

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

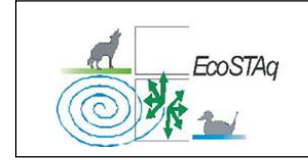
REPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار – مختار

Annaba عنابة



FACULTÉ DES SCIENCES  
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE  
LABORATOIRE D'Écologie des Systèmes terrestres et Aquatiques  
Thèse En vue de l'obtention d'un Diplôme de Doctorat

Domaine : SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE

Filière : **Biologie**

Spécialité : **Biodiversité, Evolution, Ecologie de la Santé**

**Intitulé**

« **Écologie Parasitaire du Hérisson d'Algérie *Atelerix algirus*  
(Lereboullet, 1842) dans le Nord-est Algérien** ».

**Presentée par : SENAOUI Charefeddine**

**Directeur de thèse : BOUKHEROUFA-SAKRAOUI Ferial (Pr, Université Badji Mokhtar - Annaba)**

**Co-directeur de thèse : BOUKHEROUFA Mehdi (M.C.A, Université Badji-Mokhtar – Annaba)**

**Devant un jury composé de :**

<b>Pr. BOUSLAMA Zihad</b>	Président	Pr	Université Badji Mokhtar - Annaba
<b>Dr. BELABED Adnene-Ibrahim</b>	Examineur	M.C.A	Université Badji Mokhtar - Annaba
<b>Dr. BAKARIA Fatiha</b>	Examineur	M.C.A	Université d'El Tarf
<b>Dr. MERABET Nada</b>	Examineur	M.C.A	Université d'EL Tarf

# *Remerciements*



## *Remerciements*

« Le chemin est long, la route est étroite, l'arrivée est ensoleillée »  
Proverbe Congolais.

-----

Tout d'abord, je tiens à remercier Allah tout puissant, qui nous a permis de mener à bien ce travail.

A ma directrice de laboratoire le Professeur **BOUSLAMA ZIHAD**, et lui exprime la plus grande gratitude d'avoir été mon mentor depuis de longues années, et d'avoir cru en moi, de m'accueillir à bras ouvert au laboratoire **EcoStaq**, pour affiner mes connaissances et me forger une vision, un but, et de me faire sentir l'un des vôtres, un grand Merci. Et, de nous avoir fait le grand honneur de présider le jury de cette thèse. Mes remerciements au Dr. **BAKARIA FATIHA**, au Dr. **MERABET NADA**, et enfin au Dr. **BELABED ADNENE-IBRAHIM**, pour avoir bien voulu examiner ce travail.

A ma directrice de thèse, le professeur **BOUKHEROUFA-SAKRAOUI FRIEL**, les mots ne seront pas suffisants, pour tous ces moments, jalonnés de dur labeurs, de doutes, mais aussi et surtout de franches rigolades, merci pour les conseils avisés, la possibilité de travailler dans les meilleures conditions, et surtout, la disponibilité sans limite, merci pour cette chaleur, je n'oublierai jamais. C'est pour moi un immense honneur de travailler avec vous.

Docteur **BOUKHEROUFA MEHDI**, merci d'avoir été là quand on t'a trouvé le déclic et tout repart, merci pour le temps, la patience, l'intelligence et au sens de l'humour extrêmement élevé ! Encore merci !

J'adresse mes chaleureuses salutations à toute l'équipe du laboratoire **Ecostaq**, ainsi l'équipe **DAFEC** du laboratoire sol et développement durable, merci mes amis, pour l'aide, la franche camaraderie qui a animé toutes ces années toutes ces belles années passées ensemble, à jamais gravé dans ma tête.

Je dédie ce travail à mes **Parents**, et leur soutien sans faille, leurs encouragements sans limite, aux nombreux sacrifices, ce travail est pour vous.

A ma **sœur**, pour la bonne humeur et la légèreté dans les moments difficiles.

A ma **fiancée**, pour le soutien sans faille, l'écoute, les conseils avisés, et les encouragements, cette thèse est aussi pour toi.

A tous mes amis, pour leur soutien et réconfort, qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.



# *Résumés*



## RESUME

Nous nous sommes appuyés sur le statut d'urban adapter du hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* pour évaluer et monitorer la biodiversité et la dynamique ectoparasitaire de l'espèce face à l'anthropisation de son milieu naturel. L'étude qui en découle a été réalisée d'avril 2017 jusqu'à mars 2019, où nous avons pu capturer un total de 98 hérissons (42 mâles et 56 femelles) dans deux localités du nord est algérien : la localité de Berrihane dans le Parc National d'El Kala et la localité de Séraïdi dans le massif forestier de l'Edough, différentes d'un point de vue altitude, végétation et degré d'urbanisation. Nous avons d'abord étudié quelques données bio – écologiques de l'espèce hôte à travers l'analyse spatio – temporelle des captures, associées aux données morphométriques des spécimens capturés. Nous avons également décrit la typologie des ectoparasites, analysé l'interaction facteurs abiotiques - infestation parasitaire, et caractérisé le potentiel vectoriel d'*Atelerix algirus*.

Les résultats obtenus confirment que la localité mixte de Berrihane reste l'habitat préférentiel du hérisson d'Algérie et ce malgré son anthropisation accélérée, puisqu'elle comble tous les besoins vitaux de l'espèce. Les résultats montrent également que l'hôte est infesté par 04 espèces de tiques : *Rhipicephalus turanicus*, *Rhipicephalus bursa*, *Ixodes hexagonus* et *Hyalomma marginatum*, et 03 espèces de Siphonaptères : *Archaeopsylla erinacei*, *Ctenocephalides felis* et *Ctenocephalides canis*, confirmant ainsi la tendance d'*Atelerix algirus* à s'urbaniser. L'analyse des sites préférentiels de fixation des tiques sur le corps des hérissons révèle une dépendance avec la morphométrie des pièces buccales des tiques, permettant de tirer profit des zones richement vascularisées. En revanche, nos résultats confirment le caractère nidicole des Siphonaptères davantage attachés au nid de reproduction et d'hibernation de l'espèce.

Nous avons comptabilisés au total 1353 ectoparasites (807 puces et 546 tiques). L'analyse des dynamiques parasitaires montrent d'une part, une forte prévalence des Siphonaptères par rapport aux tiques, ce qui n'est pas sans conséquences sur l'émergence de risques sanitaires potentiels, et d'autre part, une forte corrélation entre indices parasitaires et facteurs abiotiques, particulièrement dans la localité de Berrihane, qui affiche des valeurs élevées dans les indices parasitaires comparativement aux données antérieures. Ces résultats confirment la tendance à l'anthropisation de l'espèce, et laisse envisager l'évolution de son statut d'Urban adapter vers celui d'urban exploiter.

**Mots clés :** *Atelerix algirus* – écologie ectoparasitaire – urbanisation – Nord-est Algérien

## ABSTRACT

We relied on the urban adaptive status of the Algerian hedgehog *Atelerix algirus* to assess and monitor the biodiversity and ectoparasitary dynamics of the species in the face of the anthropization of its natural environment. The resulting study was conducted from April 2017 to March 2019, where we were able to capture a total of 98 hedgehogs (42 males and 56 females) in two locations in North East Algeria: the locality of Berrihane in the El Kala National Park and the locality of Séraïdi in the Edough forest massif, different from an altitude, vegetation and degree of urbanization. We first studied some bio-ecological data of the host species through the spatio-temporal analysis of the catches, associated with morphometric data of the specimens captured. We also described the typology of ectoparasites, analyzed the interaction of abiotic factors - parasitic infestation, and characterized the vector potential of *Atelerix algirus*.

The results confirm that the mixed locality of Berrihane remains the preferred habitat of the Algerian hedgehog despite its accelerated anthropization, since it meets all the vital needs of the species. The results also show that the host is infested with 04 species of ticks: *Rhipicephalus turanicus*, *Rhipicephalus bursa*, *Ixodes hexagonus* and *Hyalomma marginatum*, and 03 species of Siphonaptères: *Archaeopsylla erinacei*, *Ctenocephalides felis* and *Ctenocephalides canis*, confirming the tendency of *Atelerix algirus* to urbanize. The analysis of the preferred sites of tick fixation on the body of hedgehogs reveals a dependence with the morphometry of the oral parts of ticks, allowing to take advantage of the richly vascularized areas. On the other hand, our results confirm the nesting character of the siphonaptera more attached to the breeding and hibernating nest of the species.

The results confirm that the mixed locality of Berrihane remains the preferred habitat of the Algerian hedgehog despite its accelerated anthropization, since it meets all the vital needs of the species. The results also show that the host is infested with 04 species of ticks: *Rhipicephalus turanicus*, *Rhipicephalus bursa*, *Ixodes hexagonus* and *Hyaloma marginatum*, and 03 species of Siphonaptera: *Archaeopsylla erinacei*, *Ctenocephalides felis* and *Ctenocephalides canis*, confirming the tendency of *Atelerix algirus* to urbanize. The analysis of the preferred sites of tick fixation on the body of hedgehogs reveals dependence with the morphometry of the oral parts of ticks, allowing to take advantage of the richly vascularized areas. On the other hand, our results confirm the nesting character of the siphonaptera more attached to the breeding and hibernating nest of the species.

**Keywords:** *Atelerix algirus* – ectoparasitaire ecology – urbanization – northern Algeria

## الملخص

لقد اعتمدنا على حالة المحول الحضري للقنفذ الجزائري *Atelrix algirus* لتقييم ورصد التنوع البيولوجي وديناميات الطفيليات الخارجية للأنواع في مواجهة تجسيد بيئتها الطبيعية. أجريت الدراسة الناتجة من أبريل 2017 حتى مارس 2019 ، حيث تمكنا من التقاط ما مجموعه 98 قنفذًا (42 ذكرًا و 56 أنثى) في منطقتين في شمال شرق الجزائر: محلية بيريحان في منتزه القالة الوطني. ومحلية سيريدي في كتلة غابة إيدوغ ، تختلف من وجهة نظر الارتفاع والغطاء النباتي ودرجة التحضر. درسنا أولاً بعض البيانات الحيوية البيئية للأنواع المضيفة من خلال التحليل المكاني والزمني للأسر ، المرتبط بالبيانات الشكلية للعينات التي تم التقاطها. لقد وصفنا أيضًا تصنيف الطفيليات الخارجية ، وحللنا تفاعل العوامل اللاأحيائية - الإصابة بالطفيليات ، ووصفنا إمكانات ناقل *Atelrix algirus*.

تؤكد النتائج أن بيريحان المختلطة تظل الموطن المفضل للقنفذ الجزائري على الرغم من تسارع نموه البشري ، حيث إنه يلي جميع الاحتياجات الحيوية للأنواع. أظهرت النتائج أيضًا أن العائل مصاب بـ 04 نوعًا من القراد: *Rhipicephalus turanicus* و *Rhipicephalus bursa* و *Ixodes hexagonus* و *Hyalomamarginatum* و 03 نوعًا من *Siphonapterai: Archaeopsylla aerinacei* و *Ctenocephalides felis* و *Ctenocephalides canis* ، وبالتالي التحضر. يكشف تحليل مواقع ربط القراد المفضلة على جسم القنفاذ عن اعتماد على قياس التشكل لأجزاء فم القراد ، مما يجعل من الممكن الاستفادة من المناطق الغنية بالأوعية الدموية. من ناحية أخرى ، تؤكد نتائجنا أن الطابع التعشيشي *Siphonaptera* أكثر ارتباطًا بعش التكاثر والسبات.

أحصينا ما مجموعه 1353 طفيليات خارجية (807 براغيث و 546 قراد). يُظهر تحليل الديناميكيات الطفيلية ، من ناحية ، ارتفاع معدل انتشار *Siphonaptera* مقارنة بالقراد ، والذي لا يخلو من عواقب على ظهور مخاطر صحية محتملة ، ومن ناحية أخرى ، وجود علاقة قوية بين المؤشرات الطفيلية والعوامل اللاأحيائية ، على وجه الخصوص في محلية بيريحان والتي تظهر قيم عالية في المؤشرات الطفيلية مقارنة بالبيانات السابقة. تؤكد هذه النتائج الاتجاه نحو أنثروبسيسن للأنواع ، وتقترح تطور وضعها من الحضري للتكيف مع الوضع الحضري للاستغلال.

**الكلمات المفتاحية:** *Atelrix algirus* - بيئة الطفيليات الخارجية - التحضر - شمال شرق الجزائر

# Liste

des Tableaux , Figures , Photos



## LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
1	Classification du Hérisson d'Algérie <i>Atelerix algirus</i> (Wilson et Reeder, 1993).	22
2	Donnés Météorologiques de la Ville de Annaba (2017- 2020)	30
3	Localité d'étude [limites en rouge]. Sources : Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (DPAT), Direction des services agricoles (DSA), Direction des forêts (DGF), Office National des Statistiques (ONS) et (Bouazouni, 2004).	31
4	Localité d'étude. Sources : Direction des (DGF),	33
5	Les différents paramètres morpho-métriques	35
6	Critères d'identification taxonomiques des Siphonaptères (Beaucournu&Launey, 1990, photos explicatives in Franc, 1994)	39
7	Certains critères d'identification des tiques de la région méditerranée (Walker et al., 2007)	42
8	Nombre de captures des hérissons dans les deux localités d'échantillonnage	51
9	Biométrie du hérisson d'Algérie <i>Atelerix algirus</i> en fonction du sexe.	53
10	Les indices parasitaires chez <i>Atelerix algirus</i> .	64
11	les indices parasitaires chez <i>Atelerix algirus</i> en fonction de la zone de capture	65
12	Les indices parasitaires (tiques) chez <i>Atelerix algirus</i> en fonction des saisons	69
13	Les indices parasitaires ( tiques ) chez <i>Atelerix algirus</i> en fonction du sexe de l'hôte	70
14	Les indices parasitaires ( tiques ) chez <i>Atelerix algirus</i> en fonction de la zone de capture	72
15	Les indices parasitaires( puces ) chez <i>Atelerix algirus</i> en fonction des saisons	74
16	Les indices parasitaires ( puces ) chez <i>Atelerix algirus</i> en fonction du sexe de l'hote	75
17	Les indices parasitaires ( puces ) chez <i>Atelerix algirus</i> en fonction de la zone de capture	76
18	Analyse comparative de la typologie des ectoparasites chez <i>Atelerix algirus</i> à travers toute son aire de répartition	86

## LISTE DES PHOTOS

N°	Titre	Page
1	Couvert Floristique du Parc National d'el Kala (P.N.E.K). A : Aulnaie (forêt marécageuse) de Aïn Khiaar (© R. Boulahbal). B : L'oued Kebir et sa ripisylve (© A. Samet). C : Forêt de chêne zeen (© R. Boulahbal)	14
2	Faune du Parc national d'El Kala (Google , 2021 )	15
3	Couvert végétal du massif del'Edough (Senaoui, présent travail)	20
4	Faune du massif forestier de l'Edough (Google , 2021 )	21
5	a : Hérisson d'Algérie ( <i>Atelerix algirus</i> ) / b : Densité et couleur des piquants. (© Senaoui ,C )	23
6	Identification d'un Hérisson mâle (© M. Boukheroufa)	27
7	Identification d'un Hérisson femelle (© M. Boukheroufa)	27
8	Typologie Générale des Tique A : <i>Rhipicephalus turanicus</i> ; B : <i>Rhipicephalus bursa</i> ;C : <i>Ixodes hexagonus</i> D : <i>Hyalomma marginatum</i> , Gr X10 , (clichés Senaoui , présent travail)	56
9	Typologie Générale des Puces : A : <i>Ctenocephalides felis</i> , B : <i>Ctenocephalides canis</i> , C : <i>Archaeopsylla erinacei</i> , Gr X10, (clichés Senaoui , présent travail ) .	57

