptères. A la suite d'une citation par Duveyrier (1860), les premières espèces collectées en Algérie ont été identifiées par Dobson (1880) qui reçut quelques individus de chauves-souris recueillis par Fernand Lataste. Puis les observateurs ont prospecté les cavités souterraines (Weber, 1912 ; Laurent, 1936 ; Laurent, 1942 ; 1944, qui procéda aux premiers baguages de chauves-souris en Afrique du Nord dans une grotte aux environs d'Alger ; Anciaux de Faveaux, 1976 ; Gaisler, 1983 ; Gaisler & Kowalski., 1986 ; Kowalski 1984 ; Kowalski *et al.*, 1986) et la capture au filet japonais (Gaisler & Kowalski, 1986). C'est Anciaux de Faveaux (1976) qui établit la première liste de Chiroptères algériens. Il cite la présence de 23 espèces appartenant à 5 familles, dont plusieurs sont rares et deux restent problématiques. Cette liste fut complétée par Gaisler (1983 ; 1984), Gaisler *et al.* (1986) et synthétisée par Kowalski & Rzebik-Kowalska (1991). Ce n'est que presque 20 ans plus tard que d'autres études sur la chiroptérofaune algérienne ont vu le jour. Oubaaziz (2012) a étudié les Chiroptères de l'extrême ouest algérien, Messaoud (2011) a contribué à la répartition des chauves-souris dans le Parc National de Chréa, Ahmim & Moali (2011, 2013) ont analysé le régime alimentaire du Murin du Maghreb et des rhinolophes en Kabylie, Ahmim (2014) a étudié l'écologie et la biologie des Chiroptères de la région de Bejaya, Benjeddou *et al.* (2013, 2016) ont identifié les arthropodes ectoparasites du nord-est algérien et Loumassine *et al.* (2017) ont signalé pour la première fois la présence de *Rhinopoma microphyllum* en Algérie.

Tableau 1. Liste des espèces des Chiroptères d'Algérie (d'après Ahmim, 2017, Loumassine *et al.*, 2017)

Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique
Emballonuridae	Taphien à ventre nu	<i>Taphozous nudiventris</i> (Cretzschmar, 1830)
Hipposideridae	Trident du désert	<i>Asellia tridens</i> (É. Geoffroy, 1813)
Rhinolophidae	Petit rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Borkhausen, 1797)
	Grand rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Schreber, 1774)
	Rhinolophe euryale	<i>Rhinolophus euryale</i> Blasius, 1853
	Rhinolophe de Blasius	<i>Rhinolophus blasii</i> Peters, 1866
	Rhinolophe de Méhely	<i>Rhinolophus mehelyi</i> (Matschie, 1901)
	Rhinolophe de Cretzschmar	<i>Rhinolophus clivosus</i> Cretzschmar, 1828
Rhinopomatidae	Petit rhinopome	<i>Rhinopoma cystops</i> Thomas, 1903
	Grand rhinopome	<i>Rhinopoma microphyllum</i> (Brünnich, 1782)
Molossidae	Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i> (Rafinesque, 1814)
	Molosse d'Égypte	<i>Nyctinomus aegyptiacus</i> (Geoffroy, 1818)
Miniopteridae	Minioptère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i> (Kuhl, 1817)
Vespertilionidae	Sérotine isabelle	<i>Eptesicus isabellinus</i> (Temminck, 1835)
	Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i> (Bonaparte, 1837)
	Murin de Capaccini	<i>Myotis capaccinii</i> (Bonaparte, 1837)
	Murin à oreilles échancrées	<i>Myotis emarginatus</i> (É. Geoffroy, 1806)
	Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i> (Kuhl, 1817)
	Murin du Maghreb	<i>Myotis punicus</i> Felten, 1977
	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i> (Kuhl, 1817)
	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i> (Schreber, 1774)
	Oreillard d'Hemprich	<i>Otonycteris hemprichii</i> (Peters, 1859)
	Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i> (Kuhl, 1817)
	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i> (Schreber, 1774)
	Pipistrelle de Rüppell	<i>Vansonia rueppellii</i> (Fischer, 1829)
	Oreillard du Maghreb	<i>Plecotus gaisleri</i> (Benda, Kiefer, Hanák & Veith, 2004)
Total	26	26

1.4. Des méthodes d'observation en constante évolution

Les méthodes d'observation et d'étude des Chiroptères ont considérablement évolué au cours du siècle dernier. Les prospections ont débuté par les cavités souterraines dans lesquelles résident d'importantes colonies d'espèces cavernicoles. Puis la capture au filet japonais nous a renseigné sur la présence d'espèces plus communes mais dont les gîtes sont moins accessibles que les grottes. Enfin l'arrivée des détecteurs d'ultrasons nous a donné accès aux espèces qui volent trop haut pour se prendre dans les filets. L'apparition de cette nouvelle technologie a changé le regard sur les peuplements de chauves-souris. Outre l'avantage de permettre de contacter les espèces les plus discrètes, ces appareils ont permis entre autres l'enregistrement de la date et de l'heure de chaque contact. Il est désormais possible de quantifier l'activité nocturne de toutes les espèces de chauves-souris avec une seule et unique méthode. Ces outils ont ainsi ouvert de nouvelles perspectives et imposent aussi de nouveaux cadres méthodologiques pour leur interprétation.

Cette technique est facile à mettre en œuvre du point de vue logistique et permet de mettre en évidence des différences d'activité aussi bien dans l'espace que dans le temps (Hayes, 1997 ; Gannon *et al.*, 2003 ; Scanlon & Petit ; 2008) et des relevés acoustiques peuvent être effectués dans un large éventail d'habitats pour détecter un grand nombre d'espèces. Par exemple, ils peuvent détecter plus d'espèces insectivores aériennes présentes que les méthodes de prospection et de piégeage (O'Farrell & Gannon, 1999 ; MacSwiney *et al.*, 2008). Ils peuvent également être utilisés dans des habitats où les méthodes de capture sont inefficaces ou difficiles à utiliser, comme des grands territoires forestiers ouverts et élevés (Kunz *et al.*, 2009) et permettent donc une surveillance autonome rentable et à long terme. Toutefois, si l'acoustique fournit des résultats pertinents pour une étude donnée, ces résultats peuvent être entravés par l'absence de méthodes normalisées et objectives pour identifier toutes les espèces enregistrées, et sont rarement comparables car les méthodologies acoustiques ne sont pas homogènes. Le besoin d'homogénéisation des méthodes de surveillances acoustiques se fait donc sentir (Miller, 2001 ; Stahlschmidt & Bruhl, 2012 ; Adams *et al.*, 2012 ; Walters *et al.*, 2012).

Si les chauves-souris peuvent être différenciées par leurs cris sonar, il est alors possible d'étudier leur comportement de chasse, leur utilisation d'habitat, leur

prédilection pour des éléments structurels déterminés ainsi que d'autres facteurs. La répartition des espèces est bien plus facile à établir et de ce fait des informations importantes pour leur protection et celle de la nature sont obtenues (Dietz *et al.*, 2009).

Les enquêtes acoustiques sont devenues une méthode alternative aux méthodes conventionnelles de plus en plus répandue et l'inventaire des espèces de chauves souris par leur cris d'écholocation a fait l'objet de recherches au cours des vingt cinq dernières années dans presque tous les pays du monde. En Afrique du Nord peu d'études acoustiques ont été conduites, essentiellement au Maroc et en Tunisie (Dieuleveut *et al.*, 2010 ; Puechmaïlle *et al.*, 2012 ; Disca *et al.*, 2014 ; Dalhoumi *et al.*, 2014 ; 2016 ; 2017). Si l'écholocation des Chiroptères européens est aujourd'hui bien connue et permet de réaliser des inventaires fiables à l'aide de détecteurs d'ultrasons, les données restent lacunaires pour l'Afrique du Nord et même pour les espèces partagées entre l'Algérie et l'Europe. En effet, il n'est pas sûr que les caractéristiques des sonars soient identiques de part et d'autre de la Méditerranée (Disca *et al.*, 2014). Il se peut que les critères d'identification acoustique décrits et utilisés en Europe ne soient pas adaptés à la chiroptérofaune algérienne, tant des variations géographiques sont possibles comme pourraient le suggérer les divergences génétiques observées (Castella *et al.*, 2000 ; Benda & Karataş, 2005 ; Hulva *et al.*, 2007b ; Kiefer, 2007 ; García-Mudarra *et al.*, 2009 ; Juste *et al.*, 2013).

Ce manque de données de base sur la chiroptérofaune d'Algérie constitue une barrière à la connaissance et la compréhension de leur rôle dans le maintien de la stabilité des écosystèmes naturels. Dans ce contexte, notre travail fournit une base pratique et facile à mettre en œuvre pour des approches appliquées à l'étude des Chiroptères. Ces technologies nouvelles pourraient permettre de compléter les informations disponibles sur la biogéographie des Chiroptères d'Algérie et plus largement de toute l'Afrique du Nord qui connaît encore un manque flagrant de données.

L'objectif de cette thèse est l'amélioration des connaissances sur la diversité des chauves-souris et la réalisation d'une première contribution à la description des cris sonars ainsi que la distribution spatiale des Chiroptères dans quelques biotopes de l'Ouest algérien.

CHAPITRE I

*Inventaire et biométrie des
Chiroptères dans quelques biotopes
en Algérie occidentale*

1.1. Introduction :

Le groupe des Chiroptères est relativement difficile à étudier car ces animaux sont particulièrement discrets ; fuyant la lumière, ils ne sont actifs que la nuit et logent en journée dans des endroits sombres ; fissures de parois rocheuses, de falaises ou de vieux murs, arbres creux, cavités souterraines (grottes, caves et anciennes mines) et recoins des bâtiments (Dietz et al., 2009).

Comme la plupart des autres mammifères sauvages terrestres, les chauves-souris restent encore méconnues en Algérie. Les données disponibles sont rares et limitées à des données éparses de répartition. Ceci est lié en partie à leur mode de vie nocturne et à la crainte superstitieuse qu'elles inspirent encore.

En Algérie, trois synthèses sur la distribution des Chiroptères ont été publiées : Anciaux De Faveaux (1976), Kowalski & Rzebik-Kowalska (1991) et Ahmim (2017). Par ailleurs les chauves-souris ont fait l'objet d'études plus au moins détaillées dans quelques régions ; Laurent (1944), Gaisler (1983, 1983-84), Gaisler & Kowalski (1986), Ahmim et Moali (2011, 2013), Ahmim (2014), Benjeddou et al. (2013, 2016) et Loumassine et al. (2017 a, b). L'écologie des Chiroptères des zones arides et semi-arides n'a fait l'objet d'aucune étude spécifique, la présence même des espèces dans ces zones est très mal connue. L'espèce la plus répandue serait le Trident du désert *Asellia tridens* et la Pipistrelle de Kuhl *Pipistrellus kuhlii* avec une quinzaine de localités (Kowalski & Rzebik-Kowalska 1991). Cependant des connaissances sur ces taxa sont impératives afin de prendre les mesures nécessaires pour leur préservation ainsi que la conservation de leurs habitats. C'est dans ce contexte que des investigations portant sur l'inventaire ainsi que les caractéristiques biométriques et écologiques de ces espèces ont été conduites sur la base de données récentes, acquises au cours de prospections menées dans quelques biotopes en Algérie occidentale entre 2015 et 2017. Ces informations pourront compléter la liste des espèces présentes, préciser leur répartition et les mettre en perspective avec les peuplements du reste du pays.

La présente étude a pour objet de présenter les premiers résultats en provenance de quelques biotopes de l'Ouest algérien abritant des colonies de Chiroptères notamment dans les wilayas de Tiaret, Saida, El Bayadh, Bechar, Ghardaia et Timimoun. Répertorier les gîtes, identifier les espèces sur leurs terrains de chasse

permettra une mise à jour de nos connaissances sur la faune chiroptérologique en vue d'une conservation durable des espèces.

1.2. Matériel et méthodes

Entre 2015 et 2017 des prospections ont été menées selon un trajet nord-sud, en partant des Hauts Plateaux à Tiaret, 360 km à l'ouest d'Alger, passant par Saida, puis El Bayadh, Ghardaia, Béchar et Timimoun, trois localités qui encadrent le Grand Erg Occidental (Fig. 1). Différents ensembles géomorphologiques sont concernés (Fig. 2). Les gîtes de Chiroptères ont été répertoriés, géolocalisés et décrits, ainsi que les caractéristiques des habitats environnants (Tabl. 1). Les stations ont été choisies d'après la présence effective des chauves souris en s'appuyant sur les recommandations de la population locale. Nous avons été amenée à chaque fois à vérifier cette présence avant de procéder à l'étude.

Parallèlement, des captures au filet japonais (6 x 2,5 m, 12 x 2,5 m et 18 x 2,5 m) ont été opérées dans les principaux biotopes, notamment près des points d'eau, milieux très attractifs et propices à la capture dans les environnements arides et semi arides. Pour la détermination en main et la nomenclature, deux clés de détermination ont été utilisées : Dietz & Helversen (2004) et Dietz (2005). Les spécimens capturés ont été sexés, pesés à l'aide d'un peson (*Pesola, Switzerland*), mesurés (avant-bras, 3ème et 5ème doigts) à l'aide d'un pied à coulisse ($\pm 0,01\text{ mm}$), puis relâchés sur place.

I. Inventaire et biométrie des Chiroptères dans quelques biotopes en Algérie occidentale

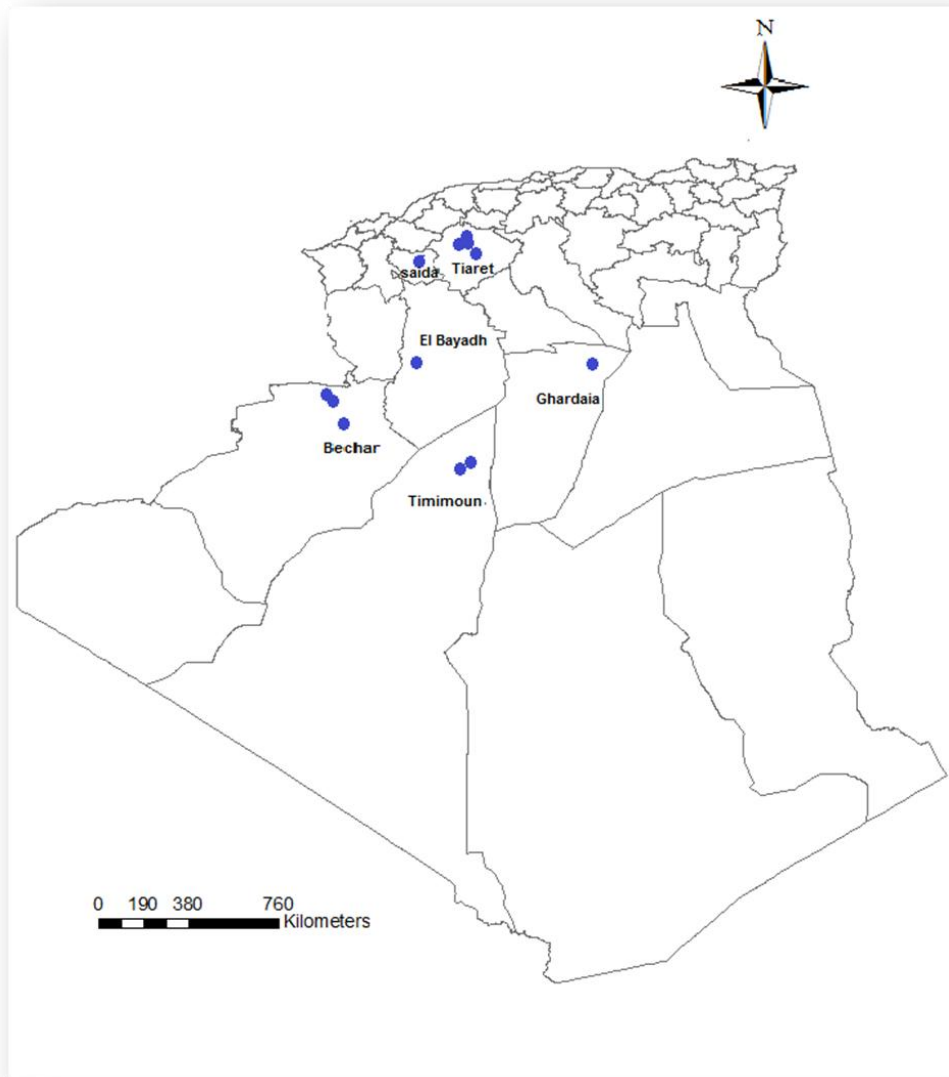


Figure 1 : Principaux biotopes prospectés et gîtes de captures des espèces de Chiroptères entre 2015 et 2017.

I. Inventaire et biométrie des Chiroptères dans quelques biotopes en Algérie occidentale



Figure 2 : Vue générale des différents sites explorés lors des captures des espèces de Chiroptères entre 2015 et 2017 en Algérie occidentale (A- Mghila, B- Oued Lili, C- Sid El Hosni, D- Harm la, E- Ledjars de Medroussa, F- Cascades de Tifrit , G- Bassin de Boussemghoun, H- Cavité d'El Hadj Ali (Boukais -Bechar), I- Mine de Boukais (Bechar), J- Taghit (Bechar), K- Ighzer (Timimoun), L- El Hadj Guelmane (Timimoun) (Loumassine H.E., 2016).

1.3. Résultats

1.3.1. Inventaire des Chiroptères

Les prospections ont révélé un total de dix espèces / sous-espèces de chauves-souris : *Asellia tridens*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *Rhinolophus hipposideros*, *Rhinopoma cystops*, *Rhinopoma microphyllum*, *Myotis punicus*, *Miniopterus schreibersii*, *Eptesicus isabellinus*, *Hypsugo savii*, *Pipistrellus kuhlii* et *Pipistrellus kuhlii desertii*.

Nous avons capturé un total de 145 individus appartenant à cinq familles : Hipposideridae, Rhinolophidae, Rhinopomatidae, Vespertilionidae et Miniopteridae, soit 35 tridents du désert, 19 grands rhinolophes, 8 petits rhinolophes, 6 grands rhinopomes, 25 petits rhinopomes, 9 minioptères de Schreibers, 23 murins du Maghreb, 8 sérotines isabelle, un Vespère de Savi, 6 pipistrelles de Kuhl et 4 pipistrelles du désert (Tabl. 2).

1.3.1.1. Hipposideridae

Asellia tridens (É. Geoffroy, 1813)

Le Trident du désert a été recensé essentiellement dans les trois localités encadrant le Grand Erg Occidental, à savoir Bechar, Ghardaia et Timimoun, exclusivement dans des cavités souterraines. Deux importantes colonies composées de milliers d'individus, occupaient des grottes naturelles à Bechar (Boukais) dans la cavité d'El Hadj Ali et Ghardaia dans la grotte d'Aghzoun Figher. Quant à Timimoun, une colonie de 300 individus occupait une cavité artificielle d'un vieux ksar (Ksar Abdennour) dans la localité d'El Hadj Guelmane. Deux individus ont été capturés par les filets japonais près de plans d'eau dans l'oasis à Taghit.

Les individus capturés dans les quatre localités présentent une moyenne (\pm écart-type) de longueur de l'avant-bras de 50,78 (\pm 2,54) mm, du 5^{ème} doigt de 56,51 (\pm 1,51) mm et du 3^{ème} doigt de 66,50 (\pm 2,51) mm. Le 5^{ème} doigt est plus court chez les femelles que chez les mâles (femelles : 56.60 \pm 1.14 mm ; mâles : 58.08 \pm 0.58 mm ; $t = 2,13$; $ddl = 25$; $p = 0,043$). La longueur de l'avant bras n'est pas significativement différente (femelles : 49,96 \pm 1,00 mm ; mâles : 51,07 \pm 2,88 mm ; $t = -0,89$, $dl = 25$; $p = 0,380$), de même que le 3^{ème} doigt (femelles : 66,20 \pm 3,76 mm ; mâles : 66,61 \pm 2,07 mm ; $t = -0,54$, $dl = 25$, $p = 0,591$).

1.3.1.2. Rhinolophidae

Rhinolophus ferrumequinum (Schreber, 1774)

Le Grand rhinolophe a été recensé seulement dans deux localités dans l'étage semi-aride à Tiaret et Saida, uniquement dans des gîtes cavernicoles.

Avec une moyenne de longueur d'avant-bras de 54,57 (\pm 2,06) mm, du 5^{ème} doigt de 69,85 (\pm 5,18) mm et du 3^{ème} doigt de 83,71 (\pm 5,78) mm, la différence entre les longueurs de l'avant bras, 3^{ème} et 5^{ème} doigt des mâles et femelles n'est pas significativement différente ; avant bras (femelles : 54,47 \pm 2,23 mm ; mâles : 54,88 \pm 2,33 mm ; t = 0,28 ; ddl = 14 ; p = 0,77) ; 3^{ème} doigt (femelles : 84,28 \pm 6,54 mm, mâles : 82,00 \pm 2,64 ; t = -0,15, ddl = 14 ; p = 0,87) ; 5^{ème} doigt (femelles : 70,68 \pm 5,72 mm, mâles : 70,68 \pm 5,72 mm ; t = -0,65, ddl = 14 ; p = 0,52).

Rhinolophus hipposideros (Bechstein, 1800)

Comme le Grand rhinolophe, le Petit rhinolophe a été recensé uniquement à Tiaret à Harm la et Saida dans les gorges de Tifrit. Les huit mâles capturés présentent une longueur moyenne de l'avant bras de 35,60 (\pm 1,48) mm, du 3^{ème} doigt de 55,12 (\pm 2,16) mm et du 5^{ème} doigt de 49,37 (\pm 2,16) mm.

1.3.1.3. Rhinopomatidae

Rhinopoma microphyllum (Brunnich 1972) et *R. cystops* (Thomas, 1903)

Les Petit et Grand rhinopomes sont des hôtes des zones arides et les seuls représentants de la famille des Rhinopomatidae en Algérie. Ces espèces ont été recensées uniquement dans la région de Bechar à Boukais dans deux principaux sites ; la cavité d'El Hadj Ali et une ancienne mine à cuivre. Les individus de cette famille occupaient les mêmes gîtes cavernicoles.

Les grands rhinopomes de Boukais se caractérisent par une moyenne de longueur de l'avant-bras de 63,95 (\pm 3,47) mm, du 5^{ème} doigt de 62,50 (\pm 3,08) mm et du 3^{ème} doigt de 73,50 (\pm 4,72) mm. Le nombre d'individus capturés est trop faible pour mettre en évidence un possible dimorphisme sexuel. Quant aux petits rhinopomes capturés dans la même région, ils présentent une moyenne de longueur de l'avant-bras de 58,31 (\pm 2,73) mm, du 5^{ème} doigt de 56,97 (\pm 4,22) mm et du 3^{ème} doigt de 65,29 (\pm 3,74) mm. Aucun dimorphisme sexuel n'a été observé chez cette espèce ; les longueurs

I. Inventaire et biométrie des Chiroptères dans quelques biotopes en Algérie occidentale

de l'avant bras, du 5^{ème} et du 3^{ème} doigt ne sont pas significativement différentes ; avant bras (femelles : $59,09 \pm 4,46$ mm ; mâles : $58,64 \pm 2,87$ mm ; $t = 0,27$; $ddl = 18$; $p = 0,789$), 5^{ème} doigt (femelles : $58,09 \pm 4,64$ mm ; mâles : $56,87 \pm 4,67$ mm ; $t = 0,57$; $ddl = 18$; $p = 0,569$), 3^{ème} doigt (femelles : $65,34 \pm 5,76$ mm ; mâles : $66,40 \pm 3,65$ mm ; $t = -0,50$; $ddl = 18$; $p = 0,623$).