## LISTE DES FIGURES

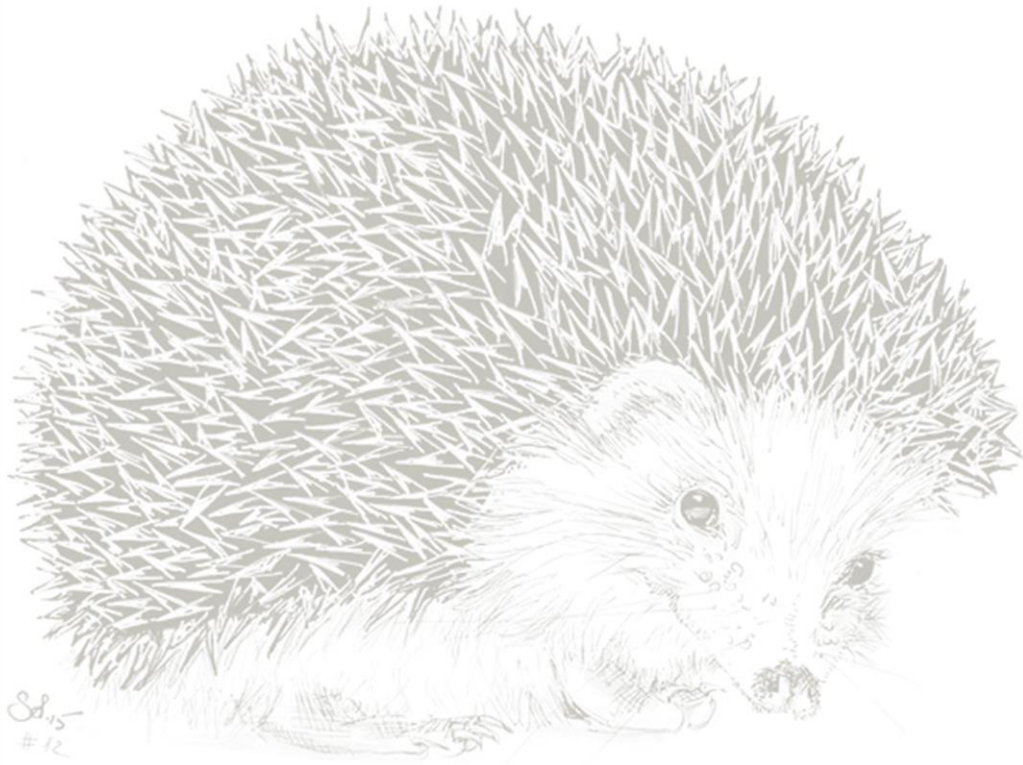
N°	Titre	Page
1	Schéma conceptuel des interactions hôte parasite-environnement (adapté de Snieszko, 1973 (Cardinaud 2013)	1
2	Situation du Parc National d'El Kala (Google Earth 2021, modifiée). Limitée en jaune	9
3	Unités éco-géographiques de la zone d'étude (D'après Benyacoubet <i>al.</i> , 1998. modifié)	11
4	Carte des principales unités écologique du Parc National d'El-Kala (Saifouni , 2009 )	12
5	Carte de localisation de la zone d'étude (In Boulemtafess, 2015).	16
6	Cadre physique de la partie Est de la péninsule de l'Edough ; (a) Réseau hydrographique à drainage dendritique (Hilly, 1962) ; (b) Carte de sensibilité à l'érosion (Oularbi et Zeghiche, 2009).	17
7	Les plages maritimes de la péninsule de l'Edough. (In Hamel, 2013).	18
8	Carte lithologique schématique de la péninsule de l'Edough d'après (Hilly, 1962) tramée in (Toubal, 1986)	19
9	Distribution des 05 Genres de Hérissons (Modifiée par Morris, 2006)	22
10	Carte de distribution d' <i>Atelerix algirus</i> à travers son aire de répartition. (en gris , adapté de Amoriet <i>al.</i> , 2008 )	24
11	Répartition géographique d' <i>Atelerix algirus</i> en Algérie (in Mouhoub – Sayah, 2009. Carte modifiée)	25
12	Mécanisme de défense du Hérisson (Reeve, 1994).	29
13	Quelques mensurations réalisées sur le hérisson (© M. Boukheroufa)	35
14	Méthode de déroulement du hérisson (© M. Boukheroufa)	36
15	Protocole illustré de déparasitage (Clichés Senaoui, 2019 ; Frih ,2020)	37
16	Morphologie de la puce (Franc 1994)	38
17	Cycle de vie de la puce	38
18	Une tique <i>Ixodidae</i> ( <a href="https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRjxrIu4rrdfzIepyueuouCM2JD1s8faPGmPw&amp;usqp=CAU">https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRjxrIu4rrdfzIepyueuouCM2JD1s8faPGmPw&amp;usqp=CAU</a> )	40
19	Cycle de vie d'une tique	41
20	Pourcentage de capture des hérissons dans les deux localités d'échantillonnage	51
21	Evolution des captures de hérisson par mois	52
22	Biométrie du hérisson d'Algérie <i>Atelerix algirus</i> en fonction du sexe	54
23	Illustrations de <i>Rhipicephalus turanicus</i> , ( Estrada-Pena <i>et al.</i> , 2017 ) . Illustrations redessinées de Filippova (1997)	58
24	Illustrations de <i>Rhipicephalus bursa</i> , Estrada-pena <i>et al.</i> , 2017	59
25	Illustrations de <i>Hyalomma marginatum</i> , Estrada-pena <i>et al.</i> , 2017	60
26	Illustrations de <i>Ixodes hexagonus</i> , Estrada-pena <i>et al.</i> , 2017	61

27	Critères d'identification des Siphonaptères à partir de la région céphalique (Mehlhorn, 2004)	62
28	Critères d'identification des puces <i>Archaeopsylla erinacei</i> , femelles et mâles adultes (COUTON,2019 )	63
29	Differentiation morphologique de la puce du chat ( <i>C. felis</i> ) et du chien ( <i>C. canis</i> ) (Friederike Kramer Norbert Mencke Flea Biology and Control , The Biology of the Cat Flea Control and Prevention with Imidacloprid in Small Animals ).	63
30	Pourcentages des différents ectoparasites prélevés chez <i>Atelerixalgiurus</i>	64
31	Calcul global des indices parasitaires chez <i>Atelerix algirus</i> .	65
32	Les indices parasitaires (tiques et puces) chez <i>Atelerix algirus</i> en fonction de la zone de capture	66
33	Proportions globales de la distribution des tiques sur le corps du hérisson	67
34	Répartition des tiques sur le corps du hérisson male et femelle (Reeve, 1994, modifiée par Senaouiet <i>al.</i> , 2020)	68
35	Les indices parasitaires ( tiques ) chez <i>Atelerix algirus</i> en fonction des saisons	70
36	Les indices parasitaires ( tiques ) chez <i>Atlerix algirus</i> en fonction du sexe de l'hôte.	71
37	Les indices parasitaires (tiques) chez <i>Atelerix algirus</i> par zone de capture	73
38	Les indices parasitaires ( puces ) chez <i>Atelerix algirus</i> en fonction de la saison	74
39	Les indices parasitaires ( puces) chez <i>Atlerix algirus</i> en fonction du sexe	76
40	Les indices parasitaires ( puces ) chez <i>Atelerix algirus</i> en fonction de la zone de capture	77
41	Les zones périurbaines et le concept de région rurale-urbaine (Piorret <i>al.</i> , 2011)	79
42	Distribution de <i>Rhipicephalusturanicus</i> en Europe et en Afrique du Nord (10 _ Présence de grille de 10 km avec des points noirs). B Les pays où l'espèce a été signalée sont indiqués en gris foncé (Dantas-Torres <i>et al.</i> , 2017)	81
43	A . Distribution de <i>Rhipicephalus bursa</i> en Europe et en Afrique du Nord. B. Les pays où l'espèce a été signalée sont indiqués en gris foncé (Estrada –pena <i>et al.</i> ,2017 )	82
44	A. Distribution de <i>Hyalomma marginatum</i> en Europe et en Afrique du Nord. B Les pays où l'espèce a été signalée sont indiqués en gris foncé ( Estrada-pena <i>et al.</i> , 2017 ).	83
45	A. Distribution de <i>Ixodes hexagonus</i> en Europe et en Afrique du Nord .B Les pays où l'espèce a été signalée sont indiqués en gris foncé ( Estrada-Pena <i>et al.</i> , 2017 )	84
46	Analyse en composantes principales des différentes variables mesurées pour l'analyse globale des dynamiques parasitaires.	88
47	Variation mensuelle de la température moyenne durant la période d'étude (2017- 2019) et abondances mensuelles des hérissons	92

## Table des matières

INTRODUCTION GENERALE.....	1
MATERIEL ET METHODES.....	9
1. DESCRIPTION GENERALE DES ZONES D'ETUDE.....	9
1.1. Le Parc National d'El Kala.....	9
1.1.1. Cadre géographique.....	10
1.1.2. Aperçu climatique.....	13
1.1.3 Couvert Végétal.....	14
1.1.4 Faune.....	15
1.2. Le massif montagneux de l'Edough.....	16
1.2.1. Situation géographique.....	16
1.2.2. Caractéristiques physiques.....	17
1.2.3. Couvert végétal.....	20
1.2.4 faune :.....	20
2. PRESENTATION DU MODELE BIOLOGIQUE.....	21
2.1. Systématique.....	21
2.2. Description morphologique.....	23
2.3 Répartition géographique.....	24
2.4. Habitats naturels et nids.....	25
2.5. Données bioécologiques.....	26
2.5.1. Dimorphisme sexuel.....	26
2.5.2. Reproduction.....	27
2.5.3. Longévité.....	28
2.5.4. Rythme d'activité.....	28
2.5.5. Régime alimentaire.....	28
2.5.6. Hibernation.....	29
2.5.7. Mécanismes de défense.....	29
3. METHODOLOGIE.....	30
3.1. Description des localités d'échantillonnage.....	30
3.1.1. La localité de Berrihane.....	30
3.1.2. La localité de Seraidi.....	32

3.2. Mesures morpho-métriques .....	34
3.3. Etude du système ectoparasites – Hérisson d’Algérie .....	36
3.3.1. Déparasitage .....	36
3.3.2. Identification taxonomique des parasites .....	37
3.3.3. Identification des sites préférentiels de fixation des ectoparasites .....	45
3.3.4. Indices parasitaires.....	45
3.4. Analyses statistiques .....	46
RESULTATS .....	51
1. Données bioécologiques globales de l’hôte.....	51
1.1. Évolutions des captures par mois.....	52
1.2. Données morphométriques de l’hôte.....	52
2. Caractérisation taxonomique des ectoparasites chez <i>Atelerix algirus</i> .....	54
3. Dynamique Globale des ectoparasites chez <i>Atelerix algirus</i> .....	64
4. Analyse de l’interaction spécifique « TIQUES - <i>Atelerix algirus</i> ».....	67
4.1. Zones préférentielles de fixation des tiques sur le corps de l’hôte .....	67
4.2. Analyse des indices parasitaires chez la population des tiques.....	68
5. Analyse de l’interaction « Siphonaptères - <i>Atelerix algirus</i> » .....	73
DISCUSSION GENERALE .....	78
1. <i>Atelerix algirus</i> : espèce phare en écologie urbaine .....	78
2. <i>Atelerix algirus</i> : excellent échantillonneur de biodiversité ectoparasitaire .....	80
3. Facteurs abiotiques et biotiques vs infestation parasitaire chez <i>Atelerix algirus</i> .....	87
4. <i>Atelerix algirus</i> urbanisé et surinfesté: quels risques sanitaires potentiels ? .....	93
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	95
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE.....	97
ANNEXES.....	.....



# *Introduction*



## INTRODUCTION GENERALE

«En raison de la mondialisation et des changements climatiques, nous sommes actuellement confrontés à un impact mondial sans précédent des zoonoses et des maladies animales émergentes et ré-émergentes» (Bernard Vallat, directeur général de l'Office Internationale des Epizootie (OIE), 2007).

L'émergence et la ré émergence de nombreuses zoonoses ces dernières années a induit une importante dynamisation de la recherche scientifique autour du parasitisme, un des principaux types de relation spécifiques entre les organismes de différentes espèces (Sobecka, 2012). Aujourd'hui, l'écologie parasitaire est une discipline en plein développement, notamment en raison de la prise en considération, par les écologues, du rôle potentiel des parasites dans les processus de régulations des populations hôtes, et de leur impact sur leur physiologie. Les travaux se multiplient, faisant de l'étude des relations hôtes-parasites l'un des champs les plus dynamiques de l'écologie et de la biologie évolutive (Fig. 1).

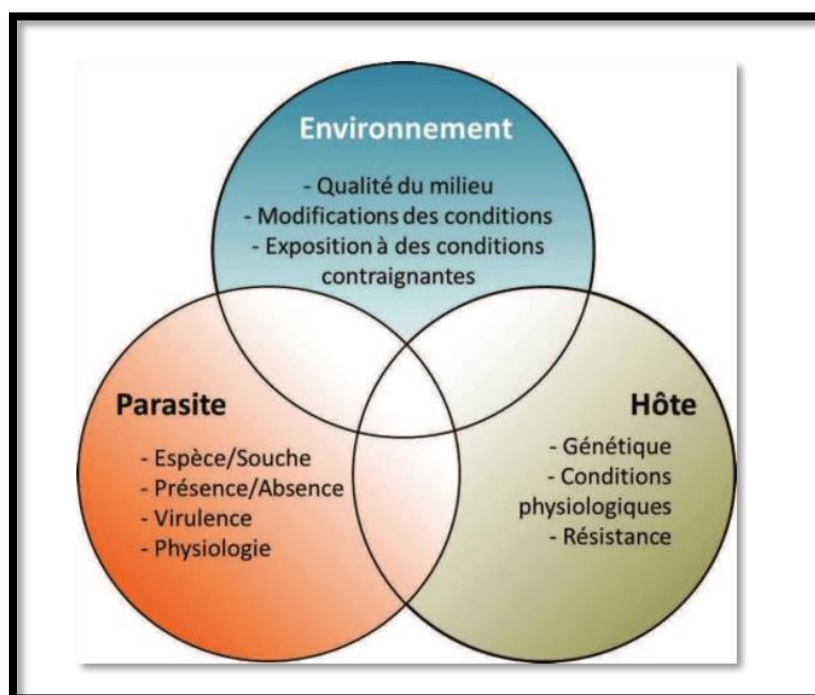


Figure 1 :Schéma conceptuel des interactions hôte parasite-environnement (adapté de Snieszko, 1973 (Cardinaud 2013))

**Combes (1995)** définit le parasitisme comme une interaction durable entre deux organismes, où l'un des protagonistes (le parasite) exploite le milieu de vie (ressources et habitats) que représente le second (l'hôte), pour sa propre reproduction et sa survie, au détriment de la valeur sélective de l'hôte. Le parasitisme ne se restreint pas seulement aux impacts d'un parasite sur un individu hôte, mais relève davantage d'un ensemble complexe d'interactions agissant au niveau des populations d'hôtes et de parasites (**Anderson et May, 1978**). Dès la fin du XIXe siècle, on savait déjà que les parasites prospéraient aux dépens de leurs hôtes et utilisaient l'hôte comme leur habitation. Plus tard, cette définition du parasitisme s'est focalisée sur les dommages causés aux hôtes par les parasites, la dépendance métabolique des parasites envers les hôtes et les interactions écologiques entre les populations de ces deux espèces d'organismes vivants. On sait également que les parasites peuvent réduire la condition physique des hôtes en exploitant les ressources nutritionnelles, les habitats et la dispersion, sans compter qu'ils peuvent également modifier le comportement de l'hôte et affecter sa fitness (**Levri, 1998**). A partir de ces éléments, les parasites et leurs hôtes vont co évoluer dans une course continue où chacun des protagonistes adopte des stratégies adaptatives propres à lui : d'une part, les hôtes développent des stratégies comportementales pour éliminer ou éviter les parasites (**Ezenwa, 2004**) ou encore réduire les contacts avec les congénères malades (**Bouwman et Hawley, 2010; Hawley, 2011**), et d'autre part, les parasites développent des stratagèmes pour optimiser leur transmission et pour échapper à l'immunité des hôtes (**Hawley, 2011; Ezenwa et al., 2016; Betts et al., 2018**). Cette interaction du comportement et de la transmission des parasites a des conséquences qui s'étendent aux populations, ainsi qu'aux communautés et aux écosystèmes (**Sutherland, 1996**). Il est donc nécessaire de comprendre les nombreux liens entre le comportement de l'hôte et le parasitisme pour modéliser efficacement la dynamique des populations et des communautés.

La gamme d'hôtes et la spécificité des parasites déterminent les principaux aspects épidémiologiques, écologiques et évolutifs des interactions hôte-parasite. Les parasites sont habituellement classés comme des généralistes ou des spécialistes en fonction du nombre d'hôtes sur lesquels ils se nourrissent (**Veiga et al., 2019**). Les parasites sont répartis de façon hétérogène dans les populations hôtes (**Anderson et May 1991; Anderson, 1993**).

Habituellement, une partie de cette hétérogénéité sera spatialement structurée et expliquée par divers facteurs écologiques et interactions d'espèces qui sont eux-mêmes spatialement structurés. Une meilleure compréhension des modèles spatiaux d'infection et de maladie, ainsi que des processus qui les sous-tendent, permettrait de mieux prévoir les distributions spatiales dans les zones non échantillonnées, ou encore de mieux comprendre les mécanismes d'éclosions des maladies (Pullan *et al.*, 2015). De plus, la diversité des espèces de parasites et l'intensité de l'infection peuvent avoir un large éventail d'impacts sur les hôtes, en termes de santé (Johnson et Hoverman, 2012) ; de comportement (Herbison *et al.*, 2018; Milinski, 1984; Moore, 1984); de sélection sexuelle (Auld *et al.*, 2016); et de régulation des populations hôtes (Sobocińska *et al.*, 2018a ; Saether et Engen, 2019 ; Herrera et Nunn, 2019). Bien que les parasites représentent une diversité invisible et inconnue à cause de leurs tailles majoritairement microscopique, ils ne sont pas moins importants dans les dynamiques des écosystèmes et même dans l'évolution de la vie sur Terre (Combes, 2001). Il est estimé que plus de la moitié des êtres vivants serait des parasites et vivrait au dépend des autres espèces (Morand et Deter, 2007). Des estimations encore plus récentes déclarent qu'environ la moitié de tous les invertébrés sont parasites, dans au moins une étape de leur développement (Mihalca *et al.*, 2011). Les parasites sont donc des composants omniprésents de la biologie des hôtes et doivent être échantillonnés pour former un cadre plus complet de relations interspécifiques et autres aspects de l'histoire naturelle, tant des hôtes que des parasites eux-mêmes (*in* Querouil, 2001).

De nombreuses études se sont focalisées sur les conséquences négatives des parasites sur l'hôte, à travers l'étude des modifications et des dommages occasionnés sur son écologie et sa physiologie. Ces modifications affectent inévitablement les traits d'histoire de vie de l'hôte : son temps de développement, sa taille adulte, sa fécondité, sa capacité de survie, que ce soit d'un point de vue écologique ou évolutif (*in* Michalakis, 2007). Le parasite peut même prendre le dessus et manipuler lui-même les traits d'histoire de vie de son hôte afin d'augmenter sa transmission. A titre d'exemple, le coléoptère *Tenebriomolitor*, qui est un hôte intermédiaire du *Taenia* (*Hymenolepis diminuta*), voit sa fécondité fortement réduite peu après son infection par celui-ci. Cette réduction de la fécondité s'accompagne par un allongement de la longévité, qui peut se comprendre par une réallocation des ressources de l'hôte. Cet allongement de la longévité profite directement au parasite puisqu'il augmente sa

probabilité d'être transmis à un de ses hôtes définitifs, le Rat noir (*Rattus rattus*) ou le Surmulot (*Rattus norvegicus*) (Hurd, 2001 ; Hurd *et al.*, 2001). Face à cette contrainte, les espèces hôtes mettent en œuvre des mécanismes de défense permettant d'éviter l'infestation (par le comportement), de minimiser leur impact par un ajustement des traits d'histoire de vie, ou encore d'éliminer les parasites installés (par le développement d'une riposte immunitaire) (Frank, 2002 ; Boukheroufa, 2017).

L'habitat d'un parasite ne devrait pas être seulement un hôte particulier, mais un hôte particulier dans un habitat particulier, en raison de sa sensibilité aux facteurs de l'environnement hors hôte (Hochachka et Dhondt, 2000; Ricklefs *et al.*, 2016). A titre d'exemple, la composition des espèces de puces dans un habitat n'est pas seulement déterminée par la composition des espèces hôtes, mais aussi par les paramètres environnementaux de cet habitat. , ces paramètres déterminent les conditions du terrier ou du nid de l'hôte (température, humidité, substrat, matériau du nid) et influent ainsi sur l'assemblage des puces (Krasnov, 2008). Hors, la plupart des études sur ce sujet se concentrent de plus en plus sur la pathogénicité croissante des parasites dans un climat changeant, soulevant ainsi des préoccupations pour la santé humaine (Cizauskas *et al.*, 2017 ; Ezquiaga *et al.*, 2020). De nombreux travaux révèlent que les changements climatiques modifient la disponibilité d'un créneau parasitaire, entraînant une combinaison de perte d'habitat et de changements d'aire de répartition, et potentiellement une diminution de la croissance démographique et de la diminution des taux de reproduction, qui peuvent tous encourager les extinctions primaires (Cizauskas *et al.*, 2017). Les activités humaines ne sont pas en reste puisqu'elles affectent également de nombreux écosystèmes, et sont responsables de l'apparition de profondes modifications dans la transmission de certains parasites zoonotiques, entraînant des éclosions de maladies humaines endémiques et émergentes (Murray et Daszak 2013 ; Di Marco *et al.*, 2020 ). Cette fragmentation des habitats naturels compte actuellement parmi les préoccupations écologiques majeures de ces dix dernières années (Grimm *et al.*, 2008 ; Hanski *et al.*, 2013 ; Werner et Nunn , 2020.), et pour cause, elle constitue l'une des principales menaces sur la biodiversité. Si la sélection de l'habitat est une donnée fondamentale de l'écologie des espèces (InAlohou *et al.*, 2016), toute modification ou dégradation va fortement impacter la dynamique, les processus évolutifs et la conservation des populations naturelles, qu'il s'agisse d'espèces hôtes ou d'espèces parasites

(Teixeira et Arntzen, 2002). De nombreux chercheurs se sont intéressés aux phénomènes d'adaptation des communautés animales face à l'anthropisation et à la fragmentation de leurs habitats naturels (Lambin *et al.*, 2001 ; Lindenmayer et Franklin 2003). En effet, toutes les espèces animales ne disposent pas de la même capacité d'accommodation aux conditions particulières imposées par la fragmentation des habitats (Gilbert, 1989 ; Adams, 1994). Blair (2001) distingue trois catégories d'espèces en fonction de leur réaction face à l'anthropisation:

□ La catégorie "*urban avoiders*" comprend les espèces très sensibles à la présence humaine et aux perturbations de l'environnement. Elles ont tendance à disparaître dès qu'elles sont exposées à la proximité des hommes. Cette catégorie comprend des oiseaux insectivores et des grands mammifères, notamment les prédateurs, qui sont relativement rares, souvent chassés et présentant un taux de reproduction faible (Matthiae et Stearns, 1981).

□ A l'inverse, la catégorie "*urban exploiters*" regroupe les espèces commensales qui sont très (voire totalement) dépendantes des ressources urbaines. Elles ne représentent qu'un faible pourcentage des espèces présentes sur la planète mais, comme les individus sont particulièrement bien adaptés aux conditions de l'environnement urbain, les populations peuvent atteindre de très fortes densités (Adams, 1994). Des populations de pigeons, de moineaux (*Passer domesticus*), de rat (*Rattus norvegicus*) et de souris domestique (*Mus musculus*) sont ainsi présentes en forte densité dans toutes les villes d'Europe (Mackin-Rogalska *et al.*, 1988) et d'Amérique du nord (Adams, 1994).

□ Enfin, la catégorie "*urban adapters*", comprend les espèces qui sont en général, naturellement présentes dans des milieux riches en haies et en lisières de forêt et qui, par ailleurs, se satisfont de l'expansion du milieu périurbain car celui-ci leur offre de nouvelles opportunités alimentaires grâce à la présence de ressources d'origine anthropique (plantes cultivées, ordures ménagères), tout en leur permettant d'éviter les prédateurs (Whitcomb *et al.*, 1981 ; Adams, 1994). Les « urban adapters » sont des espèces particulièrement intéressantes à étudier puisque, ce sont les seules à exploiter à la fois les matrices urbaines et rurales, et permettent de mettre en exergue l'amplitude des stratégies adaptatives adoptées par les espèces urban adapter pour profiter au mieux des deux types de matrices (Hubert, 2008).

Dans cette dernière catégorie, de nombreux travaux démontrent que certaines espèces de micromammifères jouent probablement un rôle important dans les cycles de transmission de maladies (**Santiago et al., 2007**). Les mutations des paysages associées au développement agricole et à l'urbanisation peuvent ainsi induire des contacts plus fréquents entre les réservoirs sauvages et les hommes, et générer des recrudescences ou émergences d'épidémies (**Allan et al., 2003**). De nombreuses études révèlent que la fragmentation des habitats naturels altère les relations interspécifiques hôtes-parasites, pouvant modifier les profils d'occurrence et de distribution spatiale des maladies infectieuses et parasitaires (**Püttker et al., 2007 ; Vaz et al., 2007 ; Guégan et al., 2007 ; Pinto et al., 2009**). **Pinto et al. (2009)** révèlent que les micromammifères dont la dispersion est plus facile dans des environnements fragmentés, sont des hôtes d'une plus grande richesse d'espèces d'ectoparasites. Ces constatations relatives à la biodiversité ou à l'intensité parasitaire augmentées chez les micromammifères sauvages ne s'arrêtent pas là, puisque de nombreux chercheurs ont mis en exergue le fait que ces espèces sont les éventuels réservoirs de nouveaux agents pathogènes de plus en plus virulents, et que les phénomènes de franchissement de barrière écologique entre l'homme et les animaux sont directement liés à l'émergence de pandémies (**Estrada-Peña et al., 2014 ; Panti – May et al., 2021**). Dans un de ses rapports, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) mentionne que plus de 70 % des maladies humaines sont d'origine animale (**FAO 2013**). L'illustration parfaite en est la pandémie actuelle qui a déstabilisé le monde entier à cause d'un virus de la famille des coronavirus, en l'occurrence la COVID-19. Ce virus a été repéré pour la première fois en décembre 2019 à Wuhan, dans la province du Hubei, en Chine, lorsque des dizaines de personnes ont été hospitalisées en raison de symptômes semblables à ceux de la pneumonie et de causes inconnues (**Zhu et al., 2020**). Plus tard, des tests préliminaires et des études épidémiologiques ont indiqué que la COVID-19 était causée par une nouvelle souche de coronavirus zoonotique appelée « coronavirus du syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) 2 » (SRAS-CoV-2) par le Comité international de taxonomie des virus (ICTV) (**Wu et al., 2020a**). Dès lors, de nombreuses études ont confirmé que des animaux sauvages comme la chauve-souris chevaline et la civette peuvent agir comme hôtes naturels et intermédiaires des coronavirus qui sont phylogénétiquement liés au CoV-SRAS (**Cui et al., 2019 ; Sahu et al., 2020**). Des preuves récentes démontrent le potentiel des pangolins comme réservoir zoonotique des coronavirus semblables au SRAS-CoV-2 (**Xiao et al., 2020**). Si toutes les études réalisées ne permettent pas d'établir, pour le

moment, une relation cause à effets certifiée, il n'en demeure pas moins que la fragmentation des écosystèmes naturels (Salkeld *et al.*, 2013; Estrada-Peña *et al.*, 2014; Allen *et al.*, 2017; Schmeller *et al.*, 2020), combinée au réchauffement planétaire et au changement climatique sont d'autres raisons clés liées à l'émergence et à la transmission de nouveaux agents pathogènes zoonotiques aux humains. (Zell *et al.*, 2008; Revich *et al.*, 2012; Chaber, 2018 ; Carlson *et al.*, 2020), et surtout, que les micro mammifères sauvages jouent un rôle clé dans ce processus de transmission de part leur plasticité et leur grande adaptabilité écologiques (Johnson *et al.*, 2015 ; Panti – May *et al.*, 2021)

L'un des représentants les plus connus des peuplements de Micromammifères sauvages, en l'occurrence le hérisson, ne déroge pas à cette règle. Considéré comme l'un des plus grands insectivores d'Europe et d'Afrique du Nord (Germain, 2008), le hérisson est un urban adapter typique qui a de plus en plus tendance à s'urbaniser (Boukheroufa, 2017 ; Couton, 2019 ; Senaoui *et al.*, 2020). Tous les travaux de recherche actuels s'accordent sur la plasticité extraordinaire des hérissons face aux nouvelles conditions imposées par la fragmentation des habitats, leur permettant d'exploiter simultanément les matrices urbaines et rurales (Santiago *et al.*, 2007). Il est donc probable qu'ils jouent un rôle important dans les cycles de transmission de maladies, et c'est ce qui en fait d'ailleurs, un modèle de prédilection pour l'étude des relations hôtes – parasites, et pour cause, les Hérissons constituent les hôtes et réservoirs avérés d'innombrables parasites, dont plusieurs transmettent et provoquent des maladies humaines, dont la leishmaniose (Khaldi *et al.*, 2014). Si l'espèce européenne *Erinaceus europaeus* est particulièrement étudiée à travers toute son aire de répartition, de nombreux auteurs font état de l'existence de deux espèces en Algérie, en l'occurrence, le Hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* et le Hérisson du désert *Paraechinus aethiopicus* (Kowalski et Kowalska, 1991 ; in Bengougam, 2009). Le Hérisson d'Algérie aurait une origine éthiopienne (Heim de Balsac, 1936). On le retrouve au sud de la France (Pyrénées-Orientales), sur les côtes espagnoles méditerranéennes, les îles Canaries, les Baléares et Malte. En Afrique, on le retrouve en Algérie, en Mauritanie, au Sahara espagnol, Maroc, Libye, et Tunisie (Saint Giron, 1973 ; Kock, 1980 ; Corbet, 1978 ; Aulagnier et Thevenot, 1986 ; Reeve, 1994). Le modèle *Atelerix algirus* connaît un intérêt croissant ces dernières années, notamment en terme d'estimation de la densité (Mouhoub– Sayah, 2009), de régime alimentaire (Mouhoub– Sayah *et al.*, 2018 ; Guerzou *et al.*, 2019), de phénologie de la reproduction (Boukheroufa *et al.*, 2015 ; Mouhoub– Sayah *et al.*, 2017 ;), de biologie

moléculaire (Khaldi *et al.*, 2016) et d'écologie parasitaire (Khaldi *et al.*, 2012 ;Sakraoui *et al.*, 2014 ; Madoui *et al.*, 2014 ; Boukheroufa, 2017 ; Senaoui *et al.*, 2020). *Atelerix algirus* est une espèce protégée par la réglementation algérienne, dans un texte apparu le 10 juin 2012 dans l'édition 35 du journal officiel de la république algérienne. L'espèce est également protégée par la loi espagnole et incluse dans le catalogue d'espèces menacées d'extinction (Real Decreto 139/2011). Cette espèce constitue un excellent modèle pour l'étude des relations parasites – hôtes, de ce fait, toute donnée recueillie permettra de mettre au point des méthodes de monitoring adaptées.

Notre problématique s'est donc construite autour de l'analyse d'une interaction spécifique qui est le parasitisme, en ciblant toutes les incidences potentielles : positives si l'on considère le rôle de l'hôte en sa qualité d'échantillonneur de la biodiversité ectoparasitaire, ou négatives si l'on se penche sur l'analyse spatio – temporelle des indices parasitaires, pour en déduire les risques sanitaires potentiels qui y sont associés. L'étude qui en découle vise les objectifs suivants :

- Dresser la typologie des ectoparasites chez *Atelerix algirus*
- Caractériser l'interaction tiques – *Atelerix algirus*
- Caractériser l'interaction Siphonaptères – *Atelerix algirus*
- Comparer nos travaux à ceux obtenus à travers toute l'aire de répartition de l'espèce



*Materiel et  
Méthodes*



## MATERIEL ET METHODES

Notre étude a été réalisée dans deux zones du nord-est algérien, en l'occurrence dans le Parc National d'El Kala et le massif montagneux de l'Edough. Ces deux zones ont fait l'objet de nombreux travaux tant sur le plan géomorphologique, que bioclimatique, floristique ou faunistique (Toubal, 1986 ; Benyacoub et Chabi, 2000). Nous nous baserons donc sur ces travaux pour décrire sommairement les deux zones d'étude.

### 1. DESCRIPTION GENERALE DES ZONES D'ETUDE

#### 1.1. Le Parc National d'El Kala

Le Parc National d'El-Kala (PNEK) a été créé par le décret 83 /462 du 13/07/1983, et érigé en réserve de biosphère par l'UNESCO en 1991. Le PNEK est situé à l'extrême Nord-Est Algérien, il est limité par la mer Méditerranée au nord, les monts de la Medjerda au sud, la frontière Algéro-Tunisienne à l'Est et les plaines d'Annaba à l'Ouest. Le territoire du PNEK couvre ainsi une superficie de 76.438 ha (Fig. 2) et comprend les communes suivantes : El-Tarf, Bouteldja, Ain Assel, El-Kala, El- Aioun, Bougous, Souarekh, Ramel El-Souk et Zitouna.