1.3.1.4. Miniopteridae

***Miniopterus schreibersii* (Kuhl, 1817)**

Au cours de notre étude cette espèce a été rencontrée uniquement sur les Hauts Plateaux de Tiaret. Les femelles capturées présentent une longueur moyenne de l'avant bras de $45,46 (\pm 0,40)$ mm ; 3ème doigt de $88,67 (\pm 1,15)$ mm et du 5ème doigt de $55,67 (\pm 0,50)$ mm. Aucun mâle n'a été capturé pour mettre en évidence un possible dimorphisme sexuel.

1.3.1.5. Vespertilionidae

***Myotis punicus* (Felten, 1977)**

Nous avons rencontré *Myotis punicus* dans la région de Tiaret seulement dans les gîtes cavernicoles et Les Djeddar de Tousnina. Une importante colonie composée de plusieurs milliers d'individus, a été observée dans la cavité souterraine Oued Lili. Les spécimens capturés sur les Hauts Plateaux présentent une longueur moyenne de l'avant bras de $56,99 (\pm 2,86)$ mm, du 3^{ème} doigt de $99,68 (\pm 7,51)$ mm et du 5^{ème} doigt de $77,91 (\pm 7,41)$ mm. Le 5^{ème} doigt chez les mâles est plus court que chez les femelles ($78,96 \pm 4,03$ mm ; $t = -2,74$; $ddl = 19$; $p = 0,012$). La longueur de l'avant bras n'est pas significativement différente (femelles : $54,90 \pm 4,49$ mm ; mâles : $57,28 \pm 2,09$; $t = -0,80$; $ddl = 19$; $p = 0,431$), de même que celle du 3^{ème} doigt (femelles : $105,3 \pm 8,73$; mâles : $99,30 \pm 7,59$ mm ; $t = -1,70$; $ddl = 19$; $p = 0,104$).

***Eptesicus isabellinus* (Temminck, 1840)**

Nous avons recensé cette espèce à Boussemghoun dans la région d'El Bayadh, huit mâles ont été capturés au filet japonais installé au niveau d'un bassin dans une oasis. Avec une moyenne (\pm écart-type) de longueur de l'avant bras de $48,04 (\pm 1,51)$ mm, du 5^{ème} doigt de $61,29 (\pm 1,11)$ mm et du 3^{ème} doigt de $83,71 (\pm 2,49)$ mm.

I. **Inventaire et biométrie des Chiroptères dans quelques biotopes en Algérie occidentale**

***Hypsugo savii* (Bonaparte, 1837)**

Nous avons contacté cette espèce sur les Hauts plateaux de Tiaret. Un seul spécimen a été capturé à Kef Mzab à Sidi Hosni au niveau des entailles situées dans les parois du massif rocheux (falaise de Sidi Hosni). Le mâle capturé présente un avant bras de 35 mm, 5^{ème} doigt de 48 mm et 3^{ème} doigt de 57 mm.

***Pipistrellus kuhlii* (Kuhl, 1817)**

Nous avons rencontré *Pipistrellus kuhlii* sur les Hauts plateaux de Tiaret dans la région de Mghila au niveau des greniers d'anciennes fermes agricoles et au-delà de l'Atlas saharien à Taghit au sud de Bechar et dans la grotte d'Ighzer dans la région de Timimoun. Cinq mâles capturés à Mghila avaient une longueur moyenne (\pm écart-type) de l'avant-bras de 34,98 (\pm 2,08) mm, du 5^{ème} doigt de 45,75 (\pm 0,95) mm et du 3^{ème} doigt de 63,50 (\pm 4,01) mm. Les quatre femelles capturés près de l'Erg occidental à Taghit et Timimoun présentent une longueur moyenne (\pm écart-type) de l'avant-bras de 33,09 (\pm 1,39) mm, du 5^{ème} doigt de 42,79 (\pm 0,91) mm et du 3^{ème} doigt de 56,54 (\pm 1,02) mm.

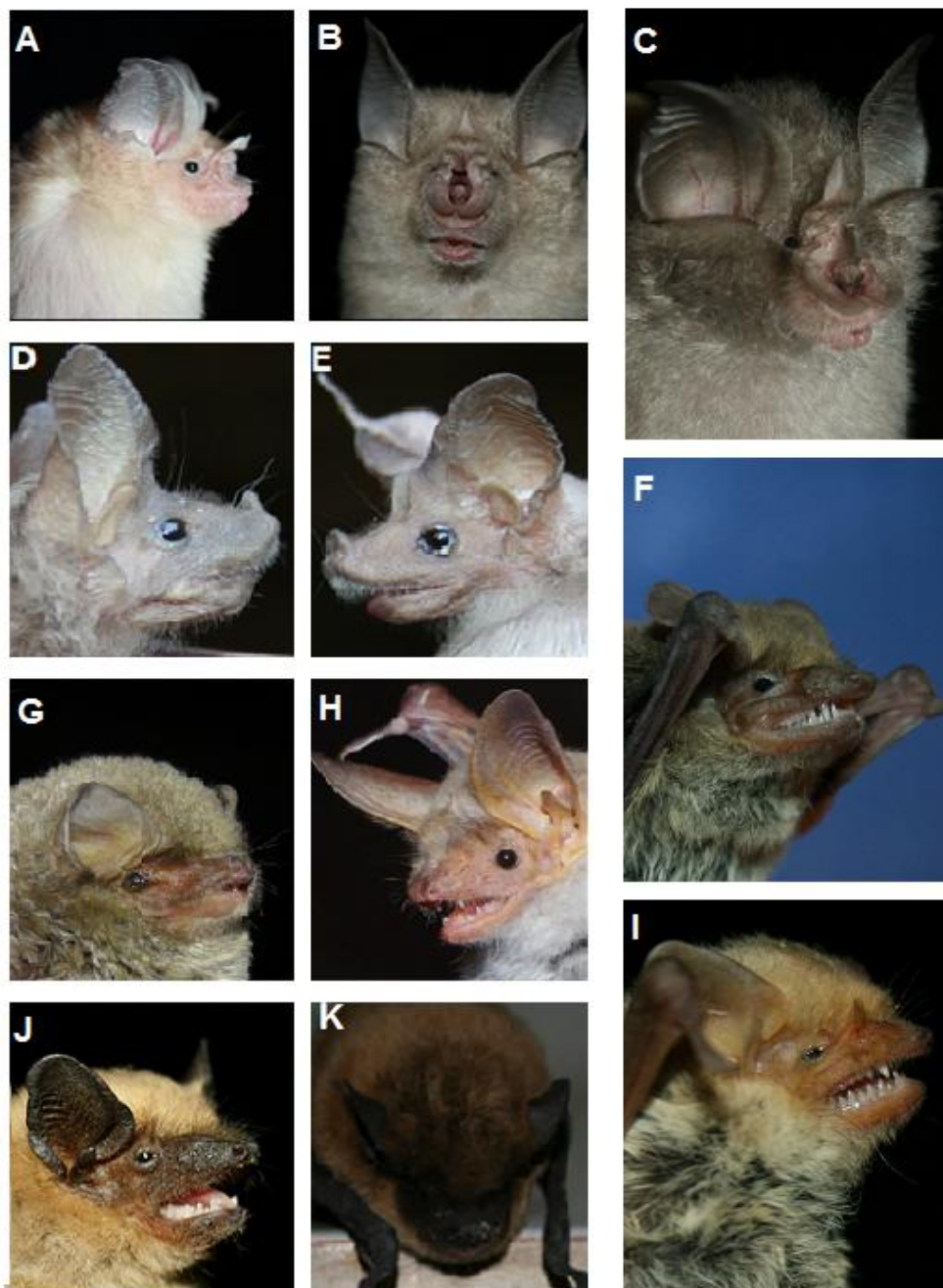


Figure 3. Espèces de Chiroptères inventoriées dans les différents biotopes prospectées en Algérie occidentale entre 2015 et 2017 (A- *Asellia tridens*, B- *Rhinolophus ferrumequinum*, C- *Rhinolophus hipposideros*, D- *Rhinopoma microphyllum*, E- *Rhinopoma cystops*, F- *Pipistrellus kuhlii*, G- *Minopterus schreibersii*, H- *Myotis punicus*, I- *Pipistrellus kuhlii deserti*, J- *Eptesicus isabellinus*, K- *Hypsugo savii* (Loumassine H., 2016).

1.4. Discussion

Cette contribution nous a permis de mettre en évidence la présence de dix espèces de Chiroptères : *A. tridens*, *R. ferrumequinum*, *R. hipposideros*, *R. microphyllum*, *R. cystops*, *M. schreibersii*, *M. punicus*, *E. Isabellinus*, *H. savii* et *P. kuhlii*, ainsi qu'une sous espèce de *P. kuhlii deserti* dans les différents biotopes prospectés de douze sites d'Algérie occidentale. Nos prospections s'avèrent toutefois incomplètes, avec notamment l'absence d'*Eptesicus isabellinus* sur les Hauts Plateaux, de l'Oreillard d'Hemprich *Otonycteris hemprichii*, de la Pipistrelle de Rüppell *Vansonia rueppellii* et du Molosse d'Égypte *Nyctinomus aegyptiacus* dans le Sahara. Cette absence n'est pas explicable étant donné que la majorité de ces espèces ont pu être identifier par les techniques acoustiques (Loumassine *et al.*, in prep).

Les résultats de ce suivi, ont permis également de noter la présence d'importantes colonies d'*Asellia tridens* au niveau de Boukais à Bechar et à El Atteuf à Ghardaia, elles constituent à ce jour les deux plus importantes observées en Algérie (Loumassine *et al.*, 2016).

Asellia tridens est l'espèce la plus commune dans les zones arides et sahariennes d'Afrique du Nord (Aulagnier, 2013a), sa répartition algérienne couvre tout le Sahara jusqu'à l'Atlas saharien au nord (Kowalski & Rzebik-Kowalska, 1991). Sa présence a été signalée autrefois à Ghardaia (Duveyrier, 1860), El Golea (Thomas, 1913), Bechar (Owen & Qumsiyeh, 1987), ainsi que dans certaines localités de Bechar notamment Boukais au nord-ouest (Loumassine *et al.*, 2017b), Béni Ounif au nord-est (Foley, 1922), Abbadla au sud-ouest (Gaisler & Kowalski, 1986), Aïn Ouarka, Taghit, puis Igli et Beni Abbès au sud (Kowalski & Rzebik-Kowalska, 1991). La présence de cette espèce troglophile dans des gîtes souterrains, deux naturels, un autre artificiel, est à rapprocher des observations rapportées de la haute vallée du Guir (Aulagnier & Destre, 1985), même si, dans la région, *Asellia tridens* peut occuper des tunnels artificiels ou des bâtiments (Brosset & Caubère, 1960 ; Kowalski & Rzebik-Kowalska, 1991 ; Ahmim, 2017).

Le Grand rhinolophe fer à cheval est une chauve-souris commune au nord de l'Algérie de la côte jusqu'à l'Atlas saharien. Cette espèce a déjà été localisée par Kowalski & Rzebik-Kowalska (1991) dans la région de Tiaret à Frenda et dans quelques localités de l'Ouest algérien notamment à Aïn Fezza et Sebdou (Tlemcen), Aïn Nouissi

I. Inventaire et biométrie des Chiroptères dans quelques biotopes en Algérie occidentale

(Mostaganem), Bou Yagoub (Oran), Brezina (El Bayadh), Madagh, Messerghine (Oran) et Sig (Mascara). Le nombre d'individus observés varie de 8 à 31 pour chaque localité. Le Petit rhinolophe présente une aire de distribution similaire au Grand rhinolophe (Kowalski & Rzebik-Kowalska, 1991), sa présence dans la partie ouest du pays a déjà été rapportée. Kowalski & Gaisler (1986) l'observèrent à Brezina (El Bayadh), Messerghine (Oran), Sebdou (Tlemcen) et Sig (Mascara). Ces deux espèces de rhinolophes ont été répertoriées dans des gîtes exclusivement cavernicoles, ceci confirme que ces taxa sont des espèces troglaphiles (Ahmim, 2017). Par ailleurs le Petit rhinolophe en période de mise bas gîte souvent dans les greniers sans courant d'air des églises, châteaux et autres grands bâtiments (Reiter *et al.*, 2004).

Rhinopoma microphyllum et *R. cystops* ont été contractés dans deux sites souterrains, l'un naturel, l'autre artificiel (Loumassine *et al.*, 2016a). Ces deux espèces occupent des grottes et des fentes rocheuses spacieuses dans les semi-déserts de l'Anti-Atlas marocain (Aulagnier & Destre, 1985 ; Dietz, 2009). Par ailleurs *Rhinopoma cystops* occupe aussi, les aqueducs et minarets de mosquées selon Brosset & Caubère (1960), Kowalski & Rzebik-Kowalska (1991) et Ahmim (2017). *R. cystops* n'a été signalé que dans six localités algériennes : Brézina et Laghouat dans le sud de l'Atlas saharien, Roufi dans les Aurès, le Hoggar à Tit (Koch-Weser, 1984) et Oued Irharghar (Geyr von Schweppenburg, 1917) et Boukais à Bechar (Loumassine *et al.*, 2017b). La forme nord-africaine a récemment été élevée au rang spécifique (Hulva *et al.*, 2007) et par conséquent individualisée par rapport à *R. hardwickii*, l'espèce asiatique. *R. microphyllum* n'a été signalée que dans la région de Boukais par Loumassine *et al.* (2017a). Leur présence dans la région de Béchar, attendue d'après la large répartition saharienne de ces espèces (Aulagnier, 2013b, c), est inédite et complète sa distribution.

Miniopterus schreibersii a été rencontré à Tiaret. Kowalski & Rzebik-Kowalska (1991) ne mentionnent pas cette espèce des Hauts Plateaux et de l'Atlas saharien. Son aire de répartition s'étend de la côte méditerranéenne au sud de l'Atlas Tellien et des Aurès. En Algérie occidentale sa présence est fréquente ; Gaisler & Kowalski (1986) le mentionnèrent à Aïn Fezza (Tlemcen), Messerghine (Oran), Honaïne, Sebdou, Tafna (Tlemcen) et Sig (Mascara). Sa présence dans des gîtes cavernicoles a été signalée par Ahmim (2017). Dietz *et al.* (2009) rapporte la présence de l'espèce dans des grottes karstiques principalement, mais aussi dans des mines et autres cavités souterraines, souvent dans les plus grandes salles du gîte. Parallèlement, de petits groupes ou des

I. Inventaire et biométrie des Chiroptères dans quelques biotopes en Algérie occidentale

individus isolés peuvent occuper de nombreux types de gîtes différents, tels que des joints de dilatation de ponts, des fentes de voûtes, voire des greniers (Dietz *et al.*, 2009).

Cet inventaire sur les Hauts plateaux de l'ouest algérien nous a permis de mettre en évidence la présence d'une importante colonie de *Myotis punicus* à Ghar Sbaâ dans la commune de Oued Lili à Tiaret (Loumassine *et al.*, 2016a). La présence dans des cavités souterraines a été mentionnée par Kowalski & Rzebik-Kowalska (1991) et Ahmim (2017). Dietz *et al.* (2009) rapporte la présence des colonies de Murin du Maghreb exclusivement dans des grottes, souvent associées à d'autres espèces troglaphiles : rhinolophes et Minioptère de Schreibers. Kowalski & Rzebik-Kowalska (1991) indiquent une aire de répartition assez large, de la côte jusqu'au sud de l'Atlas saharien. Sa présence dans la partie ouest du pays a été mentionnée par Kowalski & Gaisler (1986) à Aïn Nouissi (Mostaganem), Bou Yagoub (Oran), Messerghine (Oran), Sebdou (Tlemcen), Sig (Mascara) et Laghouat. Rzebik-Kowalska (1985) en étudiant les pelotes de régurgitation des rapaces, a trouvé des restes de cette espèce à Honaïne et Saida.

La Sérotine isabelle, seule sérotine d'Afrique du Nord, est une espèce assez commune en Algérie, répandue de la côte jusqu'à l'Atlas saharien (Kowalski & Rzebik-Kowalska, 1991). Cette espèce peu cavernicole est connue pour sa fréquentation d'habitats variés et pour une prédiction des zones urbaines (Dietz *et al.*, 2009). Nous l'avons identifiée à Boussemghoun près d'El Bayedh. Sa présence dans cette région a été rapportée par Kowalski *et al.* (1986) à Labiod Sidi-Cheikh (El Bayadh) et Aïn El-Hadjadj (Aïn Sefra). Les captures dans l'oasis de Boussemghoun révèlent l'importance des points d'eau pour les Chiroptères. La fréquentation des bassins, oueds et retenues artificielles est caractéristique dans cet environnement subdésertique (Dalhoumi *et al.*, 2015). Outre la possibilité de boire, les plans d'eaux concentrent des milliers d'arthropodes qui constituent autant de ressources trophiques pour ces espèces (Rebelo & Brito, 2006). De nombreux auteurs ont montré que, dans les régions désertiques notamment, les chauves-souris se concentrent au niveau des points d'eaux (O'Farrel & Bradley, 1970 ; Williams & Dickman, 2004 ; Korine & Pinshow, 2004 ; Rabe & Rosenstock, 2005 ; Rebelo & Brito, 2006 ; Razgour *et al.*, 2010) et peuvent même être limités à des oasis et des habitats humides en raison de leur exigences alimentaires (Happold & Happold, 1988).

I. Inventaire et biométrie des Chiroptères dans quelques biotopes en Algérie occidentale

Hypsugo savii a été rencontrée dans les falaises rocheuses de Kef Mzab près de Sidi Hosni à Tiaret. C'est une chauve-souris commune des Hautes plaines et montagnes du Nord algérien (Kowalski & Rzebik-Kowalska, 1991). Dietz *et al.* (2009) rapporte qu'elle est particulièrement inféodée aux biotopes karstiques avec une mosaïque de milieux agricoles en gestion extensive et une part importante de maquis et/ou de garrigues. Elle semble assez rare dans les grands massifs forestiers fermés contrairement à ce qui a été mentionné par Amim (2017), qui note sa présence dans les crevasses et les fissures des arbres dans les régions montagneuses. La présence signalée dans cette étude reste inédite et originale pour l'Algérie occidentale.

La Pipistrelle de Kuhl est sans doute la chauve-souris la plus commune en Algérie, elle est largement répandue et présente une aire assez large de répartition, de la côte jusqu'aux régions sahariennes (Kowalski & Rzebik-Kowalska, 1991). Les pipistrelles de Kuhl inventoriées sur les Hauts Plateaux à Tiaret ont été observées principalement dans des gîtes anthropiques, au niveau des entre-toits, fissures et sous les tuiles des habitations de la commune de Mghila. *Pipistrellus kuhlii* est une espèce anthropophile qui gîte généralement dans les parois rocheuses ou les interstices de bâtiments, les revêtement muraux, les coffrages de stores, les volets... (Dietz *et al.*, 2009, Ahmim, 2017). Nos spécimens de Pipistrelles de Kuhl présentent deux morphotypes. Les individus recensés sur les Hauts Plateaux présentent un morphotype typique de l'espèce : grande taille et pelage sombre (Fig. 3F).

Les individus capturés au Nord de Timimoun et Taghit au sud de Bechar présentent des spécificités morphologiques distinctives caractéristiques de la forme *deserti*. Les spécimens de cette forme sont de couleur plus claire et surtout de taille plus petite (Fig. 3I). Malgré une identité génétique revue par Benda *et al.* (2015) affirmant que *Pipistrellus deserti* est *Pipistrellus kuhlii*, les données suggèrent que les singularités morphologiques de *P. kuhlii deserti* doivent résulter de la sélection aux conditions du milieu désertique et à une adaptation aux Sahara. Une étude plus approfondie de leurs particularités biologiques et écologiques renseignerait sur leur isolement et les modalités de leur évolution afin d'élucider certains aspects de cette divergence.

I.5. Conclusion

Cet inventaire a mis en évidence la présence de seulement dix espèces de Chiroptères appartenant à 5 familles dans les différents biotopes prospectés, soit un taux qui ne dépasse pas 40 % du peuplement chiroptérologique algérien. Cette liste n'est encore que provisoire et nécessite d'autres explorations. Incontestablement, l'emploi de méthodes modernes et de matériels adéquats (détecteurs d'ultrasons, filets japonais...), mais aussi l'analyse de pelotes de réjection de rapaces nocturnes, devraient permettre de découvrir d'autres espèces et de préciser la répartition d'espèces encore rarement recensées. D'autres sites et biotopes devront être échantillonnés avec l'appui de la détection acoustique pour atteindre les objectifs fixés. Ainsi, des contrôles s'imposent pour les gîtes en utilisant des techniques limitant le dérangement afin d'entreprendre des démarches de protection pour les plus fragiles. De manière plus générale, les chauves-souris devraient bénéficier de mesures de conservation qui passent par une sensibilisation du public.

Un important travail de prospection reste à accomplir dans les différentes régions d'Algérie, d'autant que plusieurs autres espèces ont été observées dans le reste du pays et aux milieux naturels très semblables (Kowalski & Rzebik-Kowalska 1991). Afin de contribuer à combler les lacunes, nous avons initié un travail sur les chauves-souris algériennes par un suivi acoustique dans deux étages bioclimatiques, présenté dans les chapitres qui suivent.

Références bibliographiques

- Ahmim M., 2017. Current status, distribution and conservation status of algerian bats (Mammalia : Chiroptera). J. threat. Taxa, 9(1) : 9723-9733.
- Ahmim M., & Moali A., 2011. The diet of the Maghrebian mouse-eared bat *Myotis punicus* (Mammalia, Chiroptera) in Kabylia, Northern Algeria. Ecol. Medit., 37(1) : 45-51.
- Ahmim M., & Moali A., 2013. The diet of four species of horseshoe bat (Chiroptera: Rhinolophidae) in a mountainous region of Algeria : evidence for gleaning. Hystrix, It. J. Mammal., 24(2) : 174-176.
- Ahmim M., 2014. Ecologie et biologie de la conservation des Chiroptères de la région de la Kabylie des Babors (Algérie). Thèse de Doctorat. Université Abderrahmane Mira-Bejaia. Algérie. 183 pp.
- Anciaux De Faveaux M., 1976. Distribution des Chiroptères en Algérie, avec notes écologiques et parasitologiques. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 67(1-2) : 69-80.
- Aulagnier S., 2013a. *Asellia tridens*. Geoffroy's trident leaf-nosed bats. in: Happold, M., Happold, D.C.D. (Eds.), Mammals of Africa. Volume IV. Hedgehogs, shrews and bats. Bloomsbury Publ., London, pp. 362-364.
- Aulagnier S., 2013b. *Rhinopoma hardwickii*. Lesser mouse-tailed bat. in: M. Happold & D.C.D. Happold (Eds): Mammals of Africa. Volume IV. Hedgehogs, shrews and bats. Bloomsbury Publ., London, 412- 414.
- Aulagnier S., 2013c. *Rhinopoma microphyllum* Greater Mouse-tailed Bat. In Happold, M. and D. Happold [Eds]: Mammals of Africa. Volume IV. Hedgehogs, shrews and bats. Bloomsbury Publishing, London: 415 - 417.
- Aulagnier S. & Destre R., 1985. Introduction à l'étude des Chiroptères du Tafilalet (sud-est marocain). *Mammalia*, 49(3) : 329-337.
- Aulagnier S. & Thévenot M., 1986. Catalogue des Mammifères sauvages du Maroc. Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie, 41 : 1-163.
- Benda P., Andriollo T. & Ruedi M., 2015. Systematic position and taxonomy of *Pipistrellus deserti* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Mammalia*, 79 : 419-438.
- Bendjeddou M.A., Bitam I., Abiadh A., Bouslama Z. & Amr Z.S., 2013. Some new records of arthropod ectoparasites of bats from north-eastern Algeria. JJBS.6: 324-327.