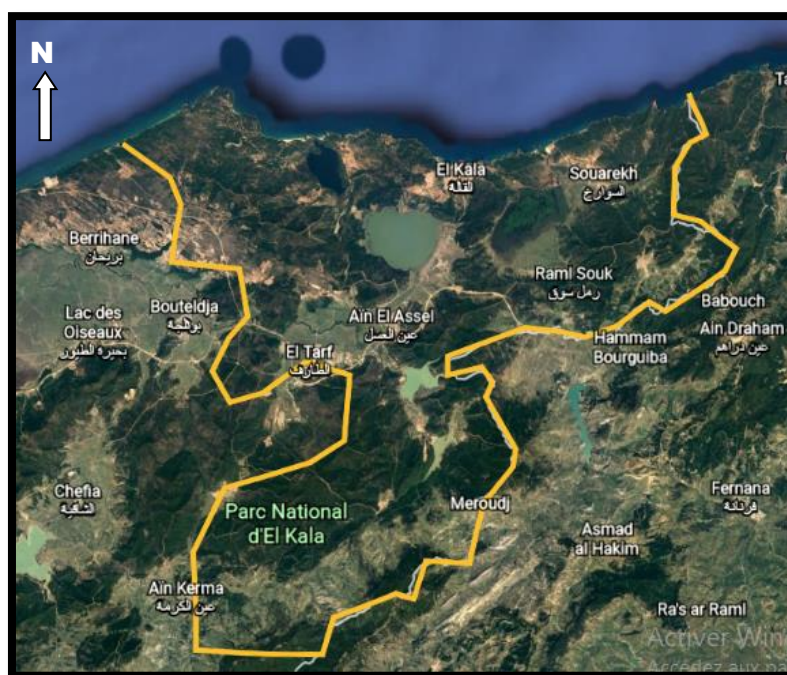


Figure 2 : Situation du Parc National d'El Kala (Google Earth2021, modifiée ). Limites en jaune

### 1.1.1. Cadre géographique

#### - Aperçu géologique

L'histoire géologique de la région est fortement marquée par les événements liés à la formation du tell oriental. Au cours du tertiaire, l'importante activité tectonique au miocène inférieur, a donné lieu à d'importants mouvements orogéniques qui ont conduit à l'élévation et la conformation du tell oriental, avec son volume montagneux actuel (**Morel, 1990**). Par la suite, le rabaissement du niveau de la mer a entraîné le creusement de vallées sur le versant nord de l'Atlas et un important dépôt de conglomérats dans tous les bassins internes (**Marre, 1987**).

Au quaternaire supérieur, correspondant à la fin de la dernière période glaciaire, une intense période d'activité érosive a façonné les paysages actuels et a donné lieu à la formation du cordon dunaire littoral et ses plages, ainsi qu'au dépôt d'alluvions sur toutes les parties basses. **Joleaud (1936)** a étudié la lithologie régionale. Il en ressort globalement une dominance de grès et d'argiles numidiens de l'Eocène supérieur. Les grès sont la composante essentielle des reliefs de la région ; ils affleurent souvent en pointes rocheuses isolées et forment, à certains endroits, des falaises abruptes comme on peut observer aux environs des villages de Bougous et de Zitouna. La désagrégation de ces roches donne des sols de nature acide favorisant le développement d'importants maquis à essences acidophiles telles que le chêne liège. Les argiles, quant à eux, constituent un socle profond, imperméable, sur lequel reposent les grès numidiens. En surface, ils affleurent dans les fonds de vallées et les dépressions.

Les dunes sableuses les plus anciennes sont composées d'éléments très fins et très éolisés et sont recouvertes d'une pellicule ferrugineuse, d'où le nom de *sables rouges* donné à ces dunes. Certaines se retrouvent jusqu'à 30 km de la côte, dans la vallée de Oued Bougous, ce qui montrent qu'elles avaient une grande extension (**Morel, 1990**). Les dunes récentes, voire actuelles, recouvrent la moitié nord-ouest du massif du cap Rosa, où elles peuvent dépasser les 100 m de hauteur. Leur alignement est N.O-S.E, direction des vents dominants. Enfin, quelques traces du Crétacé sont représentées par les cuvettes de Aïn Kerma, Zitouna et Bouhadjar.

### - Hydrographie

Le P.N.E.K. est caractérisé par une importante richesse hydrologique : lacs, sources, nappes, etc. L'importance de ses zones humides en taille et en diversité biologique, notamment en diversité aviaire, a valu leur classement en sites d'importance internationale par la convention de Ramsar ; le PNEK est d'ailleurs un parc phare en Algérie et dans le Maghreb occidental pour ses étendues d'eau douce emblématiques, telles que le lac Tonga (2400 ha), le lac Oubéria (2200 ha), le lac des Oiseaux (70 ha) et les marais de la Mekkhada (12000 ha). A ces plans d'eau s'ajoutent les lacs de barrage (la Cheffia, la Mexa) qui représentent des sites d'accueil non négligeables pour l'avifaune hivernante dans la région. Hormis les lacs, on dénombre aussi des sources (Bouredim, Bouglès et Oum El-Bhaim) et des oueds (El-Kebir, Bougous et El-Aroug). L'oued Kebir est le principal cours d'eau permanent de la région, qu'il draine du sud-est vers le nord-ouest, pour aboutir à l'exutoire de la Mafragh.

### - Les grands ensembles écologiques de la région

On peut distinguer trois grands ensembles écologiques se succédant du nord au sud, dans un alignement est-ouest approximativement parallèle : la zone littorale méditerranéenne, la zone sublittorale, formée de collines et de dépressions et les montagnes de la Medjerda susdites (Fig. 3).

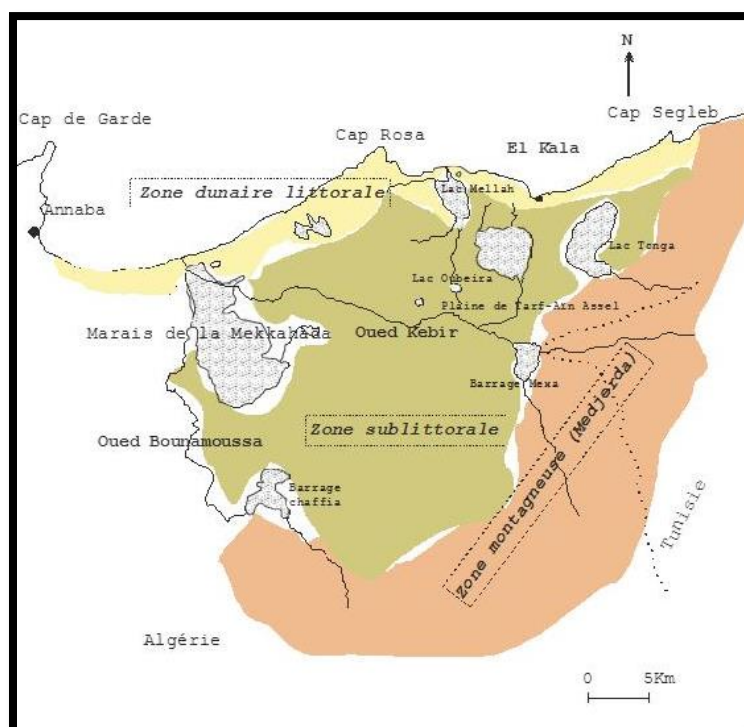


Figure 3 : Unités éco-géographiques de la zone d'étude (D'après Benyacoub et al., 1998. Modifié)

- **la zone littorale** marquée par l'existence d'un cordon dunaire d'origine quaternaire qui s'étend depuis la frontière algéro-tunisienne à l'est, jusqu'à l'embouchure de l'oued Mafragh, 40 km à l'ouest. Le couvert végétal y présente deux faciès dominants : un faciès à dominante de pin maritime (*Pinus pinaster*) et un faciès à dominante de chêne Kermès (*Quercus coccifera*).

- **La zone sub-littorale** jouxte au sud le cordon dunaire littoral et s'achève aux piémonts de la Medjerda, environ 30 km au sud. Limitée à l'Est au Cap Segleb, elle se poursuit à l'ouest jusqu'à la plaine d'Annaba, sur une distance de 60 km. Cette zone se présente comme un ensemble très hétérogène, composé de divers types d'habitats.

- **La zone montagneuse** fait partie du massif de la Medjerda, partagé entre l'Algérie et la Tunisie. Ces reliefs, d'une altitude moyenne de 900 m, résultent de l'importante activité tectonique de la fin du tertiaire, qui a défini les grands traits de la topographie régionale (**Marre, 1987**). Elle est marquée par un pendage important (80% de pentes fortes à très fortes) et culmine à 1202 m au *Djebel Ghorra*.

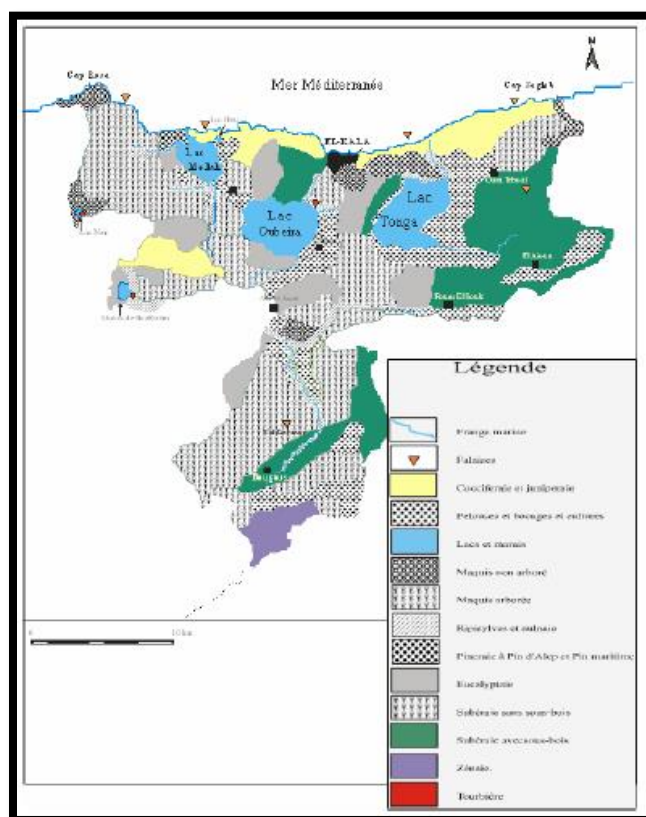


Figure 4 : Carte des principales unités écologique du Parc National d'El-Kala ( Saïfouni , 2009 )

### 1.1.2. Aperçu climatique

La région d'étude est sous l'influence d'un climat méditerranéen, à fort contraste saisonnier, caractérisé par une saison douce et pluvieuse entre les mois d'octobre et avril et une saison chaude et sèche entre juin et septembre. L'Automne et le printemps y sont d'assez courtes durées et sont marqués souvent par des changements brutaux du climat tels que des vagues de chaleurs dues aux siroccos, suivies par des orages violents.

#### Température

D'une manière générale la région d'El-Kala est située dans le méditerranéen chaud avec une température maximale pouvant atteindre 50°C. Les températures les plus basses sont naturellement enregistrées en altitude durant l'hiver au Djebel Ghorra, avec environ 5 à 6 mois de gelée blanche par an (*in* Benyacoub et Chabi, 2000). Au niveau de la mer, la température descend très rarement à 0°C ; les mois les plus froids sont janvier et février, alors que juillet et août sont les plus chauds (Benyacoub *et al.*, 1998),

#### Pluviosité

C'est une des régions les plus pluvieuses de la frange littorale maghrébine, recevant en plaine entre 700 mm et 900 mm annuels. Deux phénomènes météorologiques conditionnent la pluviosité de la région : D'une part, les perturbations cycloniques d'origine atlantiques de l'Ouest et du Nord-Ouest, et d'autre part les dépressions qui prennent naissance en Méditerranée occidentale.

#### Vents

Durant l'hiver, les vents dominants soufflent du nord-ouest, modérés à forts, donnant à certains endroits très exposés, une physionomie caractéristique de *port en drapeau* à la végétation. Cette direction est également observée dans l'alignement général des crêtes dunaires, ce qui témoigne de la régularité des vents au cours des temps historiques.

En été, on assiste à des vents d'est, faibles à modérés. On enregistre en cette saison un net déficit hydrique. Ce déficit, accentué certains jours par la présence de siroccos, favorise l'apparition d'incendies. Ces différents éléments associés éprouvent la végétation et font de

l'été la saison de ralentissement ou d'arrêt des activités biologiques dans le sud méditerranéen.

## Humidité

La région d'étude est connue pour être une des plus humides d'Afrique du Nord. Sa situation littorale, mais aussi l'existence de nombreuses zones humides, ainsi que de nouveaux barrages, entraînent une importante évaporation due à un ensoleillement intense. L'humidité relative de l'air varie ainsi entre 60% et plus de 80% au cours de l'année, particulièrement ressentie en hiver et au printemps, période au cours de laquelle les brouillards matinaux sont fréquents et les rosées matinales quasi quotidiennes.

### 1.1.3 .Couvert Végétal

Le Parc est un site d'importance capitale en raison, non seulement, de la mosaïque de biotopes remarquables où se côtoient des espèces endémiques, boréales et **tropicales** (Belair , 1990 ) mais aussi parce qu'il rassemble à lui seul une majeure partie de la faune et de la flore du pays.

Le couvert végétal du P.N.E.K est composé de forêts de chênes zéen, de chênes-liège, de bruyères, d'oliviers, de filaires, d'arbousiers, de myrtes, de diss et d'eucalyptus.( **Photos.1** )



*Photos 1 : Couvert Floristique du Parc National d'el Kala ( P.N.E.K). A : Aulnaie (forêt marécageuse) de Aïn Khiair (© R. Boulahbal). B : L'oued Kebir et sa ripisylve (© A. Samet). C : Forêt de chêne zeen (© R. Boulahbal)*

#### 1.1.4.Faune

Connu pour sa richesse aviaire, notamment grâce à ses lacs (Lac bleu, lac des oiseaux), le Parc national d'el Kala constitue en effet la première zone d'hivernage algérienne, et l'une des plus grandes zones humides méditerranéennes. Plusieurs espèces rares y nichent, comme le Balbuzard pêcheur (*Pandion haliaetus*), l'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) ou le Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*). Il abrite aussi de nombreux mammifères rares et protégés tels que le cerf de Barbarie, le Phoque moine est un visiteur occasionnel, (**Ornithomedia**) ainsi que le hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* ( **photos.2** )



*Photos 2 : Faune du Parc national d'El Kala (Google , 2021 )*

## 1.2. Le massif montagneux de l'Edough

### 1.2.1. Situation géographique

Située à extrême Nord-Est de l'Algérie, avec une superficie de 47.350 hectares, la péninsule de l'Edough (Véla et Benhouhou, 2007) est limitée au Sud-Est par le complexe humide Guerbès-Senhadja (Toubal *et al.*, 2014), au Sud par le bassin du lac Fetzara, à l'Ouest par le cours inférieur de l'Oued El Kébir et par la plaine de Kharraza à l'Est, au Nord la péninsule est bordée par la mer méditerranée (Oualarbi et Zeghiche, 2009), la région culmine à 1008 mètres à Kef Sabaa (Fig .5).

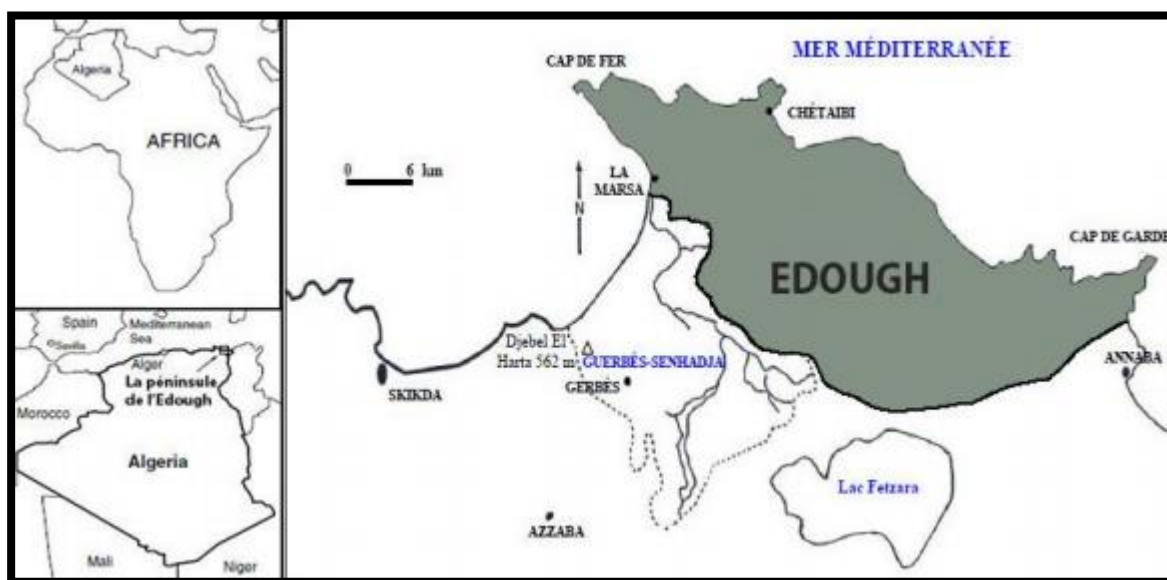


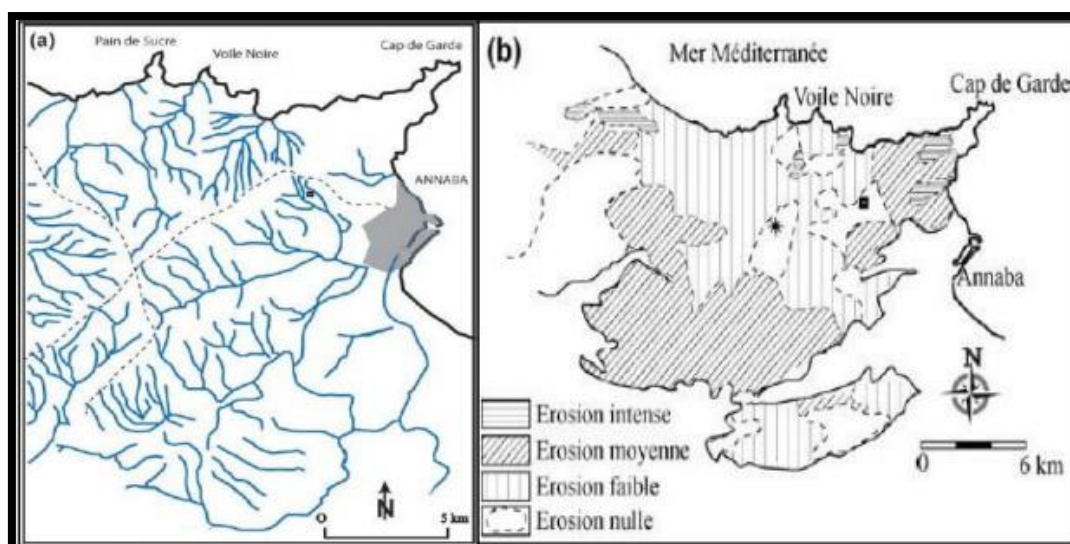
Figure 5 : Carte de localisation de la zone d'étude (In Boulemtafess, 2015).

Le littoral de la péninsule de l'Edough s'étend du Cap de Fer jusqu'au Cap de Garde, au point où commence la plaine sablonneuse du Golfe de Bône (Rozet et Carette, 1850). La distance entre les deux caps est de 90 km. Des falaises maritimes, des côtes rocheuses qui constituent le littoral mais aussi des plages maritimes qui fractionnent la côte donnant un panorama paysager.

## 1.2.2. Caractéristiques physiques

### Hydrologie

La péninsule de l'Edough comporte quatre bassins versants plus ou moins limités par les lignes de crêtes principales. Le réseau hydrographique y est très dense et le drainage de type dendritique. Les fortes pentes et la nature de la roche ne permettent pas le ruissellement diffus et favorisent l'écoulement rapide. Les précipitations y sont abondantes dépassant souvent le mètre (**Hadj Zobir, 2012**). Ces caractéristiques influent sur le degré de sensibilité à l'érosion de la région. (**Oularbi et Zeghiche, 2009**) (**Fig. 6**).



**Figure 6 : Cadre physique de la partie Est de la péninsule de l'Edough ; (a) Réseau hydrographique à drainage dendritique (Hilly, 1962) ; (b) Carte de sensibilité à l'érosion (Oularbi et Zeghiche, 2009).**

Dans la saison de sécheresse, les innombrables Oueds de la région perdent leurs eaux, ce qui diminue leur débit. Mais cette eau chemine à travers des fissures et des cavités pour donner de nombreuses sources au niveau du territoire de la région (**Fig. 7**) (**Aouad, 1989**), notons :

- Oued er rebiba,
- Oued el Begrat,
- Oued Sidi amarra,
- Oued ezZeriba,

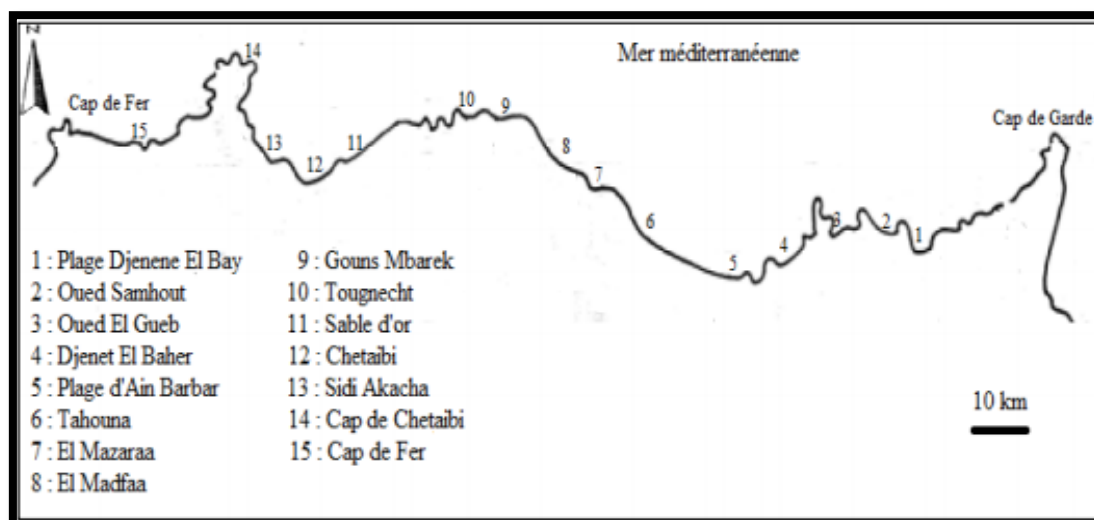


Figure 7 : Les plages maritimes de la péninsule de l'Edough. (In Hamel, 2013).

## Géologie

La péninsule de l'Edough a été décrite par (Hilly, 1962) comme "un ensemble de reliefs d'altitude modérée, véritable îlot montagneux ceinturé par la mer", caractérisée par de fortes pente de ses versants. L'Edough constitue un dôme cristallin surmonté en accordance tectonique par des unités sédimentaires mésozoïques épizonales d'affinité tellienne. Le cœur du dôme est formé essentiellement de gneiss en association complexe avec des roches ultrabasiques (Bossière et al, 1978 ; Cabyet al, 2001 ; Hadj Zobiret al, 2007) surmonté par des micaschistes à grenat, disthène et staurotide associé à des marbres surmontés par une alternance des micaschistes à grenat, staurotide et andalousite et de bancs de quartzite avec des lentilles de leucograite 7 gneissique. L'alternance des micaschistes et de quartzite appelée aussi « série des alternances » a été datée du paléozoïque inférieur par les acritarches (Ilavsky et snopkova, 1987). Selon (Toubal, 1986) la géologie de l'Edough comporte trois types de formation de terrains cristallins, terrain éruptifs et métamorphiques, terrain sédimentaires et des terrains sédimentaires quaternaires constituant le remplissage de la plaine (Fig.8).

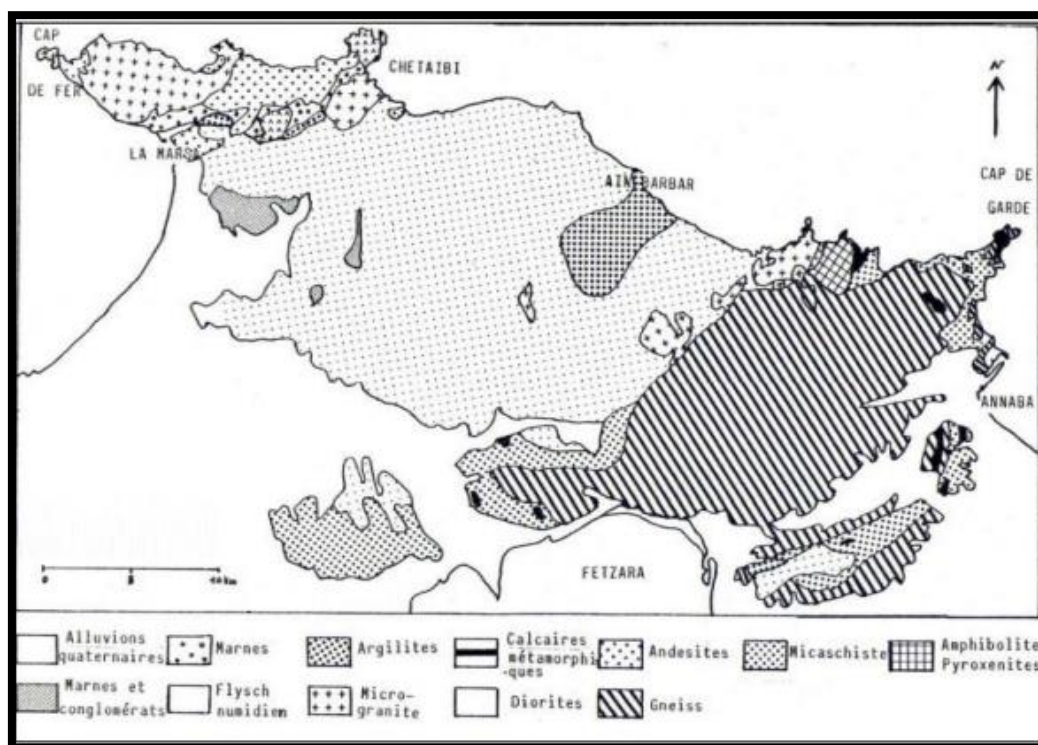


Figure 8 : Carte lithologique schématique de la péninsule de l'Edough d'après (Hilly, 1962) tramée in (Toubal, 1986)

## Climat

La région est sous un climat méditerranéen, caractérisé par deux saisons distinctes, l'une fraîche, humide et pluvieuse et l'autre chaude et sèche (DGF, 2002). Il est fréquent que des brumes ou des nuages couvrent l'Edough depuis 600 mètres alors que sur le littoral le ciel est dégagé vers 10 h (Bardinet, 1981).

## Précipitations

Les précipitations variaient selon un gradient l'altitudinal, à partir du niveau de la mer jusqu'à 1008 m le point culminant de la région. Les précipitations sont très abondantes dépassent souvent le 1 mètre annuellement (IN Boulemtafess, 2015).

## Températures

Les variations de température suivent plusieurs critères, en fonction de la saison, la latitude, l'altitude et les conditions atmosphériques, dans la péninsule de l'Edough les moyennes mensuelles de températures les plus élevées sont observées pendant la période allant de Juin à Août, et les plus basses sont observées pendant la période allant de Novembre à Mars, (Louhi, 2014).

### 1.2.3. Couvert végétal

Le massif de L'Edough dont les altitudes vont de 0 à 1008 m, est essentiellement occupé par des forêts constitués des espèces suivantes : Le chêne liège (*Quercus suber*), le chêne zen (*Quercus faginea*), Pin maritime (*Pinus pinaster*), châtaignier (*Castanea sativa*), Bruyère arborescente (*Erica arborea*) (Photos.3) .La répartition de la végétation se fait suivant les conditions écologiques locales : altitude, topographie, substrat, bioclimat, étages. La flore régionale de l'Edough se caractérise essentiellement par les légumineuses arbustives (*Cytisus*, *Calycotome*, *Genista*,...), les rosacées (*Cerasus*, *Rubus*, *Crataegus*), les éricacées et les cistacées. Les groupements végétaux se rangent dans 3 étages altinaux de végétation qui succèdent de bas en haut comme suit :

- L'étage thermo méditerranéen
- L'étage méso méditerranéen
- L'étage supra méditerranéen,



Photos 3 : Couvert végétal du massif de l'Edough (Senaoui, présent travail)

### 1.2.4. faune :

La faune du massif forestier de l'Edough n'est plus la même, l'ours et le lion ont complètement disparu. Elle se compose de la plupart des espèces communes en Algérie du nord : le chacal dore (*Canis aureus algirensis*), la genette commune (*Genetta genetta*), le renard roux (*Vulpes vulpes*), le chat sauvage (*Felis silvestris*), le sanglier (*Sus scrofa*), la mangouste (*Herpestes ichneumon*), le hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) la musaraigne musette (*Crocidura russula*), le porc-épic (*Hystrix cristata*) et le mulot sylvestre (*Apodemus*

*sylvaticus*). Le porc-épic (*Erethizon dorsatum*). Parmi les oiseaux on peut citer la bus l'épervier le pigeonramier, le merle la grive et le Geal. (DGRF, 2006)



Photos 4 : faune du massif forestier de l'Edough (Google , 2021 )

## 2. PRESENTATION DU MODELE BIOLOGIQUE

### 2.1. Systématique

Le Hérisson est un petit Mammifère placentaire, appartenant à l'ordre des Insectivores, et au sous ordre des *Erinaceomorphes* (Hérissons et Gymnures). Il fait partie de la famille des *Erinaceidae*, et de la sous-famille des *Erinaceinae*. Il existe quatre Genres et 15 espèces de Hérisson à travers l'Europe, l'Afrique et l'Asie, en l'occurrence les Genres : *Erinaceus*, *Atelerix*, *Paraechinus* et *Hemiechinus* (Morris, 2006 ; Pfäffle *et al.*, 2014) (Fig. 9).

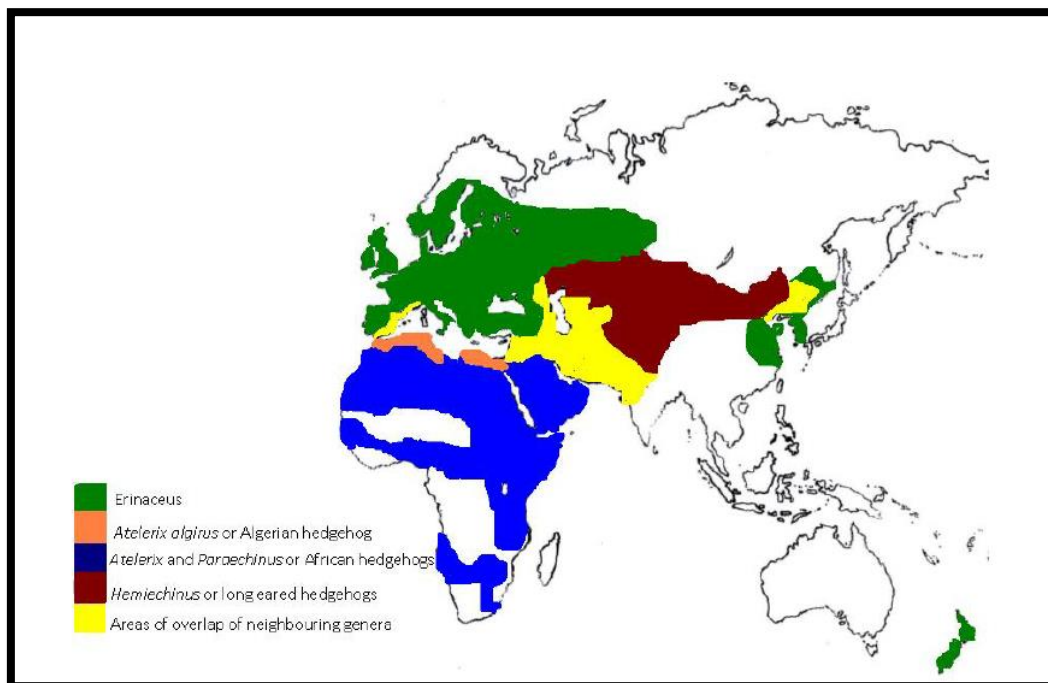


Figure 9 : Distribution des 05 Genres de Hérissons (Modifiée par Morris, 2006)

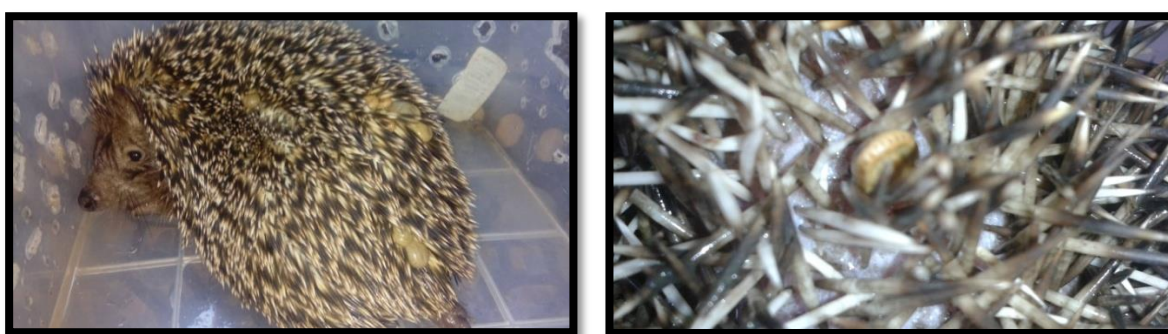
En raison des nombreuses similitudes phénotypiques, *Atelerix algirus* a longtemps été considéré comme étant *Erinaceus europaeus*, qui est l'espèce européenne. Ce n'est qu'à partir des années 90, que son statut taxonomique a évolué en espèce distincte (Corbet, 1978 ; Le Berre, 1990)(Tab. 01).