I. Inventaire et biométrie des Chiroptères dans quelques biotopes en Algérie occidentale

- Bendjeddou M.A., Loumassine H.A, Scheffler I., Bouslama Z. & Amr Z.S., 2016. Bat ectoparasites (Nycteribiidae, Streblidae, Siphonaptera, Heteroptera, Mesostigmata, Argasidae, and Ixodidae) from Algeria. *J. Vector Ecol.*, 42(1)
- Brosset A. & Caubère B., 1960. La colonie d'*Asellia tridens* de l'oasis de Figuig. *Mammalia*, 24(2) : 222- 227.
- Dalhoumi R., Aissa P. & Aulagnier S., 2015. Cycle annuel d'activité des Chiroptères du Parc National de Bou-Hedma (Tunisie). *Rev. Ecol.*, 70(3) : 261-270.
- Dalhoumi R., Aissa P. & Aulagnier S. 2016. Bat species richness and activity in Bou Hedma National Park (central Tunisia). *Turk. J. Zool.*, 40(6) : 864-875.
- Dalhoumi R., Morellet N., Aissa P. & Aulagnier S., 2017. Seasonal activity pattern and habitat use by the Isabelline serotine bat (*Eptesicus isabellinus*) in an arid environment of Tunisia. *Acta Chiropterol.*, 19(1) : 141-153.
- Dietz C., 2005. Illustrated identification key to the bats of Egypt, Electronical publication, version 1.0. Electronic Publication, Version 1.0, released 21.12.2005 Tübingen, 36pp.
- Dietz C. & Helversen O. Von, 2004. Illustrated identification key to the bats of Europe. Electronic publication Version 1.0. First released 15.12.2004. Tübingen & Erlangen, 56pp.
- Dietz C., Helversen O. Von & Nill D., 2009. L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord. Ed. Delachaux et Niestlé, Paris, 400p.
- Duveyrier H., 1860. Reise in Nord-Afrika. II. Vorläufige Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung im Wäd Mesàb und Rreise nach El Golea, Juni bis Oktober 1859. *Petermanns geogr. Mitt.*, 55-63.
- Foley H., 1922. Contribution à l'étude de la faune saharienne. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 29(6-7) : 461-465.
- Gaisler J., 1983. Nouvelles données sur les Chiroptères du Nord algérien. *Mammalia*, 43(3) : 359-369.
- Gaisler J., 1983-1984. Bats of northern Algeria and their winter activity. *Myotis*, 21-22 : 89-95.
- Gaisler J. & Kowalski K., 1986. Results of the netting of bats in Algeria (*Mammalia*, *Chiroptera*). *Věst. čs. Společ. zool.*, 50 : 161-173.
- Geyr Von Schweppenburg H. Frhr, 1917. Ins Land von Tuareg. *J. Orn. Lpz*, 65(3) : 241-312.

I. Inventaire et biométrie des Chiroptères dans quelques biotopes en Algérie occidentale

- Happold D.C.D. & Happold M., 1988. Renal form and function in relation to the ecology of bats (Chiroptera) from Malawi, Central Africa. *J. Zool.*, 215 : 629-655.
- Hulva P., Fornůsková A., Chudárková A., Evin A., Allegrini B., Benda P. & Bryja J., 2010. Mechanisms of radiation in a bat group from the genus *Pipistrellus* inferred by phylogeography, demography and population genetics. *Mol. Ecol.*, 19(24) : 5417-5431.
- Koch-Weser, S. (1984). Fledermäuse aus Obervolta, W-Afrika (Mammalia: Chiroptera). *Senckenbergiana biologica*, 64(4-6), 255-311.
- Korine C. & Pinshow B., 2004. Guild structure, foraging space use, and distribution in a community of insectivorous bats in the Negev Desert. *J. Zool.*, 262 : 187-196.
- Kowalski K. 1984. Les chauves-souris cavernicoles de l'Algérie. *Spéleo. algérienne*, 1982-1983 : 43-58.
- Kowalski K., Gaisler J., Bessam H., Issaad C. & Ksantini H., 1986. Annual life cycle of cave bats in northern Algeria. *Acta Theriol.*, 13(15) : 185-206.
- Kowalski & Rzebik-Kowalska B., 1991. Mammals of Algeria. Polish Academy of Sciences, Wrocław, 370pp.
- Laurent P., 1944. Premiers baguages des chauves-souris en Afrique du Nord. *Bull. Soc. Géogr. Archéol. Oran*, 65 : 49-51.
- Loumassine H.E., Bounaceur F. & Aulagnier S., 2016a. Inventaire des Chiroptères dans quelques biotopes en Algérie. XIV^{èmes} Rencontres Nationales Chauves-Souris de la S.F.E.P.M., Bourges, 23-25 mars 2016.
- Loumassine H.E., Bounaceur F., Allegrini B. & Aulagnier S., 2016b. Contribution à la connaissance des Chiroptères dans quelques biotopes en Algérie Occidentale, 1^{er} Séminaire international sur la Biodiversité et Gestion des ressources naturelles ; Passé-Présent-Futur, Université Mohamed Cherif Messadia, Souk Ahras, 19-21 avril 2016.
- Loumassine H.E., Allegrini B., Bounaceur F., Peyre O. & Aulagnier S. 2017a. A new mammal species for Algeria, *Rhinopoma microphyllum* (Chiroptera: Rhinopomatidae): Morphological and acoustic identification. *Mammalia* 2016-0153. DOI 10.1515.
- Loumassine H.E., Bounaceur F. & Aulagnier S., 2017b. Premières données sur les populations de chauves-souris de la région de Boukais (Bechar, Sud-Ouest Algérien). *Rev. Écol. Environ.*, 13 : 27-30.

I. Inventaire et biométrie des Chiroptères dans quelques biotopes en Algérie occidentale

- O'Farrel M.J. & Bradley W.G., 1970. Activity patterns of bats over a desert spring. *J. Mammal.*, 51 : 18-26.
- Owen R.D. & Qumsiyeh M.B., 1987. The subspecies problem in the Trident leaf-nosed bat, *Asellia tridens*: homomorphism in widely separated populations. *Z. Säugetierk.*, 52(6) : 329-337.
- Rabe M.J. & Rosenstock S.S., 2005. Influence of water size and type on bat captures in the lower Sonoran desert. *West. North Am. Nat.*, 65 : 87-90.
- Razgour O., Korine C. & Saltz D., 2010. Pond characteristics as determinants of species diversity and community composition in desert bats. *Anim. Conserv.*, 13 : 505-513.
- Rebelo H. & Carlos Brito J., 2006. Bat guild structure and habitat use in the Sahara desert. *Afr. J. Ecol.*, 54 : 228-230.
- Reiter G., Huttmer U. & Jerabek M., 2004. Quartiereigenschaften von Wochenstubenquartieren Kleiner Hufeisennasen (*Rhinolophus hipposideros*) in Österreich. *Ber. nat.-med. Ver. Salzburg*, 14 : 143-159.
- Thomas O., 1913. Ernst Hartert's expedition to the central western Sahara Mammals. *Nov. Zool.*, 20(3) : 586-591.
- Williams A.J. & Dickman C.R., 2004. The ecology of insectivorous bats in the Simpson Desert, central Australia: Habitat use. *Austr. Mammal.*, 26 : 205-214.

C H A P I T R E III

*Influence de l'étage
bioclimatique sur le peuplement
de Chiroptères*

3.1. Introduction

Les Chiroptères, deuxième ordre de Mammifères en nombre d'espèces, ont conquis tous les milieux de la planète hormis l'Antarctique et quelques îles océaniques (Mickleburgh *et al.* 2002 ; Simmons 2005). Leur richesse spécifique varie avec la latitude, montrant un pic dans la bande équatoriale de l'Amérique (Willig & Selcer 1989 ; Findley 1993 ; Hutson *et al.* 2001 ; Lyons & Willig 2002 ; Willig *et al.* 2003 ; Proches 2005). De part et d'autre, les régions tropicales hébergent des communautés de chauves-souris qui vivent pour certaines dans les déserts et les steppes et pour d'autres dans les forêts pluviales de plaines ou les forêts nuageuses d'altitude (Dietz *et al.* 2009). Dans l'Ancien Monde, une forte asymétrie caractérise les gradients nord et sud de l'équateur en Afrique (Herkt *et al.* 2017), principalement parce que la richesse spécifique est généralement faible dans les régions arides, par exemple dans le Sahara (Willig *et al.* 2003). Inversement, la richesse générique est plus élevée à la limite des zones tempérées et arides, y compris en Afrique du Nord (Hutson *et al.* 2001). Cependant, au niveau spécifique, Pereswiet-Soltan (2007) a rapporté une richesse plus faible en Afrique du Nord que sur la rive nord de la Méditerranée. Cette anomalie peut être la résultante d'absence d'inventaires approfondis des chauves-souris dans la plupart des régions du Maghreb.

L'Algérie, le plus grand pays d'Afrique, présente un gradient de zones bioclimatiques allant des montagnes méditerranéennes humides dans le nord jusqu'au désert et massifs volcaniques dans le sud et offre des biotopes qui rendent possible l'existence d'un peuplement de chauves-souris diversifié. Les 26 espèces actuellement répertoriées (Ahmim, 2017, Loumassine *et al.*, 2017) utilisent une large gamme d'habitats de chasse et de gîtes dans les différents ensembles géographiques.

A partir de la synthèse bibliographique établie par Ahmim (2017) après les travaux de Gaisler (1983, 1984), Gaisler & Kowalski (1986) et Kowalski & Rzebik-Kowalska (1991), il ressort que 16 espèces vivent dans la zone littorale qui ne représente que moins de 10 % de la superficie totale du territoire ; cette zone est suivie par les Atlas Tellien et Saharien avec 14 espèces. Les zones les moins riches en Chiroptères sont les hauts plateaux et la steppe ainsi que le Sahara et ses massifs montagneux avec respectivement 10 et 12 espèces. Ces deux dernières zones occupent plus de 90% de la superficie de l'Algérie.

III. Influence de l'étage bioclimatique sur le peuplement de Chiroptères

Il est admis que les facteurs environnementaux qui dirigent la sélection des habitats de chasse et des gîtes par les Chiroptères sont peu connus pour beaucoup d'espèces à enjeu de conservation (McConville *et al.* 2013). En outre, la réponse fonctionnelle des Chiroptères à ces agents dépend d'une combinaison de traits d'histoire de vie rendant certains groupes fonctionnels d'espèces plus sensibles aux modifications de ces facteurs (McConville *et al.* 2013). De façon générale, il convient de comprendre l'importance des facteurs environnementaux qui agissent sur la richesse spécifique et la composition des communautés pour développer des mesures de conservation efficaces et pertinentes (Mehr *et al.* 2011).

Dans le but de rechercher les facteurs environnementaux, impliqués dans la distribution des Chiroptères en Algérie, nous avons échantillonné par identification acoustique les chauves-souris dans plusieurs écosystèmes de deux régions autour de Tiaret dans l'étage bioclimatique semi-aride et de Bechar dans l'étage aride entre mars 2016 et janvier 2017 afin d'identifier les variations saisonnières de l'activité et de la richesse spécifique au-delà de l'influence de l'étage bioclimatique.

3.2. Matériel et Méthodes

Le réseau des sites étudiés couvre des territoires en Algérie occidentale : hauts plateaux de la wilaya de Tiaret pour l'étage semi-aride (334.0 mm de précipitations annuelles) et Atlas Saharien pour celle de Bechar pour l'étage aride (72.4 mm de précipitations) (Fig. 1). Située au nord-ouest du pays, la wilaya de Tiaret se présente comme une zone de contact entre le Tell au nord et les hautes plaines au sud, caractérisée par une altitude comprise entre 800-1200 m. La wilaya de Bechar présente une bande frontalière de plus de 600 km avec le Maroc, les reliefs et le caractère hétérogène de l'espace avec des zones montagneuses, des oueds, des regs et des ergs dont le Grand Erg Occidental qui occupe une importante surface au sud de la wilaya.

Les sites sélectionnés couvrent une diversité d'habitats favorables aux Chiroptères (boisements, fermes agricoles, villes, plan d'eau, oued, oasis) (voir chapitre 2). L'activité des Chiroptères a été étudiée entre mars 2016 et janvier 2017 avec un détecteur d'ultrasons Pettersson D-240X relié à un Edirol R05 pour l'enregistrement des séquences acoustiques. Les cris d'écholocation ont été analysés manuellement avec le logiciel BatSound V.4.2 (Pettersson Elektronik).

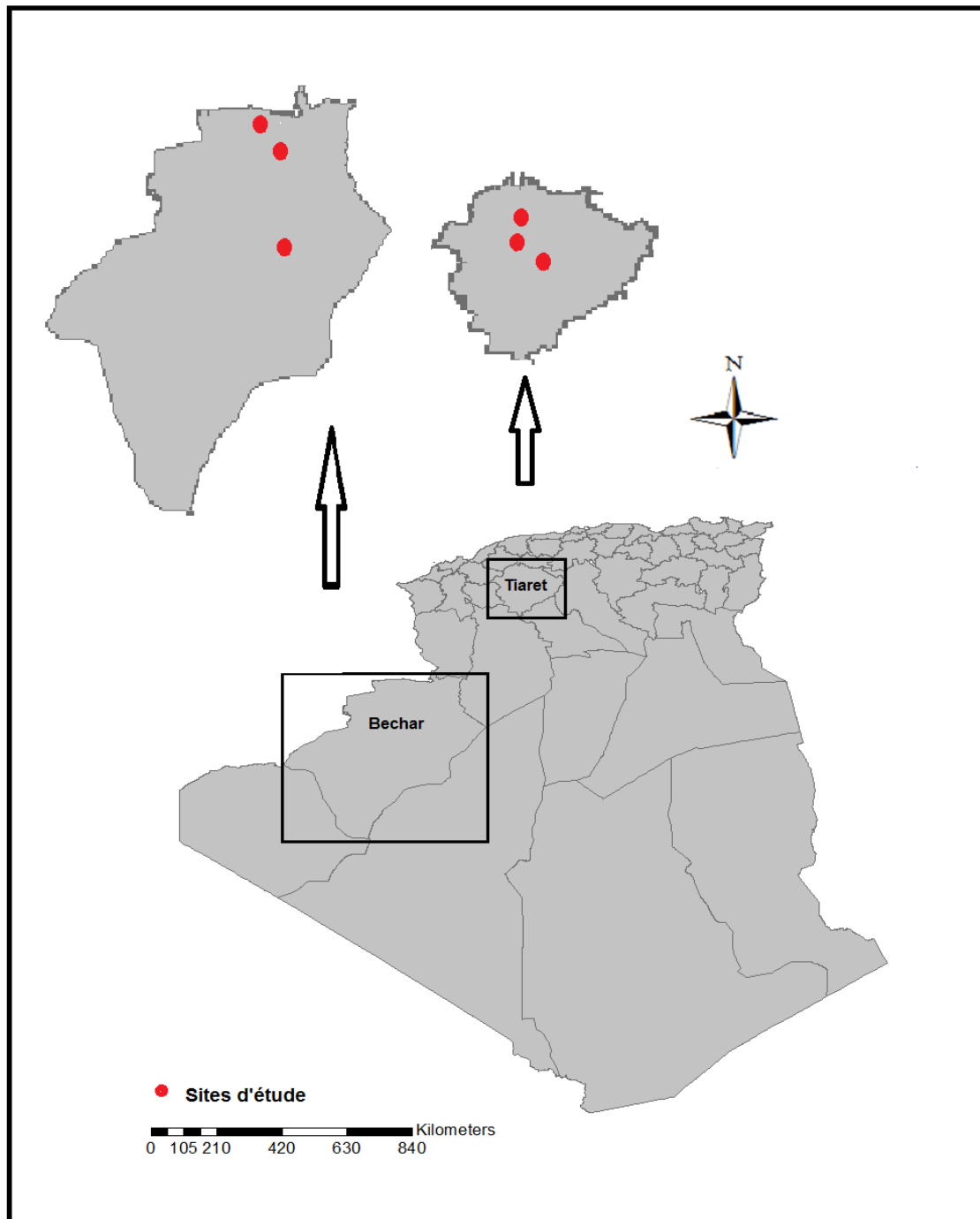


Figure 1. Zones d'études de Tiaret en semi-aride et Bechar en zone aride

3.2.1. Indices d'activité et de diversité faunistique

L'indice d'activité correspond au nombre de contacts de Chiroptères par heure, où un contact de Chiroptère correspond à une séquence acoustique bien différenciée, quelle

III. Influence de l'étage bioclimatique sur le peuplement de Chiroptères

que soit sa durée (Barataud 2012). Toutefois, certains spécimens restent en chasse dans un seul habitat (cas des plans d'eau) pendant quelques minutes et peuvent émettre une séquence sonore continue (parfois durant plusieurs minutes) ce qui exprimerait mal le niveau élevé de leur activité (Barataud & Giosa 2013).

La diversité faunistique a été évaluée en utilisant plusieurs indices écologiques permettant d'étudier la structure des peuplements en faisant référence à un cadre spatio-temporel concret et permettent d'avoir en un seul chiffre une évaluation de la biodiversité du peuplement. Ces indices constituent des outils pratiques pour la mise en évidence des perturbations les plus marquées (Gaujoux 1995).

Parmi ces indices nous avons utilisé :

- L'indice de Dominance : $ID = [n_i \times 100] / N$; avec n_i : le nombre total des contacts de l'espèce i dans l'échantillon ; N : le nombre total de contacts de toutes les espèces dans l'échantillon.

- L'indice de Constance : $IC = [N_{pi} \times 100] / N_p$; avec : N_{pi} : le nombre des échantillons comprenant l'espèce i ; N_p : le nombre total d'échantillons.

- La richesse spécifique : il s'agit de la mesure de diversité la plus ancienne et la plus élémentaire, fondée directement sur le nombre d'espèces inventoriées dans un site donné. La richesse totale (S) est le nombre d'espèces contactées au moins une fois au terme de N relevés effectués. L'adéquation de ce paramètre à la richesse réelle est bien entendue d'autant meilleure que le nombre de relevés est grand (Blondel 1975). Celle-ci ne permet pas une comparaison statistique de la richesse des peuplements et donne un même poids à toutes les espèces quelles que soient leurs abondances relatives.

- La richesse spécifique moyenne (S_m) correspond au nombre moyen des espèces présentes dans un échantillon (Ramade 1984). Etant une moyenne, elle permet de comparer la richesse de deux peuplements quelque soit le nombre de relevés, elle donne à chaque espèce un poids proportionnel à sa probabilité d'apparition pendant toutes les observations. Elle a pour formule : $S_m = \text{Nombre total d'espèces recensées dans tous les relevés} / \text{Nombre total de relevés réalisés}$.

- L'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') convient bien à l'étude comparative des peuplements et exprime le mieux leur diversité (Ramade 1984) ; il combine l'abondance et la richesse spécifique (Grey *et al.* 1994) et permet de caractériser l'équilibre écologique du peuplement d'un écosystème (Andral 2007). Il a pour expression : $H' = - \sum (n_i / N) \log (n_i / N)$.

III. Influence de l'étage bioclimatique sur le peuplement de Chiroptères

- L'indice d'équi-répartition (E), appelé également indice de Pielou (1966), accompagne l'indice de Shannon-Weaver et permet de mettre en rapport la diversité mesurée à la diversité maximale (Puerto & Rico 1997). $E = H'/H_{max} = H'/\log_2 S$. E varie entre 0 (abondance d'une seule espèce dans le peuplement) et 1 (le nombre d'individus par espèce est presque le même).
- L'indice de Simpson (D) mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce (Grall & Coic 2006). En écologie il est souvent utilisé pour qualifier la biodiversité d'un habitat. Il prend en compte le nombre d'espèces présentes, ainsi que l'abondance de chaque espèce (Simpson 1949). Il convient à l'étude comparative des peuplements. Il est calculé à partir de la somme des carrés abondances relatives des espèces, il s'écrit : $D = 1 / \sum_{i=1}^s p_i^2$; ($p_i = n_i/N$). Cette valeur varie entre S et 1 ($S > D > 1$).
- L'équitabilité de Simpson (Es) est le rapport entre l'indice de Simpson D et la richesse spécifique totale S, il permet d'exprimer la dominance d'une espèce lorsqu'il tend vers 0 ou la codominance de plusieurs espèces lorsqu'il tend vers 1 (Ramade 2003). Il a pour formule : $E_s = \frac{D-1}{S-1}$
- L'indice de diversité de Hill permet d'obtenir une vue encore plus précise de la diversité observée. Il s'agit d'une mesure de l'abondance proportionnelle, permettant d'associer les indices de Shannon-Weaver et de Simpson (Grall & Hily 2003). En utilisant la sensibilité de l'indice de Shannon aux effectifs des espèces rares et la sensibilité de l'indice de Simpson aux effectifs des espèces abondantes, l'indice de Hill semble le plus synthétique. Plusieurs auteurs recommandent d'ailleurs son utilisation (Peet 1974 ; Routledge 1979).
 $Hill = (1/D)^{1/H'}$
- L'indice de diversité (Q) de Qinghong : calculé sur la base des indices H' et E et le nombre de taxons, il tient compte à la fois de la richesse spécifique et de l'équitabilité. Il est calculé en utilisant la relation suivante : $Q = H'/\sin(E)$.

3.2.2. Analyses statistiques

III. Influence de l'étage bioclimatique sur le peuplement de Chiroptères

Nous avons appliqué des tests de Mann-Whitney pour mettre en évidence d'éventuelles différences significatives entre les nombres de contacts des espèces de Chiroptères à Tiaret et à Bechar. Une corrélation a été calculée pour quantifier la relation entre la température et le nombre de contacts des chauves-souris dans chaque région. Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel STATISTICA (version 8).

3.3. Résultat

3.3.1. Communautés régionales de chauves-souris

Au cours des prospections menées pendant 72 heures (36 nuits) dans les deux régions de Tiaret et Bechar nous avons enregistré un total de 18 280 contacts de chauves-souris identifiés à 15 espèces appartenant à six familles ; Hipposideridae, Rhinolophidae, Rhinopomatidae, Molossidae, Miniopteridae et Vespertilionidae (Tab. 1).

Dans la région de Tiaret, les rhinolophes (*Rhinolophus ferrumequinum*, *Rhinolophus blasii*) et la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) ont été rarement détectées, ce sont donc des espèces accidentelles. La Sérotine isabelle (*Eptesicus isabellinus*) enregistrée d'une façon irrégulière, a été classée espèce "sub-dominante". La Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) et le Vespère de Savi (*Hypsugo savii*), espèces les plus détectées, ont été classées "eu-dominantes".

Dans la région de Bechar, le Minioptère de Schreibers (*Miniopterus schreibersii*), la Pipistrelle de Rüppell (*Vansonia rueppellii*), le Vespère de Savi, le Molosse de Cestoni (*Tadarida teniotis*), l'Oreillard d'Hemprich (*Otonycteris hemprichii*), le Grand rhinopome (*Rhinopoma microphyllum*) et le Petit rhinopome (*Rhinopoma cystops*) ont été rarement enregistrés, ils ont été classés espèces "accidentelles". La Sérotine isabelle enregistrée de façon irrégulière aussi, a été classée espèce "accessoire". La Pipistrelle de Kuhl, espèce la plus détectée a été classé espèce "eu-constante". La Pipistrelle du désert (*Pipistrellus kuhlii deserti*) et le Trident du désert (*Asellia tridens*), chauves-souris sahariennes ont été aussi des espèces "eu-dominantes".

3.3.2. Comparaison des peuplements de Chiroptères

Un total de 5994 contacts a été recensé sur les hauts plateaux de la région de Tiaret. Les résultats obtenus montrent la dominance de *P. kuhlii* avec 3114 contacts, suivie par *H. savii* avec 2357 contacts. *E. isabellinus* présente 254 contacts, *R.*

III. Influence de l'étage bioclimatique sur le peuplement de Chiroptères

ferrumequinum, *R blasii*, *R hipposideros* et *P pipistrellus* sont classés par ordre décroissant et ne dépassent pas 270 contacts (Fig. 2).

Les 12286 contacts de Chiroptères recensés à Bechar sont inégalement répartis entre les 11 espèces identifiées (Fig. 2), avec la prédominance de *Pipistrellus kuhlii deserti* (4779 contacts) et *Pipistrellus kuhlii* (4667 contacts). Avec 1262 contacts *Aseilia tridens* est la troisième espèce du peuplement chiroptérologique. *Hypsugo savii*, *Eptesicus isabellinus*, *Rhinopoma cystops*, *R. microphyllum*, *Vansonia rueppellii* et *Miniopterus schreibersii* présentent des nombres de contacts plus faibles ; *Tadarida teniotis* et *Otonycteris hemprichii* sont les plus rares avec respectivement 82 et 39 contacts.

3.3.3. Analyses indicielles

Parmi les résultats des indices de diversité (Tab. 2) il convient de retenir les points suivants.

- La richesse spécifique totale (S) a été de 7 à Tiaret contre 11 à Bechar.
- La richesse spécifique moyenne (S_m) a été de 1,16 à Tiaret et 1,83 à Bechar. Ces valeurs sont faibles par rapport à (S) en raison des déplacements constants et à la spatialisation des espèces de Chiroptères qui ne se trouvent que rarement en grand nombre dans un même habitat au même moment.
- La valeur de diversité de Shannon-Weaver (H') est de 0,45 bits à Tiaret pour une diversité maximale (H'_{max}) de 0,84 et une équitabilité de 0,53. A Bechar H' est de 0,64 bits pour une diversité maximale de 1,04 et une équitabilité de 0,61. Ces faibles valeurs de H' dans les deux régions s'expliquent par la dominance écrasante de *Pipistrellus kuhlii* et *Hypsugo savii* à Tiaret, de *Pipistrellus kuhlii deserti* et *Pipistrellus kuhlii* à Bechar.
- L'indice de diversité de Simpson (D) confirme la faible diversité et l'irrégularité des peuplements étudiés dans les deux régions avec des valeurs respectives de 3,30 et 2,34.
- Les indices de Hill et de Qinghong (Q) confirment les faibles diversités et régularités des peuplements chiroptérologiques, en affichant des valeurs respectives de 0,27 et 0,88 à Tiaret contre 0,23 et 1,10 à Bechar.

III. Influence de l'étage bioclimatique sur le peuplement de Chiroptères

Tableau 2 : Descripteurs de diversité calculée pour les peuplements de Chiroptères des régions de Tiaret et Bechar entre mars 2016 et janvier 2017. N - nombre de contacts ; S - richesse spécifique ; Sm - richesse spécifique moyenne ; H' - Indice de Shannon-Weaver ; E - Indice d'équi-répartition ; D ; Indice de Simpson ; Es - Equitabilité de Simpson ; Hill - Indice de diversité de Hill ; Q - Indice de Qinghong :

Descripteurs	N	S	Sm	H'	H'max	E	D	Es	Hill	Q
Tiaret	5994	7	1.16	0.45	0.84	0.53	2.34	0.22	0.27	0.88
Bechar	12286	11	1.83	0.64	1.04	0.64	3.30	0.23	0.23	1.10

3.3.4. Comparaisons mensuelles de l'activité des Chiroptères

A Tiaret nous avons enregistré une activité durant les mois de mars, avril, août et octobre (Fig. 3), aucune activité n'a été enregistrée en décembre et janvier. L'activité la plus élevée a été enregistrée en août et octobre. A Bechar, les chauves-souris ont été actives durant les mois de mars, avril, août, octobre et décembre (Fig. 3), aucune activité n'a été détectée en janvier. Les mois d'avril et octobre présentent les activités les plus élevées alors que les activités les plus faibles ont été enregistrées en août, mars et décembre.

L'activité mensuelle des Chiroptères est significativement différente entre les régions de Tiaret et Bechar ($p < 0,001$). Les mois d'avril, octobre et décembre présentent des différences d'activité significatives (avril : $P < 0,0001$; octobre : $P < 0,0001$, décembre : pas d'activité à Tiaret). L'activité n'est pas significativement différente aux mois de mars et août (respectivement).

A Tiaret l'activité des Chiroptères est nulle en dessous de 10°C (Fig. 4), au-dessus elle augmente avec la température $26 - 28^{\circ}\text{C}$ ($r = 0,556$; $p < 0,001$). A Bechar l'activité est également nulle en dessous de 10°C et les températures élevées ($\geq 35^{\circ}\text{C}$) (Fig. 4) affectent négativement l'activité des Chiroptères, l'activité la plus forte a été enregistrée entre 27 et 31°C .

III. Influence de l'étage bioclimatique sur le peuplement de Chiroptères

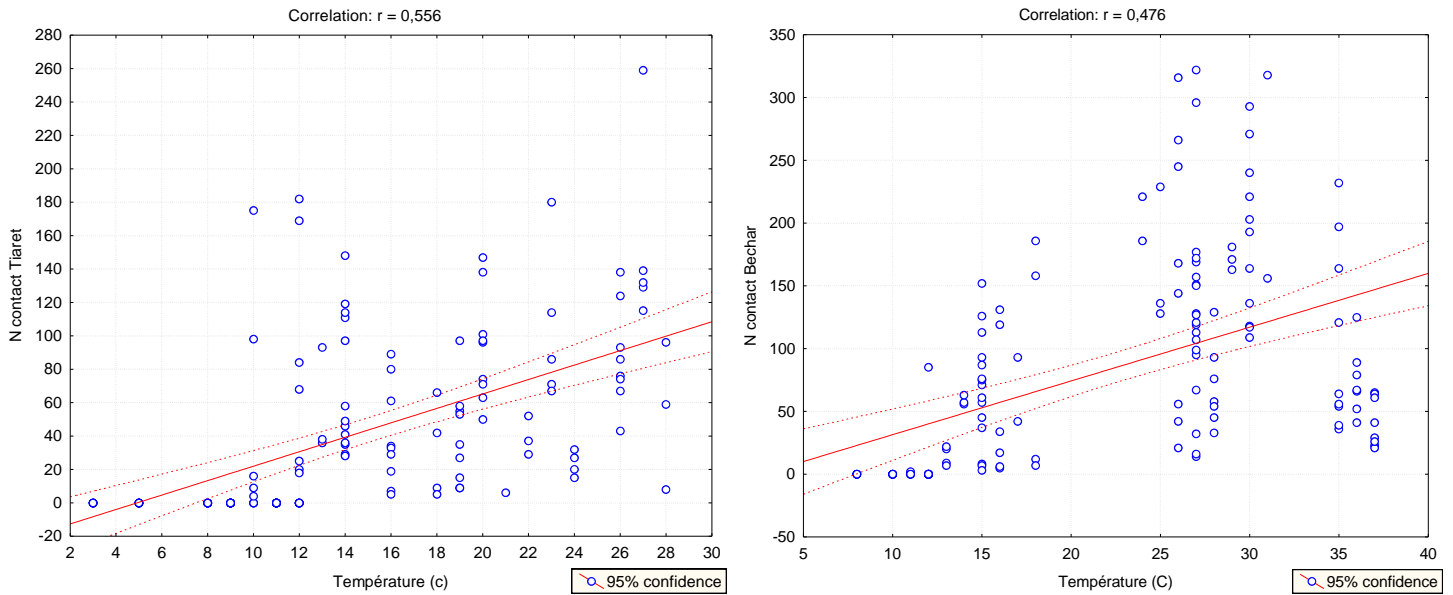


Figure 4 : Variations de l'activité des espèces de Chiroptères dans les régions de Tiaret et Bechar en fonction de la température entre mars 2016 et janvier 2017.

A Tiaret, la richesse spécifique mensuelle a varié de 2 espèces (mars et avril), jusqu'à 6 espèces (août et octobre). *P. kuhlii* et *H. savii* ont été les plus détectés et l'ont été signalés durant tous les mois de mars, avril, août et octobre (Tab. 3). *E. isabellinus*, *R. ferrum equinum*, *R. hipposideros* ont été enregistrés en août et octobre, *P. Pipistrellus* a été rarement détecté en août, tandis que *R. blasii*, n'a été identifié qu'en octobre (Tab. 3). A Bechar, la richesse spécifique a varié de 3 espèces (mars) jusqu'à 8 espèces (avril). *P. kuhlii*, *P. kuhlii deserti* et *E. isabellinus* ont été détectées tous les mois (Tab. 3). *P. kuhlii* et *P. kuhlii deserti* ont été les taxons les plus détectées au cours de la période d'étude. *H. savii* a été enregistré en mars, avril et octobre, *M. schreibersii* en mars et avril, *R. cystops* et *A. tridens* en avril, août et octobre et *R. microphyllum* en avril et août. *T. teniotis*, *O. hemprichii* et *V. rueppellii* n'ont été que rarement détectés (Tab. 3).

Nous avons enregistré *P. kuhlii*, *H. savii* et *E. isabellinus* dans les deux régions de Tiaret et Bechar avec des variations du nombre de contacts des trois espèces au cours de la période d'étude (Fig. 3). A Tiaret *P. kuhlii* et *H. savii* ont été contactés tous les mois (d'activité) avec un pic en août. *E. isabellinus* n'a été identifiée qu'en août et octobre. A Bechar *P. kuhlii* et *E. isabellinus* ont été contactées entre mars et décembre avec un pic d'activité en avril et octobre, l'activité la plus faible (hors janvier) ayant été enregistrée en août. *H. savii* n'a été identifié qu'en mars, avril et octobre.

3.4. Discussion

L'étude acoustique menée dans les régions de Tiaret et Bechar entre mars 2016 et janvier 2017 a livré une richesse spécifique totale de 15 espèces de Chiroptères appartenant à six familles, avec trois espèces *Pipistrellus kuhlii*, *Hypsugo savii* et *Eptesicus isabellinus* en commun. Malgré le faible nombre de prospections, se dessinent deux peuplements très différents avec *Rhinolophus blasii*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *Rhinolophus hipposideros* et *Pipistrellus pipistrellus* sur les Hauts Plateaux de la région de Tiaret ; *Asellia tridens*, *Rhinopoma cystops*, *R. microphyllum*, *Tadarida teniotis*, *Otonycteris hemprichii*, *Miniopterus schreibersii*, *Pipistrellus kuhlii deserti* et *Vansonia rueppellii* dans l'Atlas saharien (région de Bechar). La présence d'*Hypsugo savii*, espèce signalée plus au sud en Algérie et au Maroc (Aulagnier 2013 a), est originale pour l'Algérie occidentale.

Le peuplement chiroptérologique dans la région semi-aride de Tiaret est le moins important en termes de richesse spécifique et d'activité, avec sept espèces appartenant à deux familles seulement, les Rhinolophidae et les Vespertilionidae. Cette liste s'avère incomplète avec l'absence de *Rhinolophus mehelyi*, signalé par Kowalski & Rzebik-Kowalska (1991) sur les hautes plaines de l'Oranie à Sig (Mascara), *Myotis punicus* et *Miniopterus schreibersii*, espèces déjà capturées dans la localité de Oued Lili à Tiaret (Loumassine *et al.* 2016).

Les chauves-souris ont été actives en mars, avril, août et octobre ; aucune activité n'a été enregistrée en décembre et janvier. Une corrélation significative entre la température et l'activité des Chiroptères a été observée, les faibles températures affectant négativement cette activité. Au nord-est de l'Algérie, Bendjeddou (2016) a également signalé une activité des Chiroptères du Parc National d'El Kala durant toute l'année à l'exception des mois de décembre et janvier, l'absence d'activité à des basses températures correspondant à l'hibernation. Ce patron est typique des régions tempérées, où les chauves-souris sont actives pendant les mois les plus chauds et hibernent pendant les mois les plus froids, même si une occasionnelle activité hivernale a été signalée depuis longtemps (Verschuren 1949 ; Hooper & Hooper 1956). L'activité hivernale occasionnelle devient régulière dans la région méditerranéenne comme il a été rapporté d'Algérie par Gaisler (1983-1984) et Gaisler & Kowalski (1986).

III. Influence de l'étage bioclimatique sur le peuplement de Chiroptères

La région aride de Bechar héberge une richesse spécifique de 11 espèces appartenant à cinq familles ; Hipposideridae, Rhinopomatidae, Molossidae, Minopteridae et Vespertilionidae. Une seule espèce désertique *Nyctinomus aegyptiaca*, autrefois signalée dans le Sud-Ouest algérien (Kowalski & Rzebik-Kowalska 1991), n'a pas été enregistrée dans l'Atlas saharien ; son absence peut être liée au petit nombre d'enregistrements mensuels. En effet, les Chiroptères ont été très actifs en mars, avril et octobre et moins en août et décembre ; en janvier l'activité était nulle. Dans cette zone aride les températures élevées comme les températures basses affectent négativement l'activité ; ceci a déjà été observé dans des biotopes similaires notamment en Iran et en Israël (Benda *et al.* 2012 ; Amichai *et al.* 2012). Les grosses chaleurs de l'Atlas saharien semblent confirmer l'hypothèse que les espèces de chauves-souris entrent en léthargie estivale suite aux températures élevées (Kunz 1982 ; Speakman *et al.*, 1994). Par ailleurs, les pics d'activités enregistrés au printemps et en automne signent d'éventuelles migrations des espèces de chauves-souris.

Seules *Pipistrellus kuhlii*, *Pipistrellus kuhlii deserti* et *Eptesicus isabellinus* ont été actives en décembre. Nos résultats corroborent ceux déjà obtenus dans le centre de la Tunisie au Parc National de Bouhedma, par Dalhoumi *et al.* (2016b) qui ont enregistré une importante activité de *Pipistrellus kuhlii* et *Eptesicus isabellinus* durant les mois de décembre et janvier. Dans les régions du sud de la Méditerranée, ces espèces pourraient ne pas hiberner, ou hiberner, mais leur léthargie serait souvent interrompue par des périodes d'activités de chasse comme il a été rapporté précédemment (par exemple : Weber 1955 ; Lewis & Harrison 1962 ; Gaisler & Kowalski 1986 ; Carmel & Safriel 1998 ; Lanza 2012 pour *P. kuhlii* ; Gaisler & Kowalski 1986 pour *E. isabellinus*).

Dans nos résultats il apparaît que *P. kuhlii*, *Hypsugo savii* et *E. isabellinus* ont été les chauves-souris les plus enregistrées dans les deux régions. A Tiaret l'activité des rhinolophes et de la pipistrelle commune a été beaucoup plus faible que celle de *P. kuhlii* et *H. savii*. A Bechar, un nombre de contacts élevé a été enregistré pour *A. tridens*, espèce typique de la frange désertique en Afrique du Nord. Le faible nombre de contacts de *Rhinopoma cystops*, *R. microphyllum*, *Tadarida teniotis*, *Otonycteris hemprichii* et *Vansonia rueppellii* peut être lié à la grande étendue de leur aire de chasse potentielle qui leur permet d'exploiter les vastes territoires du désert (Wiederholt *et al.* 2013).

III. Influence de l'étage bioclimatique sur le peuplement de Chiroptères

M. schreibersii n'a été identifié qu'au printemps. Eger (2013) rapporte que cette espèce hiberne même en Afrique du Nord. Pourtant une activité annuelle a pu être enregistrée chez cette espèce dans le centre de la Tunisie (Dalhoumi *et al.* 2016b). Potentiellement les contacts enregistrés à Bechar appartiennent probablement à *M. maghrebensis*, forme répandue au sud du Maroc et de la Tunisie (Puechmaille *et al.* 2014), l'effort d'échantillonnage pour d'autres régions limitrophes et frontalières peuvent démontrer l'hypothèse de son éventuelle existence.

Otonycteris hemprichii a été détecté au cours d'une seule et unique sortie au mois de mars, alors que Dalhoumi *et al.* (2016b) ont signalé l'activité de cette espèce saharienne dans le Parc National de Bouhedma durant toute l'année, à l'exception du mois de décembre. Son absence peut être liée au nombre réduit d'enregistrements mensuels au cours de la période d'étude. En fait, cette espèce peut entrer dans un état de torpeur quotidienne profonde ou peu profonde, même pendant la gestation (Daniel *et al.* 2010). Les spécimens s'engourdissent pendant la journée dès qu'ils sont exposés à une température ambiante inférieure à 25°C ; leur thermorégulation nocturne s'avère bien adaptée aux chaleurs de l'été (Marom *et al.* 2006). *Rhinopoma cystops* a été enregistré en avril, août et octobre alors que *R. microphyllum* n'a été détecté qu'en avril et août. En Tunisie Dalhoumi *et al.* (2016b) rapportent une activité entre mai et octobre pour *R. cystops*. Cette espèce, active pendant la majeure partie de l'hiver, peut utiliser des réserves de graisse accumulées au niveau de la queue (Aulagnier 2013b). Toutefois, Levin *et al.* (2015) ont constaté une véritable hibernation pendant cinq mois en Israël. Cette observation pourrait expliquer l'absence d'activité des rhinopomes enregistrée à Bechar, une éventuelle migration vers le sud est une hypothèse alternative confortée par des observations en Inde chez le Rhinopome de Hardwicke, *R. hardwickii* (Khajuria 1979 *in* Bates & Harrison 1997).

3.5. Conclusion

Dans le cadre de ce travail, nous avons détecté 15 espèces de chauves-souris, avec une richesse spécifique de sept espèces à Tiaret et onze espèces à Bechar. Les résultats de cette étude confirment que les Hauts Plateaux sont faiblement peuplés en Chiroptères avec seulement 25% du peuplement algérien. L'Atlas saharien abrite plus de 40% de la diversité chiroptérologique nationale. Dans cette communauté, une espèce (le Minioptère de Schreibers) est classée "vulnérable" selon l'UICN. Cela confère aux

III. Influence de l'étage bioclimatique sur le peuplement de Chiroptères

habitats arides un rôle majeur pour sa conservation. Les types fauniques contractés à Tiaret, renferment deux espèces (le Grand Rhinolophe , le Rhinolophe de Blasius) qui sont « Quasi menacées » sur la liste rouge méditerranéenne, cela devrait influencer les efforts de conservation pour restaurer les habitats favorables aux Chiroptères.

L'absence de *R. mehelyi*, *M. punicus* et *M. schreibersii* sur les Hauts Plateaux et *N. aegyptiaca* au Sahara nécessite des études plus approfondies. Ainsi d'autres sites et biotopes devront être échantillonnés avec l'appui de la détection automatique pour atteindre les objectifs fixés. Ces nouvelles technologies pourraient permettre de compléter les informations disponibles sur la biogéographie des Chiroptères en Algérie, et plus largement dans tout le Maghreb.

Si certains aspects abordés dans cette thématique permettent une comparaison avec des études antérieures, elle reste néanmoins toujours perfectible. C'est pour quoi des programmes de suivis et de surveillances sont suggérés à la suite de cette étude, en tenant compte évidemment du statut qui caractérise les Chiroptères d'Algérie ainsi que la mosaïque d'habitats qu'ils exploitent pour une meilleure gestion conservatoire de ces espèces vulnérables et des écosystèmes steppiques et sahariens.

3.6. Références bibliographiques

- Ahmim M., 2014. Ecologie et biologie de la conservation des Chiroptères de la région de la Kabylie des Babors (Algérie). Thèse de Doctorat, Université Abderrahmane Mira-Bejaia, Algérie, 183 pp.
- Ahmim M., 2017. Current status, distribution and conservation status of Algerian bats (Mammalia: Chiroptera). *Journal of Threatened taxa*, 9 : 9723-9733 ; <http://doi.org/10.11609/jott.2576.9.1.9723-9733>.
- Amichai, E., Levin, E., Kronfeld-Schor, N., Roll, U., Yom-Tov, Y., 2013. Natural history, physiology and energetic strategies of *Asellia tridens* (Chiroptera). *Mammalian Biology* 78, 94-103.
- Aulagnier S. & Thévenot M., 1986. Catalogue des Mammifères sauvages du Maroc. Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie, 41 : 1-163.
- Aulagnier S., 2013a. *Pipistrellus savii* Savi's Pipistrelle. In : Happold M. & Happold D.C.D. (eds), *Mammals of Africa. Volume IV. Hedgehogs, shrews and bats*. Bloomsbury, London, pp. 651-652.
- Aulagnier S., 2013b. *Rhinopoma hardwickii* Lesser mouse-tailed bat. In : Happold M. & Happold D.C.D. (eds), *Mammals of Africa. Volume IV. Hedgehogs, shrews and bats*. Bloomsbury, London, pp. 412-414.
- Barak Y. & Yom-Tov Y., 1991. The mating system of *Pipistrellus kuhli* (Microchiroptera) in Israel. *Mammalia*, 55 : 285-292
- Barataud M., 2002. Méthode d'identification acoustique des Chiroptères d'Europe. Mise à jour printemps 2002. Sittelle, Mens, France, 13 pp + CD
- Barataud M., 2012. Écologie acoustique des Chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope, Mèze. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France, 344 pp.
- Barataud M. & Giosa S., 2013. Identification et écologie acoustique des Chiroptères de la Réunion. *Le Rhinolophe* 19 : 147-175.
- Bates P.J.J. & Harrison D.L., 1997. *Bats of the Indian Subcontinent*. Harrison Zoological Museum Publications, Sevenoaks, 258 pp.
- Benda P., Andreas M., Kock D., Lučan R., Munclinger P., Nová P., Obuch J., Ochman K., Reiter A., Uhrin M. & Weinfurtová D., 2006. Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean. Part 4. Bat fauna of Syria: distribution, systematics, ecology. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 70 : 1-329.