Tableau 01 : Classification du Hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* (Wilson et Reeder, 1993).

Classification	
Règne	<a href="#">Animalia</a>
Embranchement	<a href="#">Chordata</a>
Sous-embr.	<a href="#">Vertebrata</a>
Classe	<a href="#">Mammalia</a>
Sous-classe	<a href="#">Theria</a>
Ordre	<a href="#">Erinaceomorpha</a>
Famille	<a href="#">Erinaceidae</a>
Sous-famille	<a href="#">Erinaceinae</a>
Genre	<a href="#">Atelerix</a>
Nom binominal	
<i>(Atelerix algirus)</i> (Lereboullet, 1842)	

## 2.2. Description morphologique

Le Hérisson d'Algérie est de taille relativement moyenne par rapport à l'espèce européenne, avec un corps plus léger et plus agile et possède des oreilles arrondies non proéminentes et de courtes pattes sombres (Le Berre, 1990). Il possède des épines striées longitudinalement qui recouvrent la tête et le dos avec, sur le front, un espace très net dépourvu de piquants. Le pelage de la tête est blanc sale, le reste du corps est revêtu de poils grossiers de couleur brunâtre (Aulagnier et Thevenot, 1986) (Photos 5).



Photos 5 : a : Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) / b : Densité et couleur des piquants. (Senaoui, C)

La longueur du corps avec la tête est de 20 à 25 cm environ chez le Hérisson adulte, à cette longueur on pourrait ajouter 2,5 à 4 cm pour celle de la queue (Agrane, 2001). La mensuration du pied postérieur varie de 3 à 4,2 cm. Le poids moyen varie en fonction de la saison, il est généralement compris entre 600 gr et 1600 gr (Schiling *et al.*, 1986 ; Le Berre, 1990). Par ailleurs, Le Berre (1990), décrit une dentition particulière avec un nombre de dents de 36 selon la formule suivante :

$$\frac{3I + 1C + 3P + 3M}{2I + 1C + 2P + 3M}$$

Les molaires sont absentes au niveau des dents de lait, les premières incisives (I) sont longues, larges et projetées en avant. Les canines (C) sont petites et les molaires (M) développées adaptées au brassage des insectes (Reeve, 1994).

### 2.3 Répartition géographique

On retrouve le Hérisson d'Algérie au sud de la France (Pyrénées-Orientales), sur les côtes espagnoles méditerranéennes, les îles Canaries, les Baléares et Malte. En Afrique, on le retrouve en Algérie, en Mauritanie, au Sahara espagnol, Maroc, Libye, et Tunisie (Saint Giron, 1973 ; Kock, 1980 ; Corbet, 1978 ; Aulagnier et Thevenot, 1986 ; Reeve, 1994) ( Fig.10)

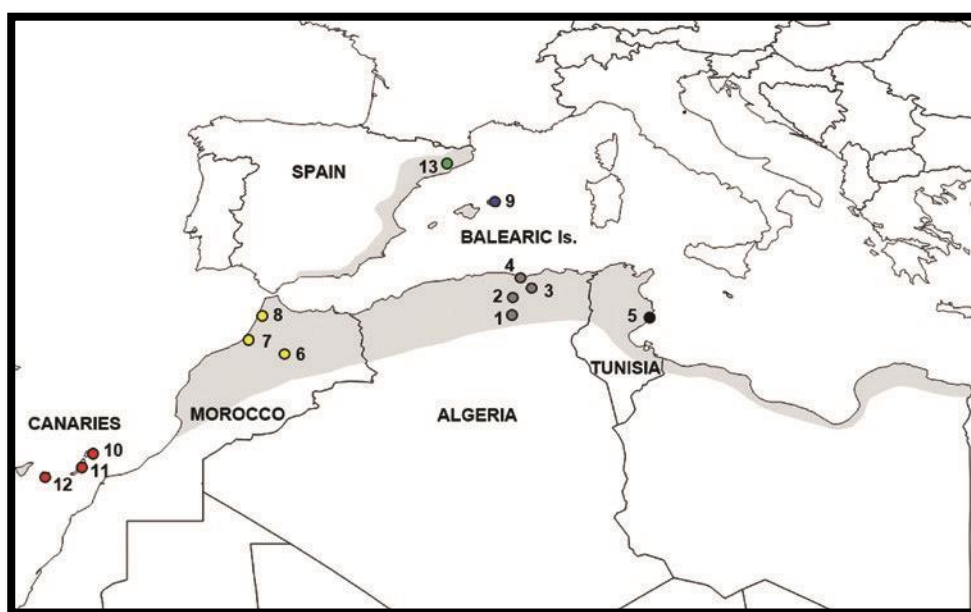


Figure 10 : Carte de distribution d'*Aterix algirus* à travers son aire de répartition. (en gris , adapté de Amoriet al., 2008)

En Algérie, la présence d'*Aterix algirus* a été signalée pour la première fois dans les environs d'Alger, de Larbâa, de Boussaâda, et de Laghouat (Seurat, 1924). Depuis, de nombreux chercheurs ont signalé sa présence dans tout le nord de l'Algérie et dans les Hauts plateaux où l'espèce coexiste avec le Hérisson du désert (*in* Bengougam, 2009)(Fig . 11).

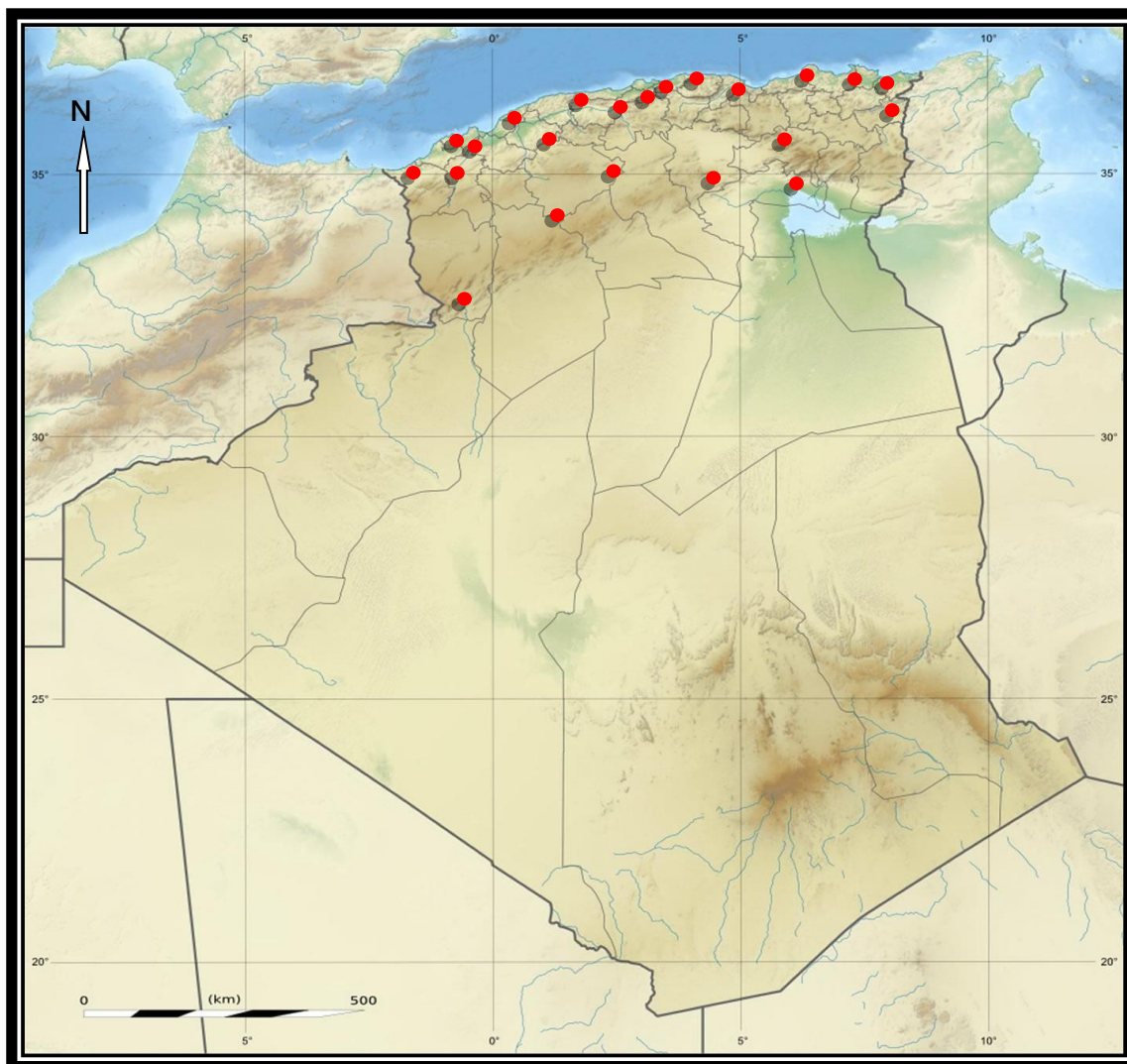


Figure 11 : Répartition géographique d'*Atelerix algirus* en Algérie  
(in Mouhoub – Sayah, 2009. Carte modifiée)

#### 2.4. Habitats naturels et nids

Les biotopes naturels d'*Atelerix algirus* sont en général des zones forestières, des plaines, des jardins, là où des abris leur sont offerts. Ils sont plus présents dans certaines zones urbaines et périurbaines, ou dans les zones agricoles (Mouhoub – Sayah, 2009 ; Dowding *et al.*, 2010 ; Hubert *et al.*, 2011). Les Hérissons sont également présents jusqu'à une altitude où peuvent encore pousser les arbres à feuilles caduques, c'est-à-dire 1000 m d'altitude (Hubert *et al.*, 2011 ; Sakraoui *et al.*, 2014).

Les nids sont construits sur des sols secs et bien drainés. Ces abris peuvent être constitués de débris de végétaux et de végétaux vivants comme des buissons. Les terriers de lapins peuvent servir aux Hérissons ainsi que les cavités naturelles des rochers. ( **Boukheroufa ,2017**) a rapporté que le hérisson d'Algérie construisait ses nids sous les raquettes du figuier de Barbarie dans la région de Berrihane. Les nids d'hivers sont mieux construit que ceux d'été. Ils contiennent de plus grandes cavités et plus de garniture au sol, alors que les nids estivaux peuvent n'être que de simples couvertures de feuillage (**Moss et Sanders, 2001 ; Moors, 1979**).

## **2.5. Données bioécologiques**

### **2.5.1. Dimorphisme sexuel**

Aucun caractère sexuel secondaire ne permet de différencier le mâle de la femelle. Il faut pour cela observer l'abdomen de l'animale déroulé. Le pénis qui mesure environ cinq centimètres chez l'adulte, se trouve appliqué contre le ventre, le fourreau s'ouvrant au milieu de la face inférieure de l'abdomen. Les testicules ovoïdes mesurent un centimètre de longueur et pèsent un tiers de gramme. Ils restent en position intra-abdominale. L'activité des testicules est saisonnière. Inexistante en hiver, la spermatogenèse existe de février à septembre. La sécrétion de testostérone des testicules joue un rôle sur la longueur de l'hibernation. Comme les femelles, un mâle castré se réveille plus tard; un mâle ayant subi des implants de testostérone écourte sa période de repos hivernal (**Levier 1994**). Chez la femelle, on trouve la vulve à environ un centimètre de l'anus. Elle possède des télines noires (une paire thoracique et quatre paires abdominales) que l'on voit à peine dans la fourrure, identique à celle du mâle (**Photos 6 et 7**) (**Levier, 1994**).

L'appareil urinaire présente une vessie d'une taille extrêmement importante par rapport à celle des autres insectivores (**Page, 2001**). Chez le Hérisson mâle le sexe est situé en plein milieu du ventre alors que chez la femelle le sexe est placé entre les pattes arrière tout près de son anus.



*Photo 6 : Identification d'un Hérisson mâle (© M. Boukheroufa)*



*Photo 7 : Identification d'un Hérisson femelle (© M. Boukheroufa)*

### **2.5.2. Reproduction**

En Algérie, *Atelerix algirus* se reproduit entre Mars et Mai, et donne naissance à 2 jusqu'à 6 jeunes après une période de 30 à 48 jours de gestation (Le Berre, 1991). Les nouveau-nés de couleur rose-pâle, sont aveugles, sourds et couverts avec seulement quelques épines dorsales blanches. Après 2 à 3 jours, des épines sombres à pointes blanches apparaissent et les épines adultes se forment un mois plus tard. Le premier jeune ouvre les yeux après 13 jours. Chez

les jeunes, la faculté de s'enrouler ne se manifeste qu'à partir du 14<sup>ème</sup> jour (**Le Berre, 1991**)(**Mouhoub – Sayah , 2009** )

### 2.5.3. Longévité

Les Hérissons peuvent atteindre dans les conditions favorables l'âge de huit ou dix ans, mais il est rarissime qu'un Hérisson vive plus longtemps. Environ quatre individus sur mille atteignent l'âge de 10 ans en semi captivité (**Saint-Girons, 1975**).

### 2.5.4. Rythme d'activité

Le Hérisson d'Algérie présente une activité crépusculaire et nocturne. (**Aubert , 2005**) décrit le rythme d'activité circadien chez l'espèce européenne qui présente tout comme le Hérisson d'Algérie, un rythme essentiellement nocturne et triphasique. La première phase correspond à une intense activité entre 18H et 20H30 ; la deuxième phase se place entre 24H et 2H, la troisième, plus réduite, entre 4H et 5H30 du matin. La période d'alimentation la plus importante correspond au début de la nuit ; les activités telles que l'exploration, les contacts sociaux et les migrations se déroulent surtout dans la seconde moitié de la nuit (**Berthoud, 1982b**). Les facteurs qui conditionnent le nombre et la durée des phases d'activité sont essentiellement les facteurs météorologiques, l'abondance des ressources alimentaires et l'état physiologique de l'animal (*in***Aubert, 2005**).

### 2.5.5. Régime alimentaire

En Algérie, de nombreux travaux se sont focalisés sur l'analyse de l'écologie alimentaire d'*Atelerix algirus* dans différentes régions d'étude (**Sayah, 1996 ; Mostefai, 1997 ; Bengougam, 2009 ; Mouhoub – Sayah, 2009 ; Ouarab et Doumandji, 2010 ; Derdoukh et al., 2012** ) Il en ressort que le hérisson est une espèce généraliste , cependant elle peut sélectionner certains proies , et cette sélection varie tout au long de l'année ( **Mouhoub-Sayah et al., 2018**). Les items proies sont essentiellement des hyménoptères et des coléoptères. Outre les Insectes, le Hérisson d'Algérie se nourrit de Myriapodes, de Crustacés, d'Annélides et de Gastéropodes.

### 2.5.6. Hibernation

Hérisson d'Algérie peut être considéré comme un hibernant potentiel, avec une meilleure qualité de l'hibernation chez les femelles et les jeunes sub-adultes que chez les mâles. Au printemps et au cours de l'été, de nombreuses torpeurs journalières d'amplitudes variables ont été signalés (Mouhoub – Sayah, 2009). Chez le Hérisson d'Algérie, la thermorégulation observée tout au long de l'année montre donc une forte tendance à l'hétérothermie et offre la possibilité à cet animal de pouvoir s'adapter en permanence aux variations fluctuantes et rapides de son environnement ( Mouhoub- Sayah , 2009 ) . Les travaux de (Boukheroufa, 2017) ont démontré que le hérisson d'Algérie hiberne bien au niveau du Parc National d'El Kala mais que la durée est assez courte (environ deux mois) comparativement à l'espèce européenne.