III. Influence de l'étage bioclimatique sur le peuplement de Chiroptères

- Benda P., Dietz C., Andreas M., Hotový J., Lučan R.K., Maltby A., Meakin K., Truscott J. & Vallo P., 2008. Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Part 6. Bats of Sinai (Egypt) with some taxonomic, ecological and echolocation data on that fauna. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 72 : 1-103.
- Benda P., Lučan R.K., Obuch J., Reiter A., Andreas M., Bačkor P., Bohnenstengel T., Eid E.K., Ševčík M., Vallo P. & Amr Z.S., 2010. Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Part 8. Bats of Jordan: fauna, ecology, echolocation, ectoparasites. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 74 : 185-353.
- Benda P., Faizolâhi K., Andreas M., Obuch J., Reiter A., Ševčík M., Uhrin M., Vallo P. & Ashrafi S., 2012. Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Part 10. Bat fauna of Iran. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 76 : 163-582.
- Benda P., Spitzenberger F., Hanák V., Andreas M., Reiter A., Ševčík M., Šmíd J. & Uhrin M., 2014. Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Part 11. On the bat fauna of Libya II. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 78 : 1-162.
- Bendjeddou M.L., 2016. Inventaire des Chiroptères dans le nord-est Algérien et faune ectoparasite associée. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie. 238 pp.
- Blondel J., 1975. L'analyse des peuplements d'oiseaux, élément d'un diagnostic écologique. *Terre et Vie*, 29 : 533-589.
- Britzke E.R., Duchamp J.E., Murray K.L., Swihart R.K. & Robbins L.W., 2011. Acoustic identification of bats in the eastern United States: A comparison of parametric and nonparametric methods. *Journal of Wildlife Management*, 75 : 660-668.
- Burel F. & Baudry J., 1999. *Ecologie du paysage: concepts, méthodes et applications*, Technique & Documentation, Paris, 201 pp.
- Carmel Y. & Safriel U., 1998. Habitat use by bats in a Mediterranean ecosystem in Israel: Conservation implications. *Biological Conservation*, 84 : 245-250.
- Charbonnier Y., 2014. Relations entre diversité des habitats forestiers et communautés de Chiroptères à différentes échelles spatiales en Europe : implications pour leur conservation et le maintien de leur fonction de prédation. Biodiversité et Ecologie. Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux, France, 215 pp.
- Dalhoumi R., Aissa P. & Aulagnier S., 2015. Cycle annuel d'activité des Chiroptères du Parc National de Bou Hedma (Tunisie). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 70 : 261-270.

III. Influence de l'étage bioclimatique sur le peuplement de Chiroptères

- Dalhoumi R., Aissa P. & Aulagnier S., 2016a. Seasonal variations of sexual size dimorphism in two Mediterranean bat species from Tunisia : the Kuhl's pipistrelle (*Pipistrellus kuhlii*) and the Isabelline serotine (*Eptesicus isabellinus*). *Folia Zoologica*, 65 : 157-163.
- Dalhoumi R., Aissa P. & Aulagnier S., 2016b. Bat species richness and activity in Bou Hedma National Park (central Tunisia). *Turkish Journal of Zoology*, 40 : 864-875.
- Daniel S., Korine C. & Pinshow B., 2010. Foraging behavior of a desert dwelling arthropod gleaning bat (*Otonycteris hemprichii*) during pregnancy and nursing. *Acta Chiropterologica*, 12 : 293-299.
- Dietz M. & Kalko E.K.V., 2005. Seasonal changes in daily torpor patterns of free-ranging female and male Daubenton's bats (*Myotis daubentonii*) *Journal of comparative Physiology B : Biochemical, systemic, and environmental Physiology*, 176 : 223-231.
- Dietz C., von Helversen O. & Nill D., 2009. L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord : biologie, caractéristiques, protection. Delachaux et Niestlé, Paris, France, 400 pp.
- Disca T., Allegrini B. & Prié V., 2014. Caractéristiques acoustiques des cris d'écholocation de 16 espèces de Chiroptères (Mammalia, Chiroptera) du Maroc. *Le Vespère*, 3 : 209-229.
- Eger J., 2013. *Miniopterus schreibersii* Schreibers's long-fingered bat. In : Happold M. & Happold D.C.D. (eds.), *Mammals of Africa. Volume IV. Hedgehogs, shrews and bats*. Bloomsbury, London, pp. 721-722.
- Engelmann H.D., 1978. Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden [Dominance classification of the epideal arthropods]. *Pedobiologia* 18 : 378-380.
- Findley J., 1993. *Bats: A community perspective*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K, 167 pp.
- Gaisler J., 1983. Nouvelles données sur les Chiroptères du nord algérien. *Mammalia*, 47 : 359-369.
- Gaisler J., 1983-1984. Bats of northern Algeria and their winter activity. *Myotis*, 21-22 : 89-95.
- Gaisler J. & Kowalski K., 1986. Results of the netting of bats in Algeria (Mammalia, Chiroptera). *Věstník československé Společnosti zoologické*, 50 : 161-173.
- Gaujous D., 1995. *La pollution des milieux aquatiques. Aide mémoire. Deuxième édition*. Brochet, 220 pp.

III. Influence de l'étage bioclimatique sur le peuplement de Chiroptères

- Grall J. & Hily C., 2003. Traitement des données stationnelles (Faune). Rebent. FT.10-2003-01.doc.
http://www.rebent.org//medias/documents/www/contenu/pdf/document/Fiches_techniques/FT10-2003-01.pdf
- Grey R.D. & Kennedy M., 1994. Perceptual constraints on optimal foraging; a reason for departures from ideal free distribution? *Animal Behaviour*, 47 : 469-471.
- Hill J.E., 1977. A review of the Rhinopomatidae (Mammalia: Chiroptera). *Bulletin of the British Museum of natural History (Zoology)*, 32 : 29-43.
- Hutson A.M., Mickleburgh S.P. & Racey P.A., 2001. Microchiropteran bats. Global status survey and conservation action plan. I.U.C.N., Gland - Cambridge, Suisse - UK, 256 pp.
- Hooper J.H.D. & Hooper W.M., 1956. Habits and movements of cave dwelling bats in Devonshire. *Proceedings of the zoological Society of London*, 127 : 1-26.
- Horáček I., 1991. Enigma of *Otonycteris*: Ecology, relationship, classification. *Myotis*, 29 : 17-30.
- Ibáñez C., 2007. *Eptesicus serotinus* (Schreber, 1774) / *Eptesicus isabellinus* (Temminck, 1839). In : Palomo L.J., Gisbert J. & Blanco J.C. (eds.), Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos terrestres de España. Dirección General para la Biodiversidad - SECEM - SECEMU, Madrid, Espagne, pp. 237-240.
- Kowalski K. & Rzebick-Kowalska B., 1991. Mammals of Algeria. Polish Academy of Sciences. Institute of Systematics and Evolution of Animals, Wrocław, Pologne, 353 pp.
- Kowalski K., Gaisler J., Bessam H., Issaad C. & Ksantini H., 1986. Animal life cycle of cave bats in northern Algeria. *Acta Theriologica*, 13 : 185-206.
- Kunz T.H., 1982. Ecology of bats. Plenum Publishing Corporation, New York, USA, 241 pp.
- Lanza B., 2012. Fauna d'Italia. Mammalia V. Chiroptera. Calderini, Milano, Italie, 786 pp.
- Levin E., Plotnik B., Amichai E., Braulke L.J., Landau S., Yom-Tov Y., & Kronfeld-Schor N., 2015. Subtropical mouse-tailed bats use geothermally heated caves for 10 winter hibernation. *Proceedings of the Royal Society, Series B : Biological Sciences*, 282 : 2014-2781.
- Lewis R.E. & Harrison D.L., 1962. Notes on bats from the Republic of Lebanon. *Proceedings of the zoological Society of London*, 138 : 473-486.
- Loumassine HA., Bounaceur F., Allegrini B. & Aulagnier S., 2016 b. Contribution à la connaissance des Chiroptères dans quelques biotopes en Algérie Occidentale, 1^{er}

III. Influence de l'étage bioclimatique sur le peuplement de Chiroptères

Séminaire international sur la Biodiversité et Gestion des ressources naturelles ;
Passé-Présent-Future du 19 au 21 avril 2016, Université Mohamed Cherif Messadia,
Souk Ahras.

Loumassine H.E., Allegrini B., Bounaceur F., Aulagnier S., & Peyre O., 2017a. A new mammal species for Algeria, *Rhinopoma microphyllum* (Chiroptera: Rhinopomatidae) : morphological and acoustic identification. *Mammalia*, 2016-0153, DOI : 10.1515.

Loumassine H.E., Bounaceur F., Aulagnier S., 2017b. Premières données sur les populations de chauves-souris de la région de Boukais (Bechar, Sud-Ouest Algérien). *Revue d'Ecologie*, 13 : 27-30.

Lyons S.K. & Willig M.R., 2002. Species richness, latitude, and scale sensitivity. *Ecology*, 83: 47-58.

Marom S., Korine C., Wojciechowski M.S., Tracy C.R. & Pinshow B., 2006. Energy metabolism and evaporative water loss in the European free-tailed bat and Hemprich's long-eared bat (Microchiroptera): species sympatric in the Negev Desert. *Physiological and biochemical Zoology*, 79 : 944-956.

McConville, A., Law, B.S. & Mahony, M.J. (2013) Are regional habitat models useful at a local-scale? A case study of threatened and common insectivorous bats in South-Eastern Australia. *PLoS ONE*, 8 : e72420.

Mickleburgh S.P., Hutson A.M. & Racey P.A., 2002. A review of the global conservation status of bats. *Oryx*, 36 : 18-34.

Mehr M., Brandl R., Hothorn T., Dziock F., Förster B. & Müller J., 2011. Land use is more important than climate for species richness and composition of bat assemblages on a regional scale. *Mammalian Biology*, 76 : 451-460.

Norberg U.M. & Fenton M.B., 1988. Carnivorous bats? *The Biological Journal of the Linnean Society*, 33 : 383-394.

Obrist M.K., 1995. Flexible bat echolocation: The influence of individual, habitats and conspecifics on sonar signal design. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 36 : 207-219.

O'Farrell M.J. & Bradley W.J., 1970. Activity patterns of bats over a desert spring. *Journal of Mammalogy*, 51 :18-26.

Parsons S. & Szewczak J.M., 2009. Detecting, recording, and analyzing the vocalizations of bats. In : Kunz T.H & Parsons S. (eds.), *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Second edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA, pp. 91-111.

III. Influence de l'étage bioclimatique sur le peuplement de Chiroptères

- Pereswiet-Soltan A., 2007. Relation between climate and bat fauna in Europe. Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle "Grigore Antipa", 50 : 505-515.
- Peet R.K., 1974. The measurement of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics, 5 : 285-307.
- Proches S., 2005. The world's biogeographical regions: Cluster analyses based on 6 bat distributions. Journal of Biogeography, 32 : 607-614.
- Puechmaile S.J., Allegrini B., Benda P., Gürün K., Šrámek J., Ibáñez C., Juste J. & Bilgin R., 2014. A new species of the *Miniopterus schreibersii* species complex (Chiroptera: Miniopteridae) from the Maghreb Region, North Africa. Zootaxa, 3794 : 108-124.
- Puerto A. & Rico M., 1997. Edaphic variability and floristic structure on Mediterranean grassland slopes. Arid soil. Research and Rehabilitation, 11 : 9-22.
- Qinghom L., 1995. A model for species diversity monitoring at community level and its applications. Environmental Monitoring and Assessment, 34 : 271-287.
- Ramade F., 2003. Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. Troisième édition. Dunod, Paris, 690 pp. .
- Routledge R.D., 1979. Diversity indices: wich ones are admissible? Journal of theoretical Biology, 76 : 503-515.
- Russo D. & Jones G., 2002. Identification of twenty-two bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls. Journal of Zoology, 258 : 91-103.
- Silvin S. & Vacca A., 2004. Biostatistics : How it works. University of Californian, Berkeley, USA, 408 pp.
- Simmons N.B., 2005. Order Chiroptera. In : Wilson D.E. & Reeder D.M. (eds.), Mammal species of the World. A taxonomic and geographic reference. Third edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA, pp. 312-359.
- Speakman, J.R., Hays, G.C., Webb, P.I. 1994. Is hyperthermia a constraint on the diurnal activity of bats? Journal of theoretical Biology 171: 325-341.
- Vaughan N., Jones G. & Harris S., 1997. Habitat use by bats (Chiroptera) assessed by means of a broad band acoustic method. Journal of applied Ecology, 34 : 716-730.
- Verschuren J., 1949. L'activité et les déplacements hivernaux des Chiroptères en Belgique. Bulletin de l'Institut Royal de Sciences naturelles de Belgique, 25 : 1-7.
- Weber N., 1955. Notes on Iraq. Insectivora and Chiroptera. Journal of Mammalogy, 36 : 123-126.

III. Influence de l'étage bioclimatique sur le peuplement de Chiroptères

- Wiederholt R., Lopez-Hoffman L., Cline J., Medellín R.A., Cryan P., Russell A., McCracken G., Diffendorfer J. & Semmens D., 2013. Moving across the border: modeling migratory bat populations. *Ecosphere* 4 : 114. <http://dxdoi.org/10.1890/ES13-00023.1>
- Willig M.R. & Selcer K.W., 1989. Bat species diversity gradients in the New World: A statistical assessment. *Journal of Biogeography*, 16 : 189-195.
- Willig M.R., Kaufman D.M. & Stevens R.D., 2003. Latitudinal gradients in biodiversity: Pattern, process, scale, and synthesis, *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34 : 273-309.

CHAPITRE V

*Variations saisonnières du régime
alimentaire d'Asellia tridens au Sahara*

5.1. Introduction

La connaissance sur les terrains de chasse et le comportement alimentaire des espèces de Chiroptères est nécessaire à leur conservation (Dietz *et al.*, 2007). Les stratégies alimentaires et l'éventail de proies des espèces insectivores varient considérablement d'une espèce à l'autre (Beck, 1995), en fonction de la morphologie dentaire et crânienne, de la forme des ailes, des émissions sonores et des habitats (Altringham, 2011 ; Neuweiler, 2000 ; Weterings & Umponstira, 2014). Hill & Smith (1984) ont identifié trois stratégies de chasse utilisées par les chauves-souris pour capturer les insectes : la chasse en plein ciel, le glanage sur la végétation et la chasse au sol. D'autres stratégies ont ensuite été suggérées par exemple par Findley (1993) et Patterson *et al.* (2003). Les chauves-souris insectivores se nourrissent essentiellement d'insectes, certaines d'entre elles consomment aussi des araignées, des crustacés et même des scorpions (Altringham, 2011). Les préférences alimentaires varient à la fois dans l'espace et dans le temps, les écarts par rapport à ces régimes types reflètent un changement de stratégie de chasse des espèces de Chiroptères ou d'abondance des proies (Fenton, 1982). En effet, les chauves-souris se montrent opportunistes et chassent parfois tout simplement des proies abondantes et faciles à capturer, même si elles ne sont pas caractéristiques de leur régime alimentaire (Dietz *et al.*, 2009).

Le Trident du désert, *Asellia tridens* (Geoffroy, 1813), est l'une des espèces de chauves-souris les plus adaptées aux milieux arides et sahariens d'Afrique du Nord (Aulagnier, 2013). Cette chauve-souris est largement répandue depuis le Sahara occidental et les savanes du Sahel jusqu'au Pakistan à travers la péninsule arabique (Aulagnier, 2013 ; Simmons, 2005). Les individus chassent avec agilité dans les oasis autour des palmiers et des habitations (Dietz *et al.*, 2007 ; Jones *et al.*, 1993 ; Whitaker *et al.*, 1994).

Le régime alimentaire d'*A. tridens* est composé principalement de gros insectes, Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, Orthoptera et Hymenoptera (Amichai *et al.*, 2013 ; Benda *et al.*, 2001 ; 2006 ; 2012 ; 2014 ; Feldman *et al.*, 2000 ; Jones *et al.*, 1993 ; Whitaker *et al.*, 1994 ; Whitaker & Yom-Tov, 2002 ; Žďárská, 2013). Il capture parfois de très grands criquets et papillons qu'il va dévorer dans un gîte de repos nocturne (Whitaker & Yom-Tov, 2002). Mais ces résultats sont limités à de courtes périodes et souvent à un petit nombre d'échantillons (fèces ou estomacs). Ces données montrent des variations importantes

dans le spectre alimentaire, localement de Gambie jusqu'en Iran et de façon saisonnière du printemps à l'automne. Cependant, il reste difficile d'identifier le principal facteur expliquant ces variations, et aucune étude n'a été étendue sur une année entière, y compris en hiver lorsque ces chauves-souris sont actives (e.g. Koch-Weser, 1984 au Burkina Faso; Aulagnier & Destre, 1985 au Maroc).

En Algérie, *A. tridens* est une espèce relativement commune dans les grottes, cavités, ruines et aqueducs souterrains des oasis (fogaras) du Sahara jusqu'à l'Atlas saharien au nord (Kowalski & Rzebik-Kowalska, 1991). Ainsi, il a été rapporté comme l'une des 16 espèces de Mammifères de la région de Timimoun (Boukhemza *et al.*, 1994) où nous avons trouvé une colonie sédentaire de 300 individus occupant la même cavité souterraine tout au long de l'année. Cette découverte nous a donné l'opportunité de récolter régulièrement le guano et d'étudier les variations saisonnières du régime alimentaire d'*A. tridens* dans une seule localité. Ce travail est inédit et original du fait que l'écologie trophique de cette espèce a été abordée pour la première fois en Afrique du Nord. Dans un tel contexte, nous avons émis l'hypothèse que, comme la plupart des espèces désertiques insectivores, *A. tridens* devrait être une espèce opportuniste qui chasse des proies disponibles en fonction du cycle saisonnier de l'abondance des insectes.

5.2. Matériel et méthodes

5.2.1. Zone d'étude

La zone d'étude est située dans l'oasis d'El Hadj Guelmane (N 29 ° 25' 31,188 ", E 0 ° 16' 35,976"), à 18 km au nord de Timimoun (wilaya d'Adrar). Les milieux environnants du site d'étude sont constitués d'un paysage arénacé des dunes du Grand Erg Occidental et des palmeraies. L'espèce végétale dominante est le palmier dattier *Phoenix dactylifera*. Dans l'oasis, le sous-étage comprend des figuiers *Ficus* sp., des grenadiers *Punica granatum* et quelques plants de vignes *Vitis vinifera* (Karimi, 2016). Le sol est plus ou moins recouvert d'*Aristida pungens*, *Danthonia forskahlii*, *Phragmites communis*, *Arundo plinii* et *Panicum turgidium*, à l'exception des cultures maraîchères et des plantes fourragères. En dehors de la zone cultivée, *Euphorbia guyoniana* paillette des bancs de sable; quelques acacias *Acacia arabica* et *A. raddiana* survivent dans les oueds secs et

les dayas. Une colonie de 300 individus d'*Asellia tridens* a été découverte dans une cavité souterraine d'un ancien ksar, à l'issue de Ksar Abdennour (Fig. 1).



Figure 1. Colonie d'*Asellia tridens* découverte dans la cavité souterraine de Ksar Abdennour dans la localité d'El Hadj Guelmane-Timimoun entre janvier et décembre 2015. (Loumassine, 2015).

5.2.2. Méthodes

Le régime alimentaire d'*A. tridens* a été étudié à partir de 10 g d'excréments recueillis deux fois par mois de janvier à décembre 2015. Comme la colonie restait habituellement au même endroit dans le gîte, une feuille de papier était placée en dessous pour recueillir tout le guano. Ce dernier était placé et séché dans un petit cornet en papier, sur lequel était mentionné le lieu et la date de la récolte. Au laboratoire, le guano était trempé quelques minutes dans de l'éthanol à 70% pour le stériliser. L'analyse du contenu des excréments d'*Asellia tridens* comprenait différentes étapes dont la première est une macération du guano, la deuxième étant la trituration à l'aide d'une pince et d'un aiguillon puis la séparation des fragments et leur regroupement par affinité de teinte, de forme et d'aspect sous une loupe binoculaire 40x10. Le contenu de chaque excrément était étalé dans une boîte de Pétri et séché. Les restes chitineux des arthropodes étaient séparés en fonction de leur forme et de leur couleur afin d'identifier et de compter les proies au microscope. Nous avons identifié les proies consommées au niveau taxonomique le plus bas possible à l'aide de clés d'identification (McAney *et al.*, 1991 ; Shiel *et al.*, 1997) et la

collection de référence de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger (Laboratoire de zoologie). Pour les analyses quantitatives, l'identification a été limitée au niveau de la famille (ou de l'ordre). Les résultats ont été exprimés en fréquence relative (% F) calculée comme le rapport entre le nombre d'espèces pour un taxon et le nombre total des espèces proies identifiées. Nous avons effectué une analyse factorielle de correspondance (AFC) sur les nombres d'items par quinzaine pour chaque taxon suivie d'une classification hiérarchique sur les coordonnées factorielles en utilisant PAST 1.37 (Hammer *et al.*, 2001). Cette analyse a identifié deux et quatre saisons qui ont été comparées en utilisant des tests de chi carré.

5.3. Résultats

5.3.1. Régime annuel d'*Asellia tridens*

Nous avons identifié un total de 2806 espèces-proies appartenant à 10 ordres d'insectes et un arachnide (Tabl. 1), avec une dominance des insectes, les 36 Aranea identifiés ne représentaient que 1,28% des espèces-proies consommées. L'ordre le plus abondant était celui des Coleoptera (31,08%) constitué principalement de Carabidae (9,23%), Curculionidae (4,89%), Tenebrionidae (4,81%), Scarabaeidae (4,70%) et Aphodidae (4,13%).

Les autres catégories sont représentées par des Hymenoptera (21,31%) comprenant les Formicidae (13,22%), les Myrmicidae et les Vespidae, des Diptera (13,79%) avec les Culicidae et les Tabanidae, des Orthoptera (11,40%) avec les Acrididae et les Gryllidae. Mantodea, Hemiptera, Isoptera, Ephemeroptera, Blattodea et Odonata représentaient 21,13% des proies.

5.3.2. Variations saisonnières du régime alimentaire d'*Asellia tridens*

L'inertie des deux premiers axes de la AFC était respectivement de 32,53% et 14,41%. Le premier axe a clairement séparé un régime alimentaire automne-hiver d'octobre à décembre comprenant une grande quantité d'Odonata, Scarabaeidae, Blattodea, Acrididae, Formicidae et Myrmicidae d'un régime printemps-été de février à août caractérisé principalement par la consommation de Chrysomelidae, Vespidae, Tenebrionidae, Aphodidae et Aranea (Fig. 2). La deuxième décade du mois de septembre et la première décade du mois de janvier sont transitoires mais associées au régime

V. Variations saisonnières du régime alimentaire d'*Asellia tridens* au Sahara

automne-hiver par la classification hiérarchique qui identifiait un régime hivernal pur et ce pour les mois de novembre-décembre d'un côté et un régime de début de printemps (deuxième moitié de Janvier à la première moitié de mars) de l'autre. Le second axe contrastait légèrement un régime printanier (deuxième décade de janvier à mai) avec une grande consommation de Chrysomelidae et un régime estival entre juin et la première moitié de septembre, avec un nombre élevé des Gryllidae.

La différence entre les régimes automne-hiver et printemps-été (Tabl. 2) était hautement significative (test Chi carré = 118,56 ; ddl = 22 ; $p < 0,001$). Les contributions majeures à cette différence ont déjà été mentionnées. En tenant compte seulement des ordres, la différence est de nouveau très significative (test du Chi carré = 31,59 ; ddl = 10 ; $p < 0,001$) ; le régime d'automne-hiver comprenait plus d'Odonata, Blattodea et Isoptera, et moins de Mantodea et Coleoptera que prévu.

Le régime hivernal pur (Tabl. 3) est également significativement différent du régime alimentaire d'automne et de fin d'hiver (test du Chi carré = 36,17 ; ddl = 20 ; $p = 0,015$), principalement en raison du faible nombre d'Odonata, Carabidae et Tenebrionidae. Enfin, le régime au début du printemps a différé aussi du régime d'été (test du Chi carré = 41,80 ; ddl = 22 ; $p = 0,007$).

En effet cette période est caractérisée par un nombre plus faible d'Aranea, de Gryllidae, de Vespidae et de Cucurionidae et par un nombre plus élevé d'Acrididae et de Formicidae. A l'échelle des ordres, la différence est également significative entre les régimes d'automne et de fin d'hiver (test du chi carré = 21,25 ; ddl = 10 ; $p = 0,019$) dû principalement à l'abondance massive d'Odonata en hiver. En revanche, la différence n'est pas significative entre les régimes du début du printemps et de l'été (test de chi carré = 6,68 ; ddl = 10 ; $p = 0,756$).

Tableau 1: Régime annuel d'*Asellia tridens* à El Hadj Guelm ane, Timimoun entre janvier et décembre 2015 : ordres/familles identifiés dans le guano, fréquence relative (F%) calculée comme le rapport entre le nombre de restes pour un taxon et le nombre total de restes identifiés

Ordre	Famille/Ordre	Nb Items	F%
Aranea		36	1.28
Odonata		58	2.07
Ephemeroptera	Ephemeraidae	92	3.28
Orthoptera	Orthoptera ind.	76	4.52
	Acrididae	141	4.49
	Gryllidae	103	2.39
Mantodea	Mantidae	127	5.03
Blattodea	Blattidae	126	2.70
Isoptera	Termitidae	67	3.67
Hemiptera		123	4.38
Hymenoptera	Hymenoptera ind.	259	2.67
	Formicidae	137	13.22
	Myrmicidae	32	2.99
	Vespidae	135	2.42
Coleoptera	Carabidae	116	9.23
	Curculionidae	132	4.89
	Chrysomelidae	61	1.14
	Tenebrionidae	75	4.81
	Aphodidae	371	4.13
	Scarabaeidae	68	4.70
	Histeridae	84	2.17
Diptera	Culicidae	220	7.84
	Tabanidae	167	5.97
Total		2806	100

V. Variations saisonnières du régime alimentaire d'*Asellia tridens* au Sahara

Tableau 2: Régime saisonnier d'*Asellia tridens* à El Hadj Guelmane, Timimoun entre janvier et décembre 2015 selon les saisons identifiées par le premier niveau de la classification hiérarchique effectuée sur les coordonnées de l'Analyse Factorielle des Correspondances : fréquence relative des ordres / familles identifiées dans le guano. Jan : Janvier, Sept : Septembre, 1 : première décade, 2 : deuxième décade. Les principales contributions au test de khi-deux sont indiquées en gras.

Ordre	Famille/Ordre	Sep2 - Jan1	Jan2 - Sep1
Aranea		1,22	1,30
Odonata		3,21	1,72
Ephemeroptera	Ephemeridae	2,90	3,39
Orthoptera	Orthoptera ind.	2,60	5,11
	Acrididae	6,11	4,00
	Gryllidae	2,60	2,32
Mantodea	Mantidae	3,36	5,53
Blattodea	Blattidae	4,27	2,23
Isoptera	Termitidae	5,04	3,25
Hemiptera		4,43	4,37
Hymenoptera	Hymenoptera ind.	2,75	2,65
	Formicidae	16,34	12,27
	Myrmicidae	4,58	2,51
	Vespidae	0,15	3,11
Coleoptera	Carabidae	7,48	9,76
	Curculionidae	5,34	4,74
	Chrysomelidae	0,15	1,44
	Tenebrionidae	1,98	5,67
	Aphodidae	2,44	4,65
	Scarabaeidae	7,33	3,91
	Histeridae	1,53	2,37
Diptera	Culicidae	9,77	7,25
	Tabanidae	4,43	6,42

V. Variations saisonnières du régime alimentaire d'*Asellia tridens* au Sahara

Tableau 3 : Régime saisonnier d'*Asellia tridens* à El Hadj Guelmane, Timimoun entre janvier et décembre 2015 selon les saisons identifiées par le troisième niveau de la classification hiérarchique effectuée sur les coordonnées de l'Analyse Factorielle des Correspondances : fréquence relative des ordres / familles identifiées dans le guano. Jan : Janvier, Mar : Mars, Sept : Septembre, Oct : Octobre, Nov : Novembre, Dec : Décembre ; 1 : première décennie, 2 : deuxième décennie. * inclut également Jan1. Les principales contributions au test de khi-deux au cours des saisons estivales (Jan2 – Sep1) et hivernales (Sep2 – Jan 1) sont indiquées en gras.

Ordre	Fam ille/O rdre	Sep2 -	Nov1 -	Jan2 -	Mar2 -
		O ct2*	Dec2	Mar1	Sep1
Aranea		1,76	0,39	0,47	1,51
Odonata		1,51	5,84	1,40	1,80
Ephemeroptera	Ephemeridae	3,27	2,33	3,49	3,37
Orthoptera	Orthoptera ind.	3,27	1,56	6,05	4,88
	Acrididae	4,77	8,17	5,58	3,60
	Gryllidae	2,01	3,50	0,70	2,73
Mantodea	Mantidae	3,77	2,72	4,65	5,75
Blattodea	Blattidae	3,52	5,45	2,09	2,27
Isoptera	Termitidae	4,77	5,45	3,49	3,20
Hemiptera		5,53	2,72	5,35	4,13
Hymenoptera	Hymenoptera ind.	2,26	3,50	2,09	2,79
	Formicidae	16,08	16,73	16,05	11,33
	Myrmicidae	4,27	5,06	3,02	2,38
	Vespidae	0,25	0,00	0,93	3,66
Coleoptera	Carabidae	9,05	5,06	11,86	9,24
	Curculionidae	6,03	4,28	3,02	5,17
	Chrysomelidae	0,25	0,00	1,16	1,51
	Tenebrionidae	3,02	0,39	5,58	5,69
	Aphodidae	2,76	1,95	3,26	5,00
	Scarabaeidae	6,53	8,56	3,72	3,95
	Histeridae	1,26	1,95	3,26	2,15
Diptera	Culicidae	9,30	10,51	6,74	7,38
	Tabanidae	4,77	3,89	6,05	6,51

V. Variations saisonnières du régime alimentaire d'*Asellia tridens* au Sahara

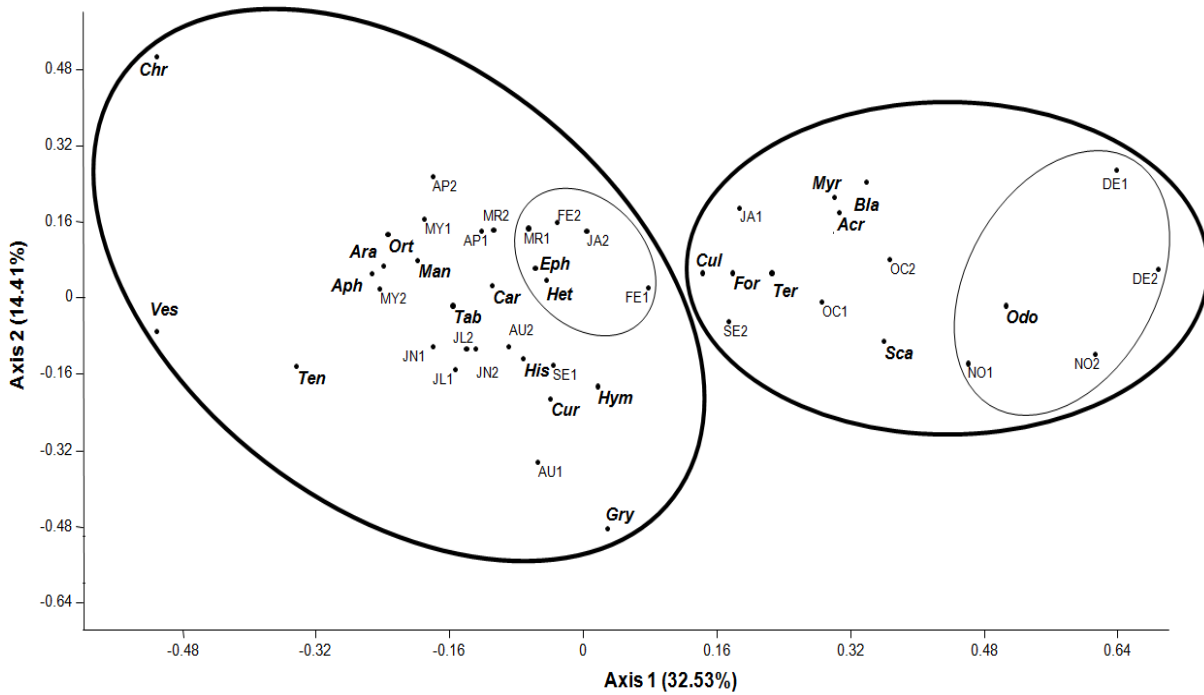


Figure 2 : Plan des deux premiers axes de l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) portant sur les ordres/familles des espèces-proies d'*Asellia tridens* à El Hadj Guelmane, Timimoun, (les acronymes sont mentionnés dans le tableau 1) collectés par quinzaine de JA 1 : première décade de Janvier à DC 2 : deuxième décade de Décembre (JA : Janvier, FE : Février, MR : Mars, AP : Avril, MA : Mai, JN : Juin, JL : Juillet, AU : Août, SE : Septembre, OC : Octobre, NO : Novembre, DE : Décembre).

5.4. Discussion

Tout d'abord, il convient de rappeler que le Trident du désert possède une forte mâchoire et de puissantes canines supérieures (Aulagnier 2013), les restes d'arthropodes digérés dans les excréments sont minuscules et particulièrement difficiles à identifier au niveau taxonomique jusqu'à la famille ou même l'ordre. Tel qu'indiqué précédemment, *Asellia tridens* consomme principalement des insectes même si nous avons trouvé des restes d'araignées, tout comme Whitaker & Yom-Tov (2002) dans la vallée de Jordanie. Comme dans toutes les études menées sur le régime alimentaire du Trident du désert, à l'exception d'un très petit échantillon de la mer Morte (Whitaker *et al.*, 1994), les Coleoptera sont les plus abondants. Comme chez plusieurs espèces de Chiroptères insectivores (Graclik & Wasielewski, 2012), les Coleoptera ont été fortement consommés malgré les variations saisonnières des disponibilités alimentaires. Whitaker & Yom-Tov (2002) ont également signalé la dominance des Scarabaeidae et des Carabidae, dans l'éventail de proies d'*Asellia tridens* avec l'absence de Curculionidae, Tenebrionidae et Aphodidae, qui sont probablement dans un autre groupe, ainsi les Chrysomelidae sont moins abondants dans les espèces-proies rencontrées à Timimoun.

Les principales espèces-proies supplémentaires différentes des études antérieures, rencontrées au cours de notre étude sont les Formicidae même s'ils représentaient un petit volume. Nos données corroborent celles déjà signalées sur l'importance des Hymenoptera dans deux régimes en provenance d'Israël sans identification de familles (Feldman *et al.*, 2000 ; Whitaker *et al.*, 1994). Cependant cette myrmécophilie pourrait être associée à des milieux peu favorables comme dans les zones arides et désertiques (Znari & El Mouden, 1997 ; Znari *et al.*, 2000).

Notre troisième ordre d'insectes était les Diptera (Culicidae et Tabanidae). Cet ordre représente les insectes nocturnes les plus abondants, détectés par les chauves-souris au moyen de leur cris à haute fréquence avec de courtes longueurs d'onde (Jones & Rydell, 2003). *A. tridens* émet des appels CF/FM dont la fréquence CF est comprise entre 108 et 124 kHz (Gustafson & Schnitzler, 1979 ; Jones *et al.*, 1993). Grâce à leurs cris sonar, ils peuvent détecter des insectes en vol battu ou vibrant seulement des ailes, même quand ceux-ci sont près de la végétation (Dietz *et al.*, 2009). Nos résultats sont similaires à ceux obtenus en Israël (Amichai *et al.*, 2013 ; Whitaker & Yom-Tov, 2002), avec une abondance

remarquable de Diptera, les Chironomidae étant les plus nombreux en raison des émergences massives des étangs en été. Des espèces-proies glanées, Coleoptera (Patterson *et al.*, 2003) et Orthoptera sont le quatrième ordre d'insectes consommés par notre population d'*A. tridens* à Timimoun. Ils étaient également abondants dans deux échantillons israéliens (Whitaker *et al.*, 1994 ; Whitaker & Yom-Tov, 2002) et syriens (Benda *et al.*, 2006).

Contrairement à notre étude, les principales proies supplémentaires étaient des Heteroptera dans des échantillons israéliens (Amichai *et al.*, 2013) et omanais (Žďárská, 2013), avec des Auchenorrhyncha en Syrie (Benda *et al.*, 2006) et Iran (Benda *et al.*, 2012). Cependant, la principale différence est l'absence de Lepidoptera à Timimoun ; ce groupe constituait le deuxième ordre en Jordanie (Whitaker & Yom-Tov, 2002), en Gambie (Jones *et al.*, 1993) et en Syrie (Benda *et al.*, 2006), ainsi que de la région de la mer Morte (Whitaker *et al.*, 1994). Cette différence peut s'expliquer par l'environnement semi-désertique de ces derniers, alors que Timimoun est situé dans un pur désert. Si nous ajoutons les Trichoptera, Neuroptera et Dermoptera (Benda *et al.*, 2006 ; Feldman *et al.*, 2000 ; Whitaker & Yom-Tov, 2002), les Blattodea, Mantodea, Odonata et Ephemeroptera à la liste des espèces-proies accidentelles ingérées par *A. tridens*, nous confirmons que cette chauve-souris est une espèce généraliste opportuniste.

Malgré une stratégie d'alimentation spécialisée rapportée par Jones *et al.* (1993), Whitaker *et al.* (1994) et Amichai *et al.* (2013), *A. tridens* ne se comporte pas comme un taxon sélectif, mais chasse plutôt les proies disponibles comme la plupart des espèces de chauves-souris insectivores (Fenton, 1982). Cette combinaison d'opportunisme et de prédation sélective a été enregistrée chez toutes les espèces de chauves-souris désertiques étudiées à ce jour : *Antrozous pallidus* en Arizona (Fenton & Morris, 1976) et *Sonora* au Nouveau-Mexique (Bell, 1982), *Rhinomopa microphyllum*, *R. hardwickii* et *Nyctinomus aegyptiacus* au Rajasthan, Inde (Advani, 1981 ; 1982a ; 1982b), *R. microphyllum* et *R. hardwickii* en Israël (Whitaker & Yom-Tov, 2002) et *Otonycteris hemprichii* au Kirghistan (Arlettaz *et al.*, 1995) et Israël (Fenton *et al.*, 1999).

L'opportunisme alimentaire constitue une adaptation aux changements globaux et *Asellia tridens* semble adapter son écologie alimentaire à la disponibilité et à l'abondance locales et probablement saisonnières des proies (Amichai *et al.*, 2013). Les variations

V. Variations saisonnières du régime alimentaire d'*Asellia tridens* au Sahara

saisonniers des proies dans la région de Timimoun ont été importantes au cours de notre étude. Elles étaient probablement une réponse aux changements saisonniers de l'abondance de chaque catégorie de proies, qui est liée à la disponibilité de l'eau et de la végétation dans le Sahara (Rebello & Brito, 2006).

Les variations saisonnières du régime alimentaire d'*A. tridens* sont étudiées pour la première fois, mais pour des comparaisons, nous pouvons nous référer à des études similaires d'espèces de Chiroptères désertiques. Par exemple, au Rajasthan, les régimes de *Rhinopoma microphyllum*, *R. hardwickii* et *Nyctinomus aegyptiacus* ont évolué au cours des quatre saisons identifiées (Advani, 1981 ; 1982a ; b), avec d'énormes différences entre espèces, les Coleoptera étant les principales proies (environ 40%) pour *R. microphyllum* en saison hivernale et post-mousson, pour *R. hardwickii* seulement après la mousson et pour *N. aegyptiacus* en été et en hiver. Les Isoptera étaient les principales proies (24-48%) pour les trois espèces pendant la mousson. Enfin, les Orthoptera étaient les principales proies (23-26%) de *R. hardwickii* en été et en hiver. Nous n'avons pas noté de telles différences dans le régime alimentaire saisonnier d'*A. tridens* à Timimoun. En regroupant les familles, les Coleoptera étaient des proies moins abondantes, particulièrement en hiver (22,19% vs 28,90 - 32,71% dans les trois autres saisons) et les Hymenoptera ont toujours été les deuxièmes proies avec une légère différence entre l'été (20,16%) et l'hiver (25,29%). Diptera et Orthoptera ont également montré de légères différences, 12,09 - 14,40% et 10,05 - 13,23% respectivement.

Les principales différences ont été le grand nombre d'Odonata et de Blattodea en hiver. Cette abondance d'Odonata peut être liée à la migration de certaines espèces telles que *Hemianax ephippiger* qui se concentre dans le Sahara pendant la saison froide avant de se déplacer vers des régions plus septentrionales au printemps (Dumont, 1977 ; 1988 ; Dumont & Desmet, 1990). Les Blattodea sont aussi un groupe d'insectes disponibles en hiver dans la région, ils étaient aussi localement parmi les proies principales du Hérisson du désert *Paraechinus aethiopicus* (Loumassine, 2014) et la deuxième proie de la Chouette effraie *Tyto alba* (Belkacem, 2017).

Au niveau des familles, la plupart des Coleoptera (Chrysomelidae, Tenebrionidae, Aphodidae et Carabidae) étaient moins abondants en hiver, à l'exception des Scarabaeidae dont la reproduction est favorisée par un temps doux et frais (Haloti *et al.*,

2006). Les Formicidae et les Myrmicidae ont aussi été des proies principales. Avec le nombre élevé de Termitidae, ce résultat montre que cette saison est pauvre en gros insectes qui sont les principales proies du Trident du désert selon Whitaker *et al.* (1994). Le nombre d'Acrididae peut être lié à la migration du Criquet pèlerin vers les oasis (Ould el Hadj, 2002 ; Allel-Benfekih, 2006 ; Kara-Toumi *et al.*, 2010).

Au printemps, les Formicidae ont encore été une composante majeure du régime alimentaire avec les Acrididae et les Orthoptera indéterminés qui sont plus fréquents durant cette saison (Souttou, 2010). Au contraire, les Aranea et Vespidae, qui ne sont pas actifs pendant la saison froide, les Cucurliionidae et Gryllidae ont été moins chassés qu'en été, quand certaines espèces atteignent les derniers stades larvaires (Lakhdari *et al.*, 2015). Ces variations saisonnières soutiennent le modèle selon lequel certains prédateurs ont tendance à se spécialiser lorsque les ressources trophiques deviennent abondantes dans l'environnement en cherchant des proies communes et profitables (Boukhemza *et al.*, 1994).

5.5. Conclusion

Asellia tridens présente une large répartition à la fois en latitude et en longitude, selon différentes conditions de température et de précipitations qui ont vraisemblablement un impact local sur le nombre et la diversité des arthropodes (Jones & Rydell, 2003; Kunz, 1974 ; Moosman *et al.*, 2012). Ces variations sont relativisées par un régime opportuniste même si cette chauve-souris chasse principalement des proies terrestres, Coleoptera et les Orthoptera, comme la plupart des espèces de Chiroptères sahariens (Benda *et al.*, 2012). Cela devrait susciter d'autres recherches sur les variations potentielles du régime avec l'habitat et les conditions climatiques.

Nous considérons que, malgré les variations saisonnières de la disponibilité des proies et de régime alimentaire, le site d'étude ne présente pas de restrictions alimentaires. Cependant, comme le Sahara pourrait subir les plus forts impacts du changement climatique (Loarie *et al.*, 2009), le réchauffement global et l'aridité croissante affecteront les ressources en proies pour les Chiroptères. Alors qu'*A. tridens* forme encore de grandes colonies dans le désert nord-africain, des mesures de conservation doivent être prises, au moins pour protéger leurs gîtes, à défaut de solutions de conservation optimisées suggérées par Brito *et al.* (2014).

Références bibliographiques

- Advani R., 1981. Food and feeding ecology of the Rat tailed bat in the Rajasthan desert. Acta Theriol., 26 : 269-272.
- Advani R., 1982a. Seasonal fluctuations in the diet composition of *Rhinopoma hardwickei* in the Rajasthan desert. Proc. Ind. Acad. Sci. (Anim. Sci.), 91 :563-568.
- Advani R., 1982b. Feeding ecology of *Tadarida aegyptiaca thomasi* in the Indian desert. Z. Säugetierk., 47 : 18-22.
- Allal-Benfekih L., 2006. Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, Alger.
- Altringham J.D., 2011. Bats. From evolution to conservation. Oxford University Press, Oxford.
- Amichai E., Levin E., Kronfeld-Schor N., Roll U. & Yom-Tov Y., 2013. Natural history, physiology and energetic strategies of *Asellia tridens* (Chiroptera). Mammal. Biol., 78 : 94-103.
- Arlettaz R., Dandliker G., Kasyberov E., Pillet J.M., Rybin S. & Zima J., 1995. Feeding habits of the long-eared desert bat, *Otonycteris hemprichii* (Chiroptera: Vespertilionidae). J. Mammal., 76 : 873-876.