### 2.5.7. Mécanismes de défense

Le Hérisson dispose d'une technique de défense unique chez les Mammifères. Il dispose d'un système complexe de muscles qui lui permet de se mettre en boule lors de dangers persistants. Cette posture défensive est commandée par la contraction des muscles *panniculus carnosus* et *orbicularis*, qui se contractent en même temps que le *frontodor salis* et le *caudodor salis*. Cette contraction permet à l'ensemble de ses épines de se dresser, et ce en moins de trois secondes (Fig.12 )(Chesne, 2012).

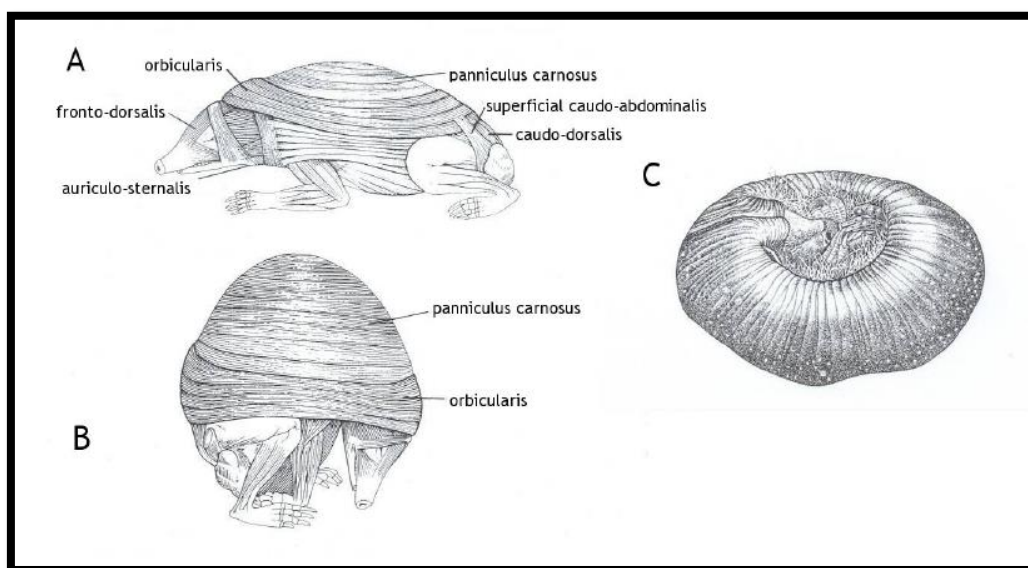


Figure 12 : Mécanisme de défense du Hérisson (Reeve, 1994).

### 3. METHODOLOGIE

Notre étude a été réalisée sur deux années successives, à savoir depuis Avril 2017 jusqu'à fin mai 2019 au niveau des zones précédemment citées. Nous avons pu collecter les données de température dans la région de Annaba par l'office national de météorologie (ONM, 2021)(Tab. 2).

*Tableau 2 : Donnés Météorologiques de la Ville de Annaba ( 2017- 2020 ) : T : Température moyenne annuelle , TM : Température maximale moyenne annuelle , Tm : Température minimale moyenne annuelle , PP : Précipitation totale annuelle de pluie et / ou neige fondue , V : vitesse moyenne annuelle du vent ( Km/h) , RA : total jours de pluie durant l'année , SN : Total jours de neige durant l'année , TS : Total jours de tempêtes durant l'année , FG : Total jours de brouillard durant l'année , TN : Total jours de tornades ou nuages en entonnoir durant l'année , GR : Total jours de grêle durant l'année .*

Année	T	TM	Tm	Pp	V	RA	SN	TS	FG
2017	18.0	23.3	12.6	650.20	12.1	88	0	33	38
2018	18.1	23.4	13.1	618.22	11.9	118	0	50	25
2019	18.0	23.2	12.8	868.44	12.0	119	0	58	21
2020	18.2	23.7	12.7	655.79	12.8	95	0	28	19



Dans un premier temps, nous avons prospecté dans plusieurs localités appartenant aux deux zones et nous avons à l'issue des premières captures, choisi deux localités d'échantillonnage appartenant à chaque zone, en l'occurrence la localité de Berrihane dans le Parc National d'El Kala et la localité de Séraïdi dans le massif montagneux de l'Edough.

#### 3.1. Description des localités d'échantillonnage

##### 3.1.1. La localité de Berrihane

Notre étude a été menée au niveau de la localité de BERRIHANE, reconnue comme étant l'habitat préférentiel du hérisson d'Algérie au niveau du Parc National d'El Kala (Boukheroufa et al., , 2015 ;Boukheroufa , 2017 ; Senaoui et al., 2020). Les principales caractéristiques de cette localité sont consignées dans le (Tab.3 ).

**Tableau 03 : Localité d'étude [limites en rouge]. Sources : Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (DPAT), Direction des services agricoles (DSA), Direction des forêts (DGF), Office National des Statistiques (ONS) et (Bouazouni, 2004).**

Localité d'étude	Caractéristiques
<div data-bbox="328 528 549 607" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin-bottom: 10px;"> <p><b>BERRIHANE</b></p> </div> <div data-bbox="207 703 652 1039">  </div> <div data-bbox="272 1088 609 1285">  </div>	<p><b>Coordonnées :</b> 36°53'60" Nord / 08°19'60" Est</p> <p><b>Superficie :</b> 20250 ha</p> <p><b>Superficie agricole :</b> 4765 ha</p> <p><b>Superficie Forêts :</b> 3159 ha</p> <p><b>Altitude :</b> 37 m (station d'étude)</p> <p><b>Densité :</b> 47 hab./km<sup>2</sup></p> <p>Répartition de la population résidente par zone d'habitation (%) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Zone urbaine :</b> 37.34</li> <li><b>Zone semi-urbaine :</b> 51.19</li> <li><b>Zone rurale :</b> 11.47</li> </ul>

- Site d'étude





Google Maps 2021

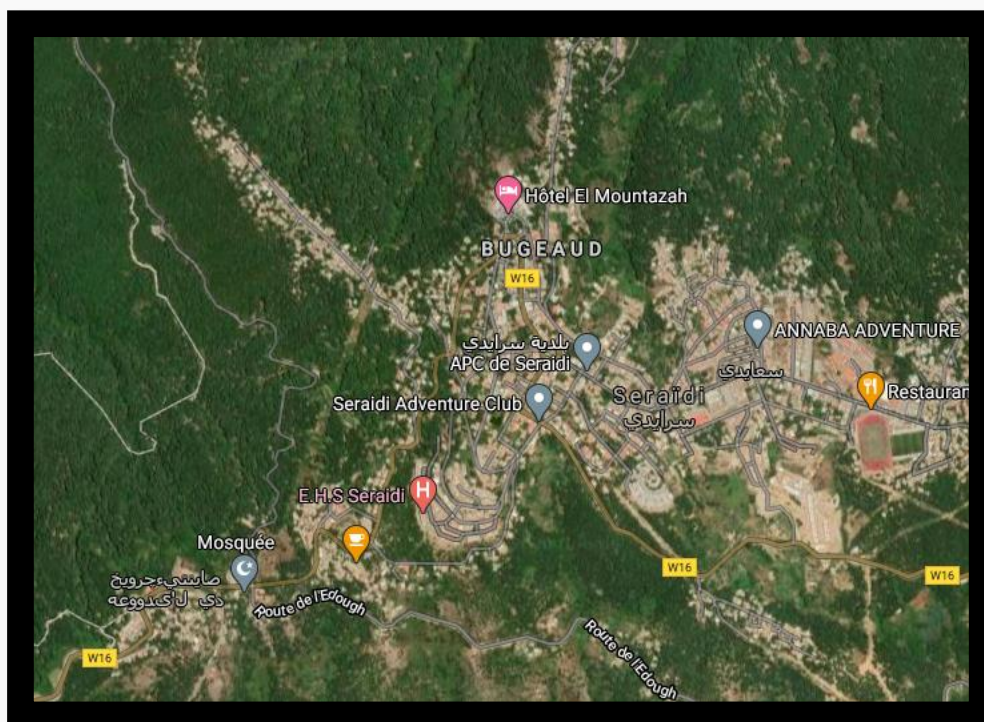
### 3.1.2. La localité de Seraidi

Notre étude a été menée au niveau de la localité de SERAIDI, et plus précisément dans les forêts entourant le village de Séraïdi, et dont la présence de l'espèce a été déjà signalée (Sakraoui *et al.*, 2014). Les principales caractéristiques de cette localité sont consignées dans le (Tab.4)

Tableau 04 : Localité d'étude [limites en orange]. Sources : Direction des (DGF),

<p data-bbox="379 304 592 376"><b>Seraidi</b></p>  	<p data-bbox="938 517 1171 555"><b>Coordonnées :</b></p> <p data-bbox="826 577 1286 616">36°39'34" Nord / 8°22'10" Est</p> <p data-bbox="898 703 1209 745"><b>Superficie :</b> 138 km<sup>2</sup></p> <p data-bbox="911 770 1198 808"><b>Altitude :</b> 900 m</p> <p data-bbox="887 833 1222 875"><b>Densité :</b> 55 hab./km<sup>2</sup></p>
--	---

• Site d'étude



Google Maps 2021

### 3.2. Mesures morpho-métriques

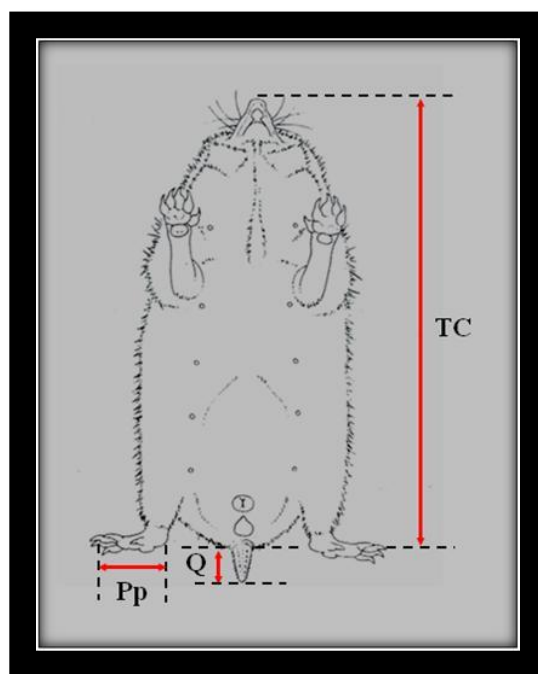
Nous avons procédé à la mesure des paramètres morphométriques d'*Aterix algirus*. Sont pris en considération les mesures suivantes : le poids (à l'aide d'un peson de marque *PESOLA Medio-Line 41000 / 1000 g*), la longueur du corps + la tête, la longueur de la queue, la longueur de la patte postérieure et celle de l'oreille (à l'aide d'un ruban métrique), conformément aux mesures consignées dans la bibliographie (**Macdonald, et barrett, 1995 ; Kingdom, 2010 ; Aulagnier, et al., 2010**). La prise de ces mesures peut s'avérer très fastidieuse étant donné que l'animal a tendance à s'enrouler en boule (mécanisme de défense). A cet effet, quelques précautions sont à prendre :

- On peut tout d'abord attendre quelques minutes que l'animal, plus tranquille, décide de se dérouler. Il faut alors attraper doucement la peau du cou avec la main droite (gantée bien entendu), placer pouce et index dans les oreilles, puis le lever de manière à ce qu'il tienne sur ses pattes postérieures. Lorsqu'il est debout, la main gauche glisse tranquillement sous le ventre et on peut ainsi lever l'animal.

- Dans la deuxième méthode, la pointe d'une pince stimule doucement les piquants, près du cou, jusqu'à ce que le hérisson commence à se dérouler ; les doigts de la main gauche saisissent alors les jarrets qui apparaissent en arrière, tandis que la pince clamp se fixe sur les piquants derrière la tête.
- On peut également mettre le hérisson enroulé tête en bas au-dessus d'une surface horizontale. Celui-ci va se dérouler avec précaution pour essayer d'atteindre le plan au-dessous. Il s'agit alors de saisir les pattes arrière et de tenir l'animal par celles-ci, ce qui permet de l'examiner (**Tab.05, Fig. 13**).

**Tableau 05 : les différents paramètres morpho-métriques**

<b>P</b>	Poids, mesuré en gramme
<b>TC</b>	Longueur tête + corps, prise du bout du museau à la base de la queue (cm)
<b>Q</b>	Longueur de la queue, prise de la base à l'extrémité du pinceau de poils terminal (cm)
<b>Pp</b>	Longueur du pied postérieur, prise du talon au bout des ongles (cm)
<b>Or</b>	Longueur de l'oreille, depuis l'orifice auditif jusqu'à l'extrémité du pavillon (cm)

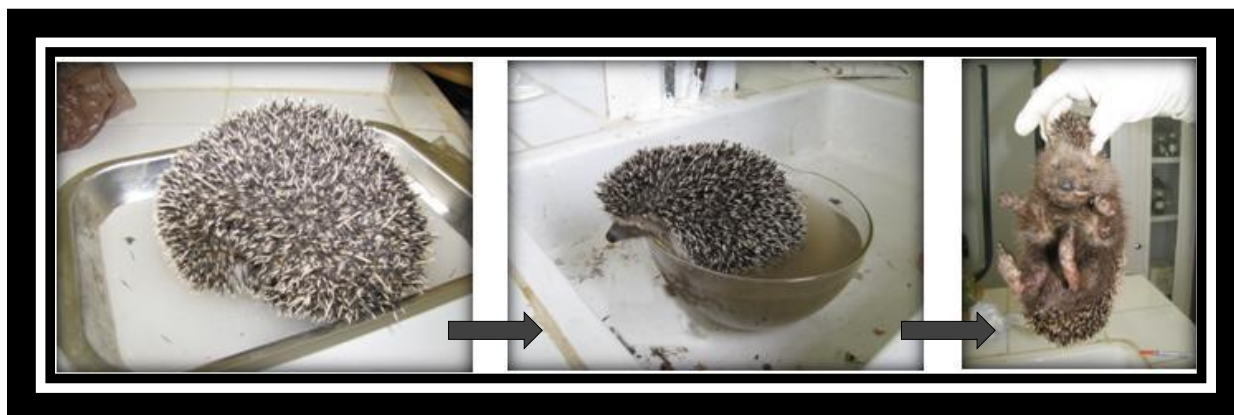


**Figure 13 : Quelques mensurations réalisées sur le hérisson (© M. Boukheroufa)**

### 3.3. Etude du système ectoparasites – Hérisson d'Algérie

#### 3.3.1. Déparasitage

Aussitôt capturés, les hérissons subissent une exploration systématique du pelage sur tout le corps à la recherche des parasites (tiques et puces). Pour retirer les tiques, on utilise un tire-tique, sinon on peut mettre une goutte d'huile sur la tique, celle-ci se dégage alors d'elle-même, laissant une plaie propre. On évite ainsi les risques d'arrachage de la tique qui induisent souvent une infection. Pour les puces, nous les avons prélevées après avoir utilisé un insecticide à base de pyréthrine, pulvérisé sur le corps de l'animal et constaté leur chute instantanée. Les ectoparasites prélevés sur l'hôte sont fixés dans des flacons à fermeture hermétique contenant de l'éthanol à 70° (Fig. 14, 15).