V. Variations saisonnières du régime alimentaire d'*Asellia tridens* au Sahara

- Aulagnier S., 2013. *Asellia tridens*. Geoffroy's trident leaf-nosed bats. in: Happold, M., Happold, D.C.D. (Eds.), Mammals of Africa. Volume IV. Hedgehogs, shrews and bats. Bloomsbury Publ., London, pp. 362-364.
- Aulagnier S. & Destre R., 1985. Introduction à l'étude des Chiroptères du Tafilalet (sud-est marocain). *Mammalia*, 49 : 329-338.
- Beck A., 1995. Fecal analyses of European bat species. *Myotis*, 32-33 : 109-119.
- Bell G.P., 1982. Behavioral and ecological aspects of gleaning by a desert insectivorous bat, *Antrozous pallidus* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 10 : 217-223.
- Benda P., Obuch J., Andreas M., Reiter A. & Uhrin M. 2001. New records of bats from Iran. in: Włoszyn B.W. (Ed.), Proceedings of the VIIIth EBRs. Vol. II. Distribution ecology, paleontology and systematic of bats. Publ. C.I.C. I.S.E.Z., Kraków, pp. 209.
- Benda P., Andreas M., Kock D., Lučan R.K., Munclinger P., Novà P., Obuch J., Ochman K., Reiter A., Uhrin M. & Weinfurtová D., 2006. Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean. Part 4. Bat fauna of Syria: distribution, systematics, ecology. *Acta Soc. Zool. Bohem.*, 70 : 1-329.
- Benda P., Faizolahi K., Andreas M., Obuch J., Reiter A., Ševčík M., Uhrin M., Vallo P. & Ashrafi S., 2012. Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Part 10. Bat fauna of Iran. *Acta Soc. Zool. Bohem.*, 76 : 163-582.
- Benda P., Spizenberger F., Hanák V., Andreas M., Reiter A., Ševčík M., Šmid J. & Uhrin M., 2014. Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Part 11. On the bat fauna of Libya II. *Acta Soc. Zool. Bohem.*, 78 : 1-162.
- Belkacem M., 2017. Etude du comportement de quelques espèces d'oiseaux dans différents milieux sahariens. Thèse de Doctorat Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, Alger.
- Boukhemza M., Doumandji S. & Righi M., 1994. Variations saisonnières du régime alimentaire de la Chouette effraie (*Tyto alba*) dans un milieu saharien, région de Timimoun (Algérie). *Journ. Rech. écol., Inst. biol.*, 29-30 novembre 1994, Université de Tizi Ouzou.
- Brito J.C., Godinho R., Martínez-Freiría F., Pleguezuelos J.M., Rebelo H., Santos X., Vale C.G., Velo-Antón G., Boratyński Z., Carvalho S.B., Ferreira S., Gonçalves D.V., Silva T.L., Tarroso P., Campos J.C., Leite J.V., Nogueira J., Álvares F., Sillero N.,

V. Variations saisonnières du régime alimentaire d'*Asellia tridens* au Sahara

- Sow A.S., Fahd S., Crochet P.A. & Carranza S., 2014. Unravelling biodiversity, evolution and threats to conservation in the Sahara-Sahel. *Biol. Rev.*, 89 : 215-231.
- Dietz C., Helversen O. von & Nill D., 2007. Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas. Biologie, Kennzeichen, Gefährdung. Franckh-Kosmos, Stuttgart.
- Dumont H.J., 1977. On migrations of *Hemianax ephippiger* (Burmeister) and *Tramea basilaris* (P. de Beauvois) in West and North-West Africa in the winter 1975/1976 (Anisoptera: Aeshnidae, Libellulidae). *Odonatologica*, 6 : 13-17.
- Dietz C., von Helversen O. & Nill D., 2009. L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord : Biologie, caractéristiques, protection. Delachaux et Niestlé, Paris. 400 p.
- Dumont H.J., 1988. *Hemianax ephippiger* (Burmeister) in the northern Algerian Sahara in winter (Anisoptera: Aeshnidae). *Not. Odonatol.*, 3 : 20-22.
- Dumont H.J. & Desmet K., 1990. Transsahara and transmediterranean migratory activity of *Hemianax ephippiger* (Burmeister) in 1988 and 1989 (Anisoptera: Aeshnidae). *Odonatologica*, 19 : 181-185.
- Feldman R., Whitaker J.O.J. & Yom-Tov Y., 2000. Dietary composition and habitat use in a desert insectivorous bat community in Israel. *Acta Chiropterol.*, 2 : 15-22.
- Fenton M.B., 1982. Echolocation, insect hearing, and feeding ecology of insectivorous bats. in : Kunz T.H. (Ed.), *Ecology of bats*. Plenum Press, New York - London, pp. 261-325.
- Fenton M.B. & Morris G.K., 1976. Opportunistic feeding by desert bats (*Myotis* spp.). *Can. J. Zool.*, 54 : 526-530.
- Fenton M.B., Shalmon B. & Makin D., 1999. Roost switching, foraging behavior, and diet of the vespertilionid bat, *Otonycteris hemprichii*. *Isr. J. Zool.*, 45 : 501-506.
- Findley J.S., 1993. *Bats: a community perspective*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Graclik, A., Wasielewski, O., 2012. Diet composition of *Myotis myotis* (Chiroptera, Vespertilionidae) in western Poland: results of fecal analyses. *Turk. J. Zool.*, 36 : 209-213.
- Gustafson Y. & Schnitzler H.U., 1979. Echolocation and obstacle avoidance in the hipposiderid bat *Asellia tridens*. *J. comp. Physiol.*, 131 : 161-167.

V. Variations saisonnières du régime alimentaire d'*Asellia tridens* au Sahara

- Haloti S., Janati-Idrissi A., Chergui H. & Lumaret J.P., 2006. Structure des communautés de Scarabéides coprophages du Maroc nord-occidental (Coleoptera, Scarabaeoidea). Bull. Inst. Sci., Rabat, Section Sci. Vie, 28 : 25-34.
- Hammer Ø., Harper D.A.T. & Ryan P.D., 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis, *Palaeont. Electron.* 4, 9, http://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Hill J.E. & Smith J.D., 1984. Bats: a natural history. British Museum (Natural History), London.
- Jones G. & Rydell J., 2003. Foraging strategy and predation risk as factors influencing emergence time in echolocating bats. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 346B : 445-455.
- Jones G., Morton M., Hughes P.M. & Budden R.M., 1993. Echolocation, flight morphology and foraging strategies of some West African hipposiderid bats. *J. Zool.*, 230 : 385-400.
- Kara-Toumi F.Z., Doumandji-Mitiche B., Guendouz-Benrima A. & Merah O., 2010. Seasonal dimorphism of the desert locust in agricultural areas in the Sahara. *Afr. Entomol.*, 18 : 312-321.
- Karimi, M.H. 2016. Caractérisation phytoécologique des parcours de Belghazi dans la région de Timimoun - Wilaya d'Adrar. Mémoire de Master Ecologie Végétale et Environnement, Université de Tlemcen.
- Koch-Weser S. 1984. Fledermäuse aus Obervolta, W-Afrika (Mammalia: Chiroptera). *Senckenberg. Biol.*, 64 : 255-311.
- Kowalski K. & Rzebiak-Kowalska B., 1991. Mammals of Algeria. Ossolineum, Wrocław.
- Kunz T.H., 1974. Feeding ecology of a temperate insectivorous bat (*Myotis velifer*). *Ecology*, 55 : 693-711.
- Lakhdari W., Doumandji-Mitiche B., Acheuk F., Dehliz A., M'lik R., Soud A. & Hammi H., 2015. Morphological study of different developmental stages of *Brachytrupes megacephalus* Lefebvre, 1827 (Orthoptera, Gryllidae) and their development in Oued Righ region (Algerian Sahara). *Acad. J. Entomol.*, 8 : 117-126.
- Loarie S.R., Duffy P.B., Hamilton H., Asner G.P., Field C.B. & Ackerly D.D., 2009. The velocity of climate change. *Nature*, 462 : 1052-1055.
- Loumassine H., 2014. Ecologie trophique de Fennec *Vulpes zerda* (Zimmerman, 1780) et l'hérisson du désert *Paraechinus aethiopicus* (Ehnenberg, 1833) dans la région du

V. Variations saisonnières du régime alimentaire d'*Asellia tridens* au Sahara

- grand Erg Occidental "Timimoun". Mémoire de Master Ecosystèmes steppiques et sahariens, Université de Tiaret.
- McAney C., Shiel C., Sullivan C. & Fairley J., 1991. The analysis of bat droppings. The Mammal Society, London, Occ. Publ. 14.
- Moosman P.R., Thomas H.H. & Veilleux J.P., 2012. Diet of the widespread insectivorous bats *Eptesicus fuscus* and *Myotis lucifugus* relative to climate and richness of bat communities. J. Mammal., 93 : 491-496.
- Neuweiler G., 2000. The biology of bats. Oxford University Press, Oxford - New York.
- Ould El Hadj M.H., 2002. Les nouvelles formes de mise en valeur dans le Sahara algérien et le problème acridien. Sécheresse, 13 : 37-42.
- Patterson B.D., Willig M.R. & Stevens R.D., 2003. Trophic strategies, niche partitioning, and patterns of ecological organization. in : Kunz, T.H., Fenton, M.B. (Eds.), Bat ecology. The University of Chicago Press, Chicago - London, pp. 536-579.
- Rebelo H. & Brito J.C., 2006. Bat guild structure and habitat use in the Sahara desert. Afr. J. Ecol., 45 : 228-230.
- Shiel C., McAney C., Sullivan C. & Fairley J., 1997. Identification of arthropod fragments in bat droppings. The Mammal Society, London, Occ. Publ. 17.
- Simmons N.B., 2005. Order Chiroptera. in: Wilson, D.E., Reeder, D.M., (Eds.), Mammal species of the World. A taxonomic and geographic reference. Third edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 312-529.
- Souttou K., 2010. Bioécologie de quelques rapaces diurnes en Algérie. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, Alger.
- Weterings R. & Umponstira C., 2014. Bodyweight-forearm ratio, cranial morphology, and call frequency relate to prey selection in insectivorous bats. Bat Res. News, 35 : 75-77.
- Whitaker J.O. Jr. & Yom-Tov Y., 2002. The diet of some insectivorous bats from northern Israel. Mammal Biol., 67 : 378-380.
- Whitaker J.O. Jr., Shalmon B. & Kunz T.H., 1994. Food and feeding habits of insectivorous bats from Israel. Z. Säugetierk., 59 : 74-81.
- Žďárská L. 2013. Potravní ekologie netopýrů východního Středomoří [Feeding ecology of bats in the Eastern Mediterranean]. M Sc Thesis, Department of Zoology, Charles University, Praha.

V. Variations saisonnières du régime alimentaire d'*Asellia tridens* au Sahara

Znari M. & El Mouden E.H., 1997. Seasonal changes in the diet of adult and juvenile *Agama im palearis* (Lacertilia: Agamidae) in the Central Jbilet mountains, Morocco. J. arid Environ., 37 : 403-412.

Znari M., El Mouden E.H., Benfaïda H. & Boumezzough A., 2000. Partage des ressources spatiales et trophiques au sein d'un peuplement de lézards insectivores des Jbilet centrales (Maroc occidental). Rev. Ecol. (Terre Vie), 55 : 141-160.

***C O N C L U S I O N E T
P E R S P E C T I V E S***

Le présent travail sur l'écologie des Chiroptères dans quelques biotopes de l'Algérie occidentale a tenté d'enrichir le fond documentaire et de renforcer les connaissances sur un groupe qui reste encore assez méconnu en Algérie, alors que son rôle dans le fonctionnement et le maintien de l'équilibre des écosystèmes n'est plus à démontrer. Cette contribution a permis d'éclaircir plusieurs points fondamentaux en abordant une recherche sur ce groupe de mammifères volants et d'apporter la présence inédite de *Rhinopoma microphyllum* en Algérie. Ce travail a fourni la première contribution à l'identification et la description des cris d'écholocation des chauves-souris d'Algérie, la mise en évidence de l'influence des étages bioclimatiques sur les peuplements de ces espèces dans l'ouest algérien et des habitats utilisés par les Chiroptères dans un environnement aride. Il a aussi permis d'aborder les stratégies adaptatives des espèces sahariennes à travers l'étude des variations saisonnières du régime alimentaire d'*Asellia tridens* dans le Sahara central.

L'inventaire des chauves-souris par la méthode classique, recherche de gîtes et capture au filet, a révélé la présence de dix espèces seulement: *Asellia tridens*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *Rhinolophus hipposideros*, *Rhinopoma microphyllum*, *Rhinopoma cystops*, *Miniopterus schreibersii*, *Myotis punicus*, *Eptesicus isabellinus*, *Hypsugo savii* et *Pipistrellus kuhlii*. Cette technique nous a permis d'apporter quelques données sur la biométrie et le sexe des spécimens capturés. Cependant, elle reste invasive, les captures de spécimens causant souvent un stress pour les animaux. De plus, elle apparaît peu efficace pour inventorier les espèces fissuricoles, inféodées à des gîtes inaccessibles comme *Tadarida teniotis*, ou celles qui volent à haute altitude comme les *Nyctalus* ou encore celles qui détectent le filet et ont un vol manœuvrable, comme *Plecotus gaisleri*. Elle ne permet ainsi d'échantillonner qu'une petite proportion du peuplement local des chauves-souris (O'Farrell & Gannon, 1999 ; Flaquer *et al.*, 2007).

La détection ultrasonore nous a renseignée sur la présence de cinq autres taxons à Tiaret (*Rhinolophus blasii*) et Bechar (*Pipistrellus kuhlii deserti*, *Eptesicus isabellinus*, *Miniopterus schreibersii*, *Tadarida teniotis* et *Vansonia rueppellii*). Ce premier travail d'identification acoustique des espèces de Chiroptères d'Algérie a permis de mettre en évidence des particularités acoustiques qui offrent des possibilités de détermination des espèces de chauves-souris sur le terrain. Les méthodes acoustiques représentent un outil à fort potentiel pour les futures études écologiques des Chiroptères en Algérie et en Afrique du Nord. Les singularités acoustiques mises en évidence incitent à poursuivre.

l'acquisition d'enregistreurs automatiques pour compléter les inventaires et notamment confirmer la répartition des deux morphes acoustiques *Pipistrellus kuhlii kuhlii* et *Pipistrellus kuhlii deserti*. Ainsi, l'utilisation de cette technologie pourrait permettre de compléter les informations disponibles sur la biogéographie et l'écologie des Chiroptères en Algérie, et plus largement de tout le Maghreb.

Bien que la détection acoustique soit un moyen efficace de plus en plus utilisé pour étudier les populations de chauves-souris (Parsons & Szewczak, 2009), diverses espèces émettent des signaux de faible intensité qui ne sont enregistrées qu'à courte distance par le détecteur (par exemple, *Rhinolophus* spp., *O. hemprichii*, *Plecotus* spp. et *Myotis* spp., Norberg & Fenton, 1988 ; Horáček, 1991 ; Barataud, 2012). En outre, cette méthode nécessite des observateurs expérimentés car certaines chauves-souris émettent des signaux qui se chevauchent avec ceux d'autres espèces (Russo & Jones, 2002 ; Barataud, 2012) et certains spécimens de la même espèce peuvent émettre des signaux à des fréquences différentes en fonction du milieu et de leur activité (Obrist, 1995 ; Britzke *et al.*, 2011 ; Barataud, 2012, Disca *et al.*, 2014). En Algérie, la plupart des espèces ayant des signaux de faible intensité sont peu représentées et les chevauchements de signaux sont limités.

Nos suivis acoustiques menés à Tiaret et Bechar confirment la pauvreté des Hauts Plateaux en Chiroptères avec seulement 25% du peuplement algérien. L'Atlas saharien abrite plus de 40% de la diversité chiroptérologique nationale. Cette richesse en Chiroptères est étroitement liée à l'importante diversité physiologique des milieux présahariens et la mosaïque d'habitat qui caractérise les zones arides. Cela devrait influencer les efforts de conservation pour maintenir, voire restaurer, les habitats favorables aux Chiroptères.

Le peuplement chiroptérologique à Tiaret est peu diversifié avec sept espèces seulement et une activité réduite, au moins une partie de l'année. Les chauves-souris ont été actives en mars, avril, août et octobre mais aucune activité n'a été enregistrée en décembre et janvier. Nos données ont confirmé que les faibles températures affectent négativement leur activité et que les basses températures induisent bien l'hibernation. Avec une richesse spécifique de 11 espèces à Bechar, les Chiroptères ont été considérablement actifs en mars, avril et octobre et moins en août et décembre, en janvier l'activité était absente. Les grosses chaleurs de l'Atlas saharien semblent confirmer

l'hypothèse que les espèces de chauves-souris entrent en léthargie estivale suite aux températures élevées (Kunz, 1982 ; Speakman *et al.*, 1994).

L'activité des chauves-souris enregistrée dans la région de Bechar, a varié non significativement, avec une concentration du nombre de contacts en oasis, qui représentent une importance unique pour la communauté des chauves-souris vivant dans le désert (Rebelo & Brito, 2006). Ces écosystèmes peuvent constituer des micro-habitats clés pour la conservation des chauves-souris. Ceci leur confère des intérêts écosystémiques majeurs pour des stratégies conservatoires. Les plus faibles contacts enregistrés au lac de Boukais, comparés à ceux enregistrés dans la ville de Bechar et près les bassins de l'oasis de Taghit peuvent être liés en partie à la grande étendue de la retenue d'eau qui ne concentre donc pas l'activité de chasse des Chiroptères (Rabe & Rosenstock, 2005 ; Francl, 2008). Des espèces largement associées aux petits étangs temporaires, évitent les grandes mares permanentes, qui sont généralement occupées par d'autres (Razgour *et al.*, 2011). De plus nos investigations ont porté sur des points bien précis et l'effort d'échantillonnage (nombre de nuits d'écoute) peut être une faiblesse de notre protocole. La comparaison de l'activité dans les trois sites suggère que les chauves-souris chassent activement en oasis où la végétation est dense (Rebelo & Brito, 2006). L'utilisation de différents micro-habitats peut éviter la compétition entre les espèces de Chiroptères (Siemers & Schnitzler, 2004).

L'étude des variations saisonnières du régime alimentaire d'*Asellia tridens* dans le Sahara central est un volet important dans la bio-écologie et la gestion de cette espèce saharienne. Elles soutiennent le modèle selon lequel certains prédateurs ont tendance à se spécialiser lorsque les ressources trophiques deviennent abondantes dans l'environnement en cherchant des proies communes et profitables (Boukhemza *et al.*, 1994). Les variations saisonnières de la disponibilité des proies sont surmontées par un régime opportuniste même si le Trident du désert chasse principalement des proies terrestres, Coléoptères et Orthoptères, comme la plupart des espèces de Chiroptères sahariennes (Benda *et al.*, 2012). L'examen des restes de proies dans le guano a permis de classer le Trident du désert parmi les prédateurs généralistes et opportunistes. Il permet aussi la découverte des adaptations trophiques de ce petit mammifère. La protection des écosystèmes sahariens devrait figurer parmi les priorités de conservation.

Ces efforts de préservation des populations de Chiroptères pourraient être bénéfiques à l'ensemble de la biodiversité.

Un des facteurs clés dans l'abondance et la diversité des Chiroptères semble être les oasis. Même si des études complémentaires seront nécessaires pour identifier les mécanismes de sélection d'habitat par les Chiroptères, la recommandation majeure en termes de gestion environnementale serait donc de conserver et de développer ces écosystèmes. En revanche, si certains aspects abordés dans cette thématique permettent une comparaison avec des études antérieures, elle reste néanmoins toujours perfectible. C'est pourquoi des programmes de suivi et de surveillance sont suggérés à la suite de cette étude, avec l'appui de la détection acoustique qui doit être impérativement utilisée, en tenant compte évidemment du statut qui caractérise nos Chiroptères ainsi que la mosaïque d'habitats qu'ils exploitent pour une meilleure gestion conservatoire de ces espèces vulnérables et des écosystèmes naturels.

Les stratégies de conservation des Chiroptères requièrent encore un certain nombre d'études complémentaires sur les mécanismes de sélection d'habitat, à différentes échelles spatio-temporelles. Actuellement, les écosystèmes arides changent rapidement sous l'influence du changement climatique (Loarie *et al.*, 2009). La grande mobilité des chiroptères les rend sans doute moins sensibles aux changements climatiques que d'autres groupes taxonomiques, en leur offrant la possibilité de recoloniser rapidement de nouveaux espaces favorables (Rebelo *et al.*, 2010 ; Sherwin *et al.*, 2013). Toutefois ce changement climatique risque de modifier également la répartition et la dynamique des proies, et donc les relations prédateurs-proies (Dale *et al.*, 2001 ; Kunz & Fenton, 2005 ; Bretagnolle & Gillis, 2010 ; Rebelo *et al.*, 2010 ; Barbosa *et al.*, 2012). Le défi des années futures sera la prise en compte de cette dynamique, par la constitution de jeux de données à long terme sur les Chiroptères et la mise en place d'approches expérimentales innovantes, pour élaborer des stratégies de gestion durable.

En Algérie, toutes les espèces de chauves-souris sont insectivores et peuvent consommer plus de la moitié de leur masse corporelle en insectes par nuit (Kalka & Kalko, 2006) et il est probable qu'elles puissent contribuer à la régulation des ravageurs des cultures (Kunz *et al.*, 2011). Aussi, nous proposons d'installer des gîtes artificiels ou nichoirs (Mitchell-Jones, 1999 ; Brittingham & Williams, 2000 ; Lourenço & Palmeirim, 2004 ; Flaquer *et al.*, 2006 ; Alagaili, 2008) dans les différents milieux, afin de vérifier leur

occupation par les chauves-souris et d'étudier leurs effets dans la lutte biologique dans les milieux agricoles, notamment dans les oasis.

Notre travail constitue une première contribution à l'étude de l'écologie des Chiroptères des milieux arides et semi-arides du ouest algérien. Elle devrait susciter d'autres travaux dans les autres zones bioclimatiques de l'Algérie afin de mieux connaître les besoins écologiques des chauves-souris algériennes et de piloter leur conservation. Compte tenu du rôle clé de ces petits mammifères dans les écosystèmes, la nécessité d'étudier les habitats de chasse, de chercher, localiser et protéger les gîtes des espèces menacées doit occuper une priorité dans les programmes de la sauvegarde et / ou la restauration des écosystèmes naturels

Il serait intéressant de rechercher les relations inter et intra-spécifiques, et quel type de stratégies anti-prédateur est utilisé par les Chiroptères. Par ailleurs il serait important d'approfondir les études sur d'autres aspects de la biologie et l'écoéthologie avec l'appui des méthodes d'analyses ultrasonores afin de cerner leurs déplacements et leurs comportements durant toute l'année, dans le but de mieux connaître les espèces et contribuer à leur préservation. Cependant, il faut signaler qu'une menace sérieuse pèse sur les populations de Chiroptères en Algérie, elle est due essentiellement à la pression humaine dans les milieux, engendrant des impacts sur leurs populations, comme la dégradation des habitats (forte urbanisation, épandage de pesticides, destruction des gîtes cavernicoles, déforestation) ajoutée aux habitudes traditionnelles des villageois, anciennement nomades, qui restent, pour une partie, encore attachés à leur culture complétant l'hécatombe de ces espèces, les chauves-souris étant victimes de sorcellerie en Algérie.

Pour cela, les actions sur l'environnement restent importantes, la création d'aires protégées et la sauvegarde des espaces naturels passent par la prise de conscience du problème par les habitants. Des campagnes de sensibilisation auprès des populations locales, sur l'importance et le rôle majeur des Chiroptères dans le maintien des écosystèmes terrestres, sont indispensables en vue de sauvegarder notre biodiversité et notre patrimoine biologique pour les futures générations.

Nous espérons que cette étude contribuera quelque peu à amplifier l'intérêt pour la Chiroptérofaune et ainsi réduire les préjugés à son égard, mieux encore à prendre en considération leurs exigences écologiques dans un futur plan de gestion de ces espèces et des espaces qu'elles fréquentent.

B I B L I O G R A P H I E
G E N E R A L E

- Acharya L. & Fenton M.B., 1999. Bat attacks and moth defensive behaviour around street lights. *Can. J. Zool.*, 77 : 27-33.
- Adams A.M., Jantzen M.K., Hamilton R.M. & Fenton M.B., 2012. Do you hear what I hear? Implications of detector selection for acoustic monitoring of bats. *Meth. Ecol. Evol.*, 3 : 992-998.
- Ahmim M. & Moali A., 2011. The diet of the Maghrebian mouse-eared bat *Myotis punicus* (Mammalia, Chiroptera) in Kabylia, Northern Algeria. *Ecol. Medit.*, 37 : 45-51.
- Ahmim M. & Moali A., 2013. The diet of four species of horseshoe bat (Chiroptera: Rhinolophidae) in a mountainous region of Algeria: evidence for gleaning. *Hystrix, It. J. Mammal.*, 24 : 174-176.
- Ahmim M., 2014. Ecologie et biologie de la conservation des Chiroptères de la région de la Kabylie des Babors (Algérie). Thèse de Doctorat. Université Abderrahmane Mira-Bejaia, Algérie. 183 pp.
- Ahmim M., 2017. Current status, distribution and conservation status of algerian bats (Mammalia: Chiroptera). *J. threat. Taxa*, 9.: 9723-9733.
- Alagaili A.N., 2008. Biological, ecological, and conservational study of Kuhl's bat (*Pipistrellus kuhlii*) from Unizah Province, Saudi Arabia. Ph.D. Dissertation, University, Fayetteville, Arkansas, 120 pp.
- Altringham J., 2011. Bats. From evolution to conservation. Second edition. Oxford University Press, Oxford, 324 pp.
- Anciaux de Faveaux M., 1976. Distribution des Chiroptères en Algérie, avec notes écologiques et parasitologiques. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 67 : 69-80.
- Andrewartha H.G. & Birch L.C., 1954. The distribution and abundance of animals. University of Chicago Press, Chicago, 782 pp.
- Ashrafi S., Rutishauser M., Ecker K., Obrist M.K., Arlettaz R. & Bontadina F., 2013. Habitat selection of three cryptic *Plecotus* bat species in the European Alps reveals contrasting implications for conservation. *Biodiv. Conserv.*, 22 : 2751-2766.
- Aulagnier S. & Thévenot M., 1986. Catalogue des Mammifères sauvages du Maroc. *Trav. Inst. Sci., Sér. Zool.*, 41 : 1-163.
- Barataud M., 2012. Écologie acoustique des Chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse. *Biotope*, Mèze. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 344 pp.

- Barataud M., Demontoux D. & Giosa S., 2014. Fréquentation des prairies de fauche par les Chiroptères en chasse dans les Alpes du sud. *Vespère*, 3 : 195-208.
- Barbosa P., Letourneau D. & Agrawal A., 2012. *Insect outbreaks revisited*. Wiley-Blackwell, 480 pp.
- Benda P. & Karataş A., 2005. On some Mediterranean populations of bats of the *Myotis mystacinus* morpho-group (Chiroptera: Vespertilionidae). *Lynx*, n.s., 36 : 9-38.
- Benda P., Faizolâhi K., Andreas M., Obuch J., Reiter A., Ševčík M., Uhrin M., Vallo P. & Ashrafi S., 2012. Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Part 10. Bat fauna of Iran. *Acta Soc. Zool. Bohem.*, 76 : 163-582.
- Bendjeddou M.A., Bitam I., Abiadh A., Bouslama Z. & Amr Z., 2013. Some new records of arthropod ectoparasites of bats from north-eastern Algeria. *Jordan J. biol. Sci.*, 6 : 324-327.
- Bendjeddou M.A., 2016. Inventaire des Chiroptères dans le nord-est algérien et faune ectoparasite associée. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar -Annaba. Algérie, 238 pp.
- Bendjeddou M.A., Loumassine H.A, Scheffler I., Bouslama Z. & Amr Z., 2016. Bat ectoparasites (Nycteribiidae, Streblidae, Siphonaptera, Heteroptera, Mesostigmata, Argasidae, and Ixodidae) from Algeria. *J. Vector Ecol.* 42 : 13-23.
- Blake D., Hutson A.M., Racey P.A., Rydell J. & Speakman J.R., 1994. Use of lampit roads by foraging bats in southern England. *J. Zool.*, 234 : 453-462.
- Boukhemza M., Doumandji S. & Righi M., 1994. Variations saisonnières du régime alimentaire de la Chouette effraie (*Tyto alba*) dans un milieu saharien, région de Timimoun (Algérie). *Journ. Rech. écol., Inst. biol.*, 29-30 novembre 1994, Université de Tizi Ouzou.
- Bretagnolle V. & Gillis H., 2010. Predator-prey interactions and climate change. In : *Effects of climate change on birds*. Oxford University Press, Oxford, 227-247.
- Brittingham M. & Williams L.M., 2000. Bat-boxes as alternative roosts for displaced bat maternity colonies. *Wildl. Soc. Bull.*, 28 : 197-207.
- Britzke E.R., Duchamp J.E., Murray K.L., Swihart R.K. & Robbins L.W., 2011 Acoustic identification of bats in the eastern United States: A comparison of parametric and nonparametric methods. *J. Wildl. Manage.*, 75 : 660-668.
- Burel F. & Baudry J., 1999. *Ecologie du paysage: concepts, méthodes et applications*, Technique & Documentation, Paris 359 pp.

- Castella V., Ruedi M., Excoffier L., Ibáñez C., Arlettaz R. & Haussser J., 2000. Is the Gibraltar Strait a barrier to gene flow for the bat *Myotis myotis* (Chiroptera: Vespertilionidae)? *Mol. Ecol.*, 9 : 1761-1772.
- Clarke A. & Gaston K.J., 2006. Climate, energy and diversity. *Proc. R. Soc. B: Biol. Sci.*, 273 : 2257-2266.
- Courtois J.Y., Rist D. & Beuneux G., 2011. Les chauves-souris de Corse. Albiana, Corte, 167 pp.
- Chatelain C., Gautier L. & Spichiger R., 2001. Application du SIG IVOIRE à la distribution potentielle des espèces en fonction des facteurs écologiques. *Syst. Geogr.*, 71 : 313-326.
- Dale V.H., Joyce L.A., McNulty S., Neilson R.P., Ayres M.P., Flannigan M.D., Hanson P.J., Irland L.C., Lugo A.E., Peterson C.J., Simberloff D., Swanson F.J., Stocks B.J. & Wotton B.M., 2001. Climate change and forest disturbances. Climate change can affect forests by altering the frequency, intensity, duration, and timing of fire, drought, introduced species, insect and pathogen outbreaks, hurricanes, windstorms, ice storms, or landslides. *BioScience*, 51 : 723-734.
- Dalhoumi R., Hedfi A., Aissa P. & Aulagnier S., 2014. Bats of Jebel Mghilla National Park (central Tunisia): First survey and habitat-related activity. *Trop. Zool.*, 27 : 53-62.
- Dalhoumi R., Aissa P., & Aulagnier S., 2016. Seasonal variations of sexual size dimorphism in two Mediterranean bat species from Tunisia: the Kuhl's pipistrelle (*Pipistrellus kuhlii*) and the Isabelline serotine (*Eptesicus isabellinus*). *Folia Zool.*, 65 : 157-163.
- Dalhoumi R., Morellet N., Aissa P. & Aulagnier S., 2017. Seasonal activity pattern and habitat use by the Isabelline serotine bat (*Eptesicus isabellinus*) in an arid environment of Tunisia. *Acta Chiropterol.*, 19 : 141-153.
- Darlington P.J., 1957. Zoogeography: The geographical distribution of animals. John Wiley: New York, 675 pp.
- Davies T.W., Bennie J. & Gaston K.J., 2012. Street lighting changes the composition of invertebrate communities. *Biol. Lett.*, 8 : 764-767.
- Dietz C., von Helversen O. & Nill D., 2009. L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord. Biologie, caractéristiques, protection. Delachaux et Niestlé, Paris, 400 p.

- Dietz M., Pir J.B. & Hillen J., 2013. Does the survival of greater horseshoe bats and Geoffroy's bats in Western Europe depend on traditional cultural landscapes? *Biodiv. Conserv.*, 22 : 3007-3025.
- Dieuleveut T., Liéron V. & Hingra Y., 2010. Nouvelles données sur la répartition des Chiroptères dans le Maroc oriental (années 2007 à 2009). *Bull. Inst. Sci., Rabat, Sect. Sci. Vie*, 32 : 33-40.
- Disca T., Allegrini B. & Prié V., 2014. Caractéristiques acoustiques des cris d'écholocation de 16 espèces de Chiroptères (Mammalia, Chiroptera) du Maroc. *Vespère*, 3 : 209-229.
- Dobson G.E. 1880. Sur quelques espèces de Chiroptères provenant d'une collection faite en Algérie par M. Fernand Lataste. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 5 : 232-236.
- Duveyrer, H., 1860. Reise in Nord-Afrika. II. Vorläufige Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung im Wad, Masab und Reise nach El Golea, Juni bis Oktober 1859. *Petermanns geogr. Mitt.*, 6 : 55-63.
- Fahr J. & Ebigbo N.M., 2004. Evaluation rapide des Chiroptères dans la forêt classée du Pic de Fon, Guinée. In: Conservation international. Une évaluation biologique rapide de la forêt classée du pic de fon, chaîne du Simandou, Guinée. Washington, USA. p. 171-180.
- Fenton M.B. & Simmons N.B., 2014. *Bats: A world of science and mystery*. University of Chicago Press, Chicago, 240 pp
- Fenton M.B., Jacobson S.L. & Stone R.N., 1973. Automatic ultrasonic sensing system for monitoring activity of some bats. *Can. J. Zool.*, 51 : 291-299.
- Ferger S.W., Schleuning M., Hemp A., Howell K.M. & Böhning-Gaese K., 2014. Food resources and vegetation structure mediate climatic effects on species richness of birds. *Global Ecol. Biogeogr.*, 23 : 541-549.
- Francl K.E., 2008. Summer bat activity at woodland seasonal pools in the northern Great Lakes region. *Wetlands*, 28 : 117-124.
- Frank K.D., 1988. Impact of outdoor lighting on moths: An assessment. *J. Lepidopterists' Soc.*, 42 : 63-93.
- Flaquer C., Torre I. & Ruiz-Jarillo R., 2006. The value of bat-boxes in the conservation of *Pipistrellus pygmaeus* in wetland rice paddies. *Biol. Conserv.*, 128 : 223-230.
- Flaquer C., Torre I. & Arrizabalaga A., 2007. Comparison of sampling methods for inventory of bat communities. *J. Mammal.*, 88 : 526-533.

- Gaisler J., 1983. Nouvelles données sur les Chiroptères du nord algérien. *Mammalia*, 47 : 359-369.
- Gaisler J., 1983-1984. Bats of northern Algeria and their winter activity. *Myotis*, 21-22 : 89-95.
- Gaisler J. & Kowalski K., 1986. Results of the netting of bats in Algeria (*Mammalia*, *Chiroptera*). *Věst. čes. Spol. zool.*, 50 : 161-173.
- Gannon M.R., Sherwin R.E. & Haymond S., 2003. On the importance of articulating assumptions when conducting acoustic studies of habitat use by bats. *Wildl. Soc. Bull.*, 31 : 45-61.
- García-Mudarra J.L., Ibáñez C. & Juste J., 2009. The Straits of Gibraltar: Barrier or bridge to Ibero-Moroccan bat diversity? *Biol. J. Linn. Soc.*, 96 : 434-450.
- Gonin X., 2000. Les Chiroptères : Vie et moeurs. *Chiroptera*, Gneève, 66 pp.
- Hayes J.P., Ober H.K. & Sherwin R.E., 2009. Survey and monitoring of bats. In : Kunz T.H. & Parsons S. (eds.), *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Second edition, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, p. 112-129.
- Hooper J.H.D. & Hooper W.M., 1956. Habits and movements of cave dwelling bats in Devonshire. *Proc. zool. Soc. Lond.*, 127 : 1-26.
- Horáček I., 1991. Enigma of *Otonycteris*: Ecology, relationship, classification. *Myotis*, 29 : 17-30.
- Hulva P., Horáček I. & Benda P., 2007. Molecules, morphometrics and new fossils provide an integrated view of the evolutionary history of *Rhinopomatidae* (*Mammalia*: *Chiroptera*). *BMC evol. Biol.*, 7 : 165.
- Jones G., Jacobs D.S., Kunz T.H., Willig M.R. & Racey P.A., 2009. Carpe noctem: The importance of bats as bioindicators. *Endang. Spec. Res.*, 8 : 93-115.
- Juste J., Benda P., García-Mudarra J.L. & Ibáñez C., 2013. Phylogeny and systematics of Old World serotine bats (genus *Eptesicus*, *Vespertilionidae*, *Chiroptera*): An integrative approach. *Zool. Scripta*, 42 : 441-457.
- Kerth G. & Melber M., 2009. Species-specific barrier effects of a motorway on the habitat use of two threatened forest-living bat species. *Biol. Conserv.*, 142 : 270-279.
- Kowalski K., 1984. Les chauves-souris cavernicoles de l'Algérie. *Spéleol. algérienne*, 1982-1983 : 43-58.
- Kowalski K., Gaisler J., Bessam H., Issaad C. & Ksantini H., 1986. Animal life cycle of cave bats in northern Algeria. *Acta Theriol.*, 13 : 185-206.

- Kowalski K. & Rzebick-Kowalska B., 1991. Mammals of Algeria. Polish Academy of Sciences. Institute of Systematics and Evolution of Animals, Wrocław, 353 pp.
- Kunz T.H., 1982. Ecology of bats. Plenum Publishing Corporation. New York, 241 pp.
- Kunz T.H. & Fenton B.B., 2005. Bat ecology. University of Chicago Press, Chicago, 798 pp.
- Kalka M. & Kalko E., 2006. Gleaning bats as underestimated predators of herbivorous insects: Diet of *Micronycteris microtis* (Phyllostomidae) in Panama. *J. trop. Ecol.*, 22 : 1-10.
- Krebs C., 1978. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. Harper & Row, New York. 694 pp.
- Kunz T.H., Hodkison R. & Weise C.D., 2009. Methods of capturing and handling bats. In : Kunz T.H. & Parsons S., (eds.), Ecological and behavioral methods for the study of bats. Second edition, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, p. 3-35.
- Kunz T.H., Braun de Torrez E., Bauer D., Lobo T. & Fleming T.H., 2011. Ecosystem services provided by bats. *Ann. New York Acad. Sci.*, 1223 : 1-38.
- Laurent P. 1936. Une forme nouvelle du Genre *Plecotus* *P. auritus saharae* subsp. nov. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, 27 : 408-412.
- Laurent P., 1944. Premiers baguages des chauves-souris en Afrique du Nord. *Bull. Soc. Géogr. Archéol. Oran* 65 : 49-51.
- Loarie S.R., Duffy P.B., Hamilton H., Asner G.P., Field C.B. & Ackerly D.D., 2009. The velocity of climate change. *Nature* 462 : 1052-1055.
- Loumassine H.E., Allegrini B., Bounaceur F., Aulagnier S. & Peyre O., 2017. A new mammal species for Algeria, *Rhinopoma microphyllum* (Chiroptera: Rhinopomatidae) : morphological and acoustic identification. *Mammalia*, 2016-0153, DOI : 10.1515.
- Lourenço S.I. & Palmeirim J.M., 2004. Influence of temperature in roost selection by *Pipistrellus pygmaeus* (Chiroptera): Relevance for design of bat-boxes. *Biol. Conserv.*, 119 : 237-243.
- MacSwiney G.M.C., Clarke F.L. and Racey P.A., 2008. What you see is not what you get: the role of ultrasonic detectors in increasing inventory completeness in Neotropical bat assemblages. *J. appl. Ecol.*, 45 : 1364-1371.

- McGuire L.P. & Fenton M.B., 2010. Hitting the wall: Light affects the obstacle avoidance ability of free-flying little brown bats (*Myotis lucifugus*). *Acta Chiropterol.*, 12 : 247-250.
- Mehr M., Brandl R., Hothorn T., Dziöck F., Förster B. & Müller J., 2011. Land use is more important than climate for species richness and composition of bat assemblages on a regional scale. *Mammal Biol.*, 76 : 451-460.
- Messaoud N., 2011. Contribution à l'étude de répartition des chauves-souris au Parc National de Chrea. Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques, Université de Blida, 129 pp.
- Miller B.W., 2001. A method for determining relative activity of free flying bats using a new activity index for acoustic monitoring. *Acta Chiropterol.*, 3: 93-105.
- Mitchell-Jones A.J., 1999. Conserving and creating bat roosts. In : Mitchell-Jones A.J. & Mcleish, A.P. (Eds.). *The bat workers' manual*. Joint Nature Conservation Committee Press, Peterborough, 85-104.
- Monath T.P., 1999. Ecology of Marburg and Ebola virus: Speculation and directions for future research. *J. Infect. Dis.*, 179 : 127-138.
- Muñoz-García A., Ben-Hamo M., Pinshow B., Williams J.B. & Korine C., 2012. The relationship between cutaneous water loss and thermoregulatory state in the Kuhl's pipistrelle, *Pipistrellus kuhlii*, a widely distributed vespertilionid bat. *Physiol. biochem. Zool.*, 85 : 516-525.
- Nakamura T. & Yamashita S., 1997. Phototactic behavior of nocturnal and diurnal spiders: Negative and positive phototaxes. *Zool. Sci.*, 14 : 199-203.
- Norberg U.M. & Fenton M.B., 1988. Carnivorous bats? *Biol. J. Linn. Soc.*, 33 : 383-394.
- Obrist M.K., 1995. Flexible bat echolocation: The influence of individual, habitat and conspecifics on sonar signal design. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 36 : 207-219
- O'Farrell M.J. & Gannon W.L., 1999. A comparison of acoustic versus capture techniques for the inventory of bats. *J. Mammal.*, 80 : 24-30.
- Oubaaziz B., 2012. Recherches écologiques sur les Chiroptères de l'extrême Ouest algérien : habitat, répartition et statut. Mémoire de Magister en Ecologie et Biologie des populations, Université de Tlemcen, 188 pp.
- Parsons S. & Szewczak J.M., 2009. Detecting, recording, and analyzing the vocalizations of bats, In : Kunz T.H & Parsons S. (eds.), *Ecological and behavioral methods for the*

- study of bats. Second edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, p. 91 - 111.
- Pierce G.W. & Griffin D.R., 1938. Experimental determination of supersonic notes emitted by bats. *J. Mammal.*, 19 : 454-455.
- Puechmaile S., Hizem W.M., Allegrini B. & Abiadh A., 2012. Bat fauna of Tunisia: Review of records and new records, morphometrics and echolocation data. *Vespertilio*, 16 : 211-239.
- Puechmaile S.J., Frick W.F., Kunz T.H., Racey P.A., Voigt C.C., Wibbelt G. & Teeling E.C., 2011. White-nose syndrome: Is this emerging disease a threat to European bats? *Trends Ecol. Evol.*, 26 : 573-579.
- Rabe M.J. & Rosenstock S.S., 2005. Influence of water size and type on bat captures in the lower Sonoran desert. *Western North Am. Nat.*, 65 : 87-90.
- Raharimanga V., Arieu F., Cardiff S.G., Goodman S.M., Tall A., Rousset D. & Robert V., 2003. Haemoparasites of bats in Madagascar. *Arch. Inst. Past. Madagascar*, 69 : 70-76.
- Razgour O., Hanmer J. & Jones G., 2011. Does interspecific competition drive patterns of habitat use in desert bat communities? *Oecologia*, 167 : 493-502.
- Rebelo H. & Brito C.J., 2006. Bat guild structure and habitat use in the Sahara desert. *Afr. J. Ecol.*, 54 : 228-230.
- Rebelo H., Tarroso P. & Jones G., 2010. Predicted impact of climate change on European bats in relation to their biogeographic patterns. *Global Change Biol.*, 16 : 561-576.
- Reis N.R. & Guillaumet J.L., 1983. Les chauves-souris frugivores de la région de Manaus et leur rôle dans la dissémination des espèces végétales. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 38 : 147-169.
- Russ J., 1999. The bats of Britain and Ireland: Echolocation calls, sound analysis, and species identification. *Alana Ecology Books*, Belfast, 103 pp.
- Russo D. & Jones G., 2002. Identification of twenty-two bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls. *J. Zool.*, 258 : 91-103.
- Russo D., Cistrone L., Garonna A.P. & Jones G., 2010. Reconsidering the importance of harvested forests for the conservation of tree-dwelling bats. *Biodiv. Conserv.*, 19 : 2501-2515.

- Rydell J., 1992. Exploitation of insects around streetlamps by bats in Sweden. *Funct. Ecol.*, 6 : 744-750.
- Rydell J. & Speakman J.R., 1995. Evolution of nocturnality in bats. Potential competitors and predators during their early history. *Biol. J. Linn. Soc.*, 54 : 183-191.
- Sara D.M.J., 2002. Chauves souris et zoonoses. Thèse de Doctorat vétérinaire. Faculté de Médecine de Créteil, 120 pp.
- Sattler T., Bontadina F., Hirzel A.H. & Arlettaz R., 2007. Ecological niche modelling of two cryptic bat species calls for a reassessment of their conservation status. *J. appl. Ecol.*, 44 : 1188-1199.
- Scanlon A.T., Petit S., Tuiwawa M. & Naikatini A., 2014. High similarity between a batserviced plant assemblage and that used by humans. *Biol. Conserv.*, 174 : 111-119.
- Schnitzler H.-U., Moss C.F. & Denzinger A., 2003. From spatial orientation to food acquisition in echolocating bats. *Trends Ecol. Evol.*, 18 : 386-394.
- Sherwin H.A., Montgomery W.I. & Lundy M.G., 2013. The impact and implications of climate change for bats. *Mammal Rev.*, 43 : 171-182.
- Siemers B.M. & Schnitzler H.U., 2004. Echolocation signals reflect niche differentiation in five sympatric congeneric bat species. *Nature*, 429 : 657-661.
- Simmons N.B., 2005. Order Chiroptera. In : Wilson D.E. & Reeder D.M., (eds.), *Mammal species of the World. A taxonomic and geographic reference. Third edition.* The Johns Hopkins University Press, Baltimore, p. 312-359.
- Speakman, J.R., Hays, G.C. & Webb, P.I. 1994. Is hyperthermia a constraint on the diurnal activity of bats? *J. theor. Biol.*, 171 : 325-341.
- Stahlschmidt P. & Brühl C.A., 2012. Bats as bioindicators – the need of a standardized method for acoustic bat activity surveys. *Meth. Ecol. Evol.*, 3 : 503-508.
- Stevens R.D., Cox S.B., Strauss R.E. & Willig M.R., 2003. Patterns of functional diversity across an extensive environmental gradient: Vertebrate consumers, hidden treatments and latitudinal trends. *Ecol. Lett.*, 6 : 1099-1108.
- Stevens R.D., Willig M.R. & Strauss R.E., 2006. Latitudinal gradients in the phenetic diversity of New World bat communities. *Oikos*, 112 : 41-50.
- Taylor R.J. & Savva N.M., 2000. Use of roost sites by four species of bats in State forest in southeastern Tasmania. *Austr. Wildl. Res.*, 15 : 637-645.

- Thomas D.W., 1982. The ecology of an African savanna fruit bat community: Resource partitioning and role in seed dispersal. PhD Thesis, University of Aberdeen, 205 pp.
- Verschuren J., 1949. L'activité et les déplacements hivernaux des Chiroptères en Belgique. Bull. Inst. R. Sci. nat. Belgique, 25 : 1-7.
- Walters C.L., Fremantel R., Collen A., Dietz C., Fenton M.B., Jones G., Obrist M.K., Puechmaillie S.J., Sattler T., Siemers B.M., Parson S. & Jones K., 2012. A continental-scale tool for acoustic identification of European bats. J. appl. Ecol., 49 : 1064-1074.
- Weber A., 1912. Observations sur l'hibernation des Chéiroptères en Algérie. Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord, 4 : 152-153.
- Zingg P.E., 1990. Akustische Artidentifikation von Fledermäusen (Mammalia: Chiroptera) in der Schweiz. Rev. suisse Zool, 97: 263-294.

***C O M M U N I C A T I O N S E T
P U B L I C A T I O N S***