*Figure 14 : Méthode de déroulement du hérisson (© M. Boukheroufa)*

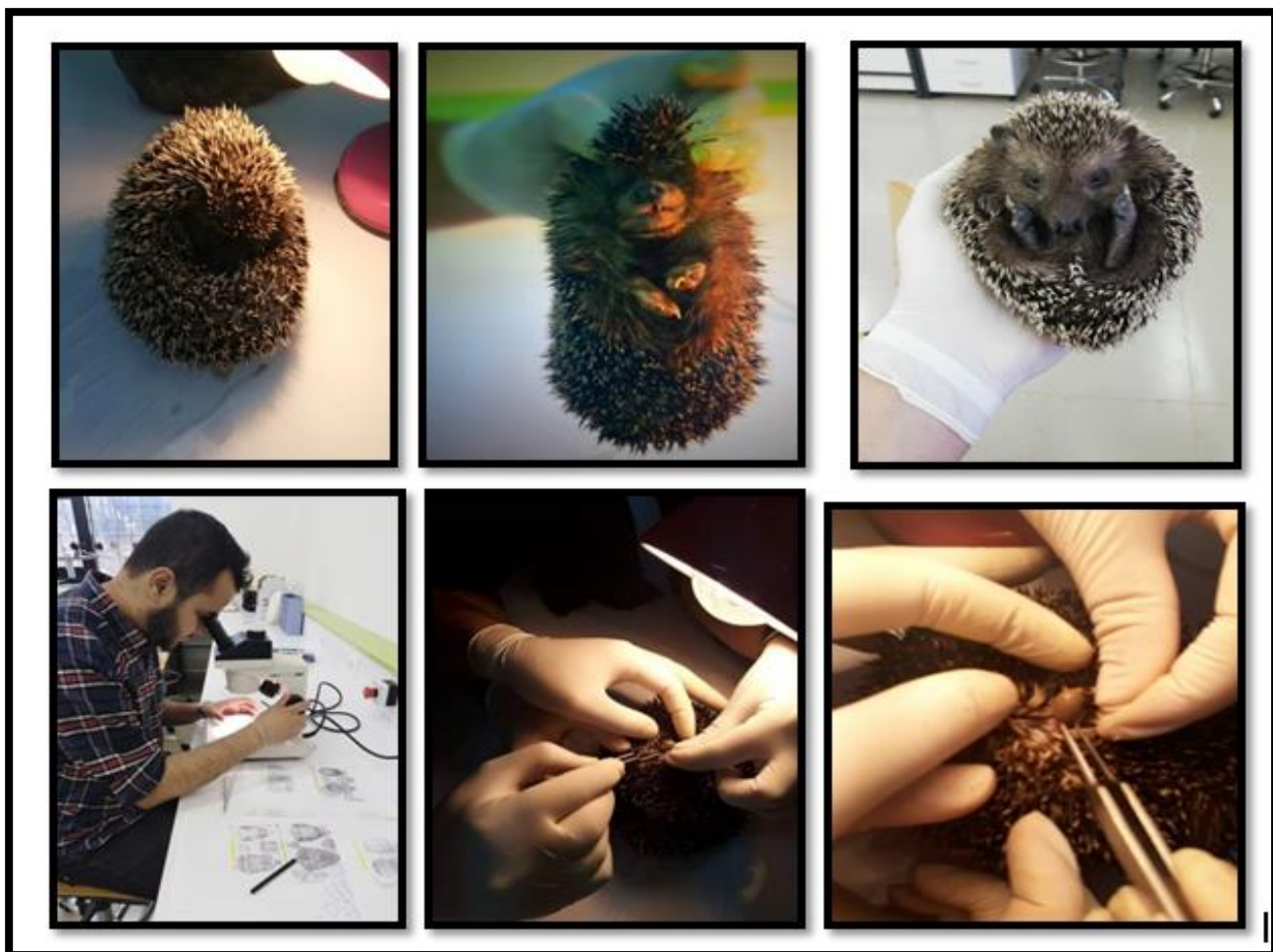


Figure 15 : Protocole illustré de déparasitage (Clichés Senaoui, 2019 ; Frih ,2020)

### 3.3.2. Identification taxonomique des parasites

L'observation des ectoparasites sous microscope, combinée à l'utilisation de clés d'identification, nous a permis de caractériser deux ordres taxonomiques : les puces (les Siphonaptera), et les tiques (acariens).

#### 3.3.2.1. Les puces

Les puces sont des insectes piqueurs appartenant à l'Ordre des Siphonaptères (anciennement appelés *Aphinaptères*), dépourvus d'ailes, de couleur jaune ou brun sombre, mesurant 1 à 8 mm de longueur. Leur corps est aplati latéralement ce qui facilite leur progression dans le

pelage. Leurs pattes sont adaptées au saut. Le corps et les pattes sont couverts de nombreuses soies (**Fig. 16**).

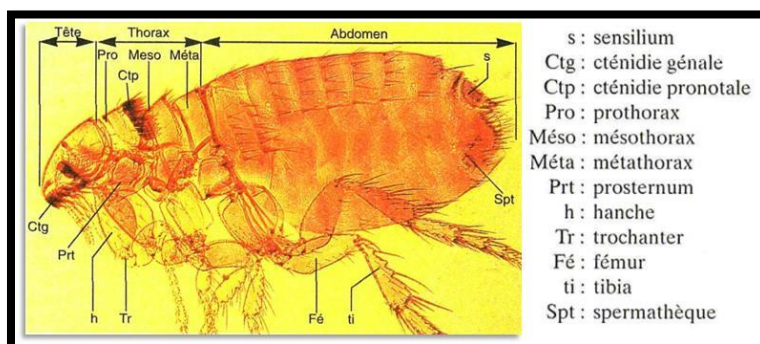


Figure 16 : Morphologie de la puce (Franc 1994)

La femelle pond des œufs au sol ou sur les hôtes ; les larves vermiformes, se développent sur le substrat ou sur l'hôte et sont détritiphages. La nymphe, est immobile dans son cocon et peut correspondre à un stade de quiescence en fonction des micro- ou macro- climats. Les adultes font leur repas lors de piqûres indolores et pluriquotidiennes (**Fig. 17**).

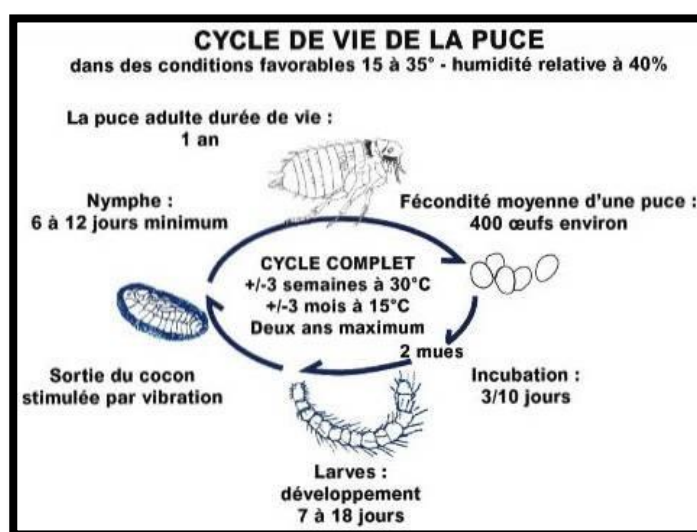
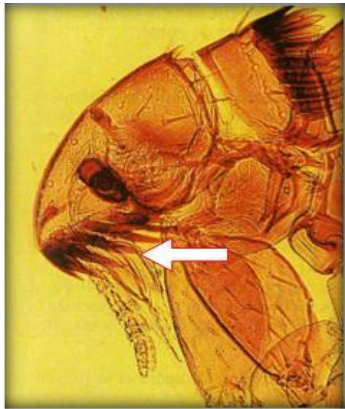
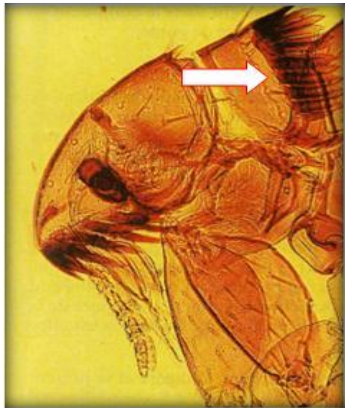


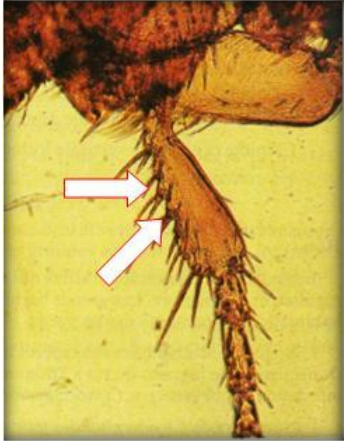
Figure 17 : Cycle de vie de la puce (<https://www.hygi3dplus.fr/details>

[traitement+professionnel+pour+lutter+et+eradiquer+les+pucet+infestant+une+habitation+a+toulon+83000-178.html](https://www.hygi3dplus.fr/details-traitement+professionnel+pour+lutter+et+eradiquer+les+pucet+infestant+une+habitation+a+toulon+83000-178.html)

Pour l'identification des puces, nous nous sommes appuyés sur clés dichotomiques de **Beaucournu et Launey (1990)** et de **Franc (1994)**. Le **tableau 04** résume les critères d'identification principaux associés à des illustrations explicatives.

Tableau 06 : Critères d'identification taxonomiques des Siphonaptère (Beaucournu & Launey, 1990, photos explicatives in Franc, 1994)

	Critères d'identification	Illustrations
<b>Tête</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre et forme des dents</li> <li>• Développement, Absence/présence de ctenidies génale.</li> <li>• Présence ou absence de soie oculaire.</li> <li>• Forme du front</li> <li>• Degrés de développement de l'œil.</li> <li>• Forme de la tête.</li> <li>• Présence, absence, et localisation des petites soies spiniformes.</li> <li>• Présence ou absence des soies oculaire</li> </ul>	<p><u>Exemple</u> : Ctenidies génale bien développée.</p>  <p><i>D'après : Franc, 1994</i></p>
<b>Thorax</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence ou absence de ctenidies thoracique.</li> <li>• Présence ou absence de ctenidies pronatale.</li> <li>• Largeur du thorax.</li> <li>• Absence ou présence d'épaississement pleural du mésothorax.</li> <li>• Niveau de séparation du métasternite et du métépisternite.</li> <li>• Présence ou absence d'épaississement pleurale du mésothorax.</li> <li>• Dimension du thorax et de ses segments.</li> </ul>	<p><u>Exemple</u> : Ctenidies thoracique bien développées</p>  <p><i>D'après : Franc, 1994</i></p>

<b>Abdomen</b>	<p>Nombre d'encoches au bord postérieur du tibia III.</p>	<p>Exemple : Encoches au bord postérieur</p>  <p>D'après : <b>Franc, 1994</b></p>
----------------	---	---

### 3.3.2.2. Les tiques

Ce sont des ectoparasites obligatoires, se subdivisant en deux familles principales, les *Argasidae* (tiques molles) et les *Ixodidae* (tiques dures). Appartenant à la super famille des *Ixodoidea*. Leurs corps sont globuleux, aplatis, de taille relativement grande (véritable géant parmi les acariens) et de coloration terne variant du plus ou moins foncé (**Fig. 18**)



**Figure 18** : Une tique *Ixodidae* (<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRjxrIu4rrdfzJepyueouCM2JD1s8faPGmPw&usqp=CAU>)

Leurs cycles de vie présentent trois phases (**Figure. 19**) : une phase larvaire (larve hexapode), une phase nymphale (nymphes octopode) et enfin une phase adulte séparée par des mues. Les nymphes hématophage, se gorgent du sang de leur hôte. Les adultes pondent leurs œufs dans les endroits où l'hôte présente un certain gréganisme: dortoir, rassemblement...pour maximiser les chances de contamination. Les nymphes, les adultes ainsi que les larves, s'alimentent fixés sur l'hôte pendant une semaine environ. Au terme de cette phase, elles se détachent et se laisse tomber pour muer. La ponte se produit, sur le sol.

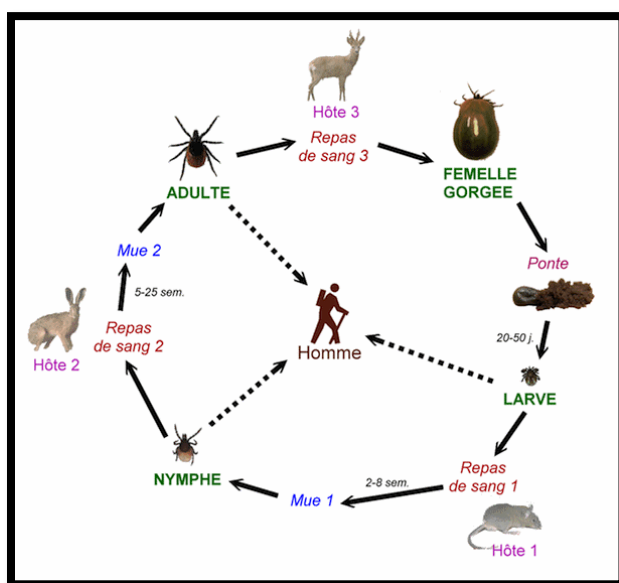
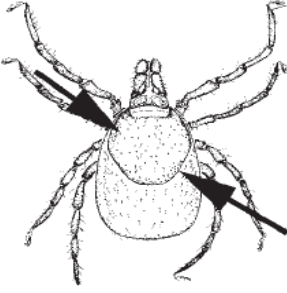
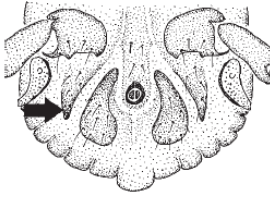
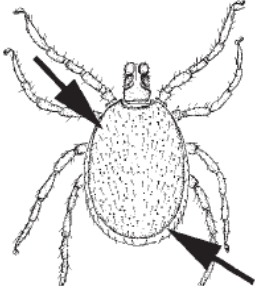
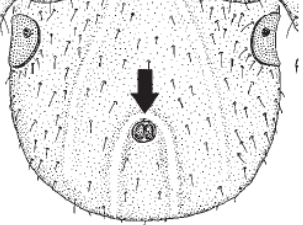
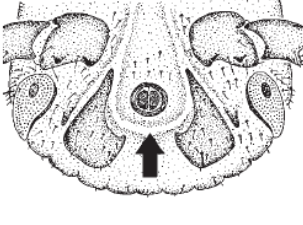
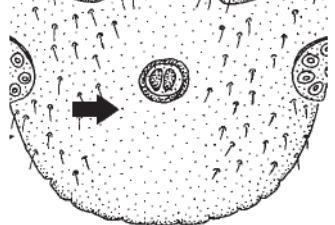
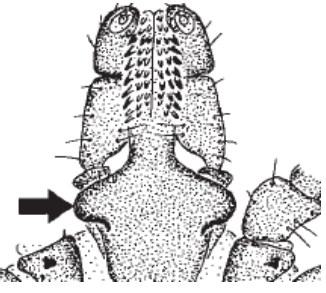
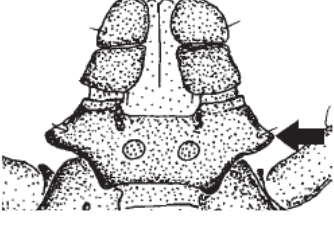


Figure 19 : Cycle de vie d'une tique (<http://www.decorecup.com/2016/07/cycle-evolutif-des-tiques.html> )

Pour l'identification des tiques, nous nous sommes basés sur les clés dichotomiques de Walker *et al.*, 2003. Le tableau 07 illustre les critères d'identification principaux des tiques associés à des schémas explicatifs.

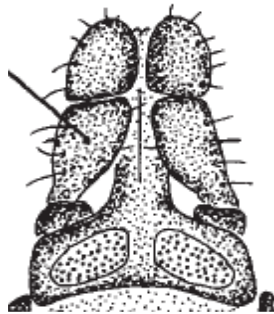
Tableau 07 : Certains critères d'identification des tiques de la région méditerranéenne (Walker et al., 2007)

Sexe		
Femelle		Mâle
		
Sillon anal		
Prosriata	Métasriata	Absence
		
Rostre		
longirostres	Brévirostres	
		

### Capitulum

Rectangulaire

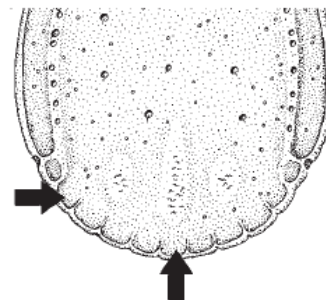
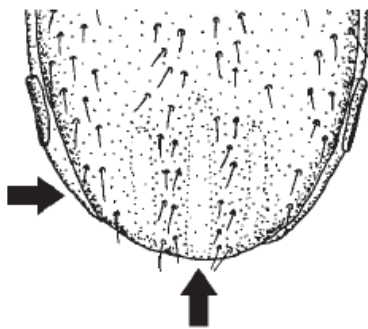
Hexagonal



### Festons

Absence

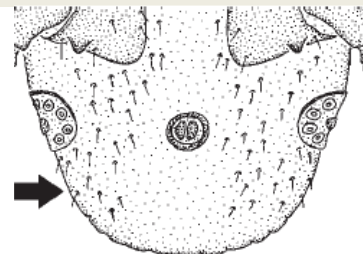
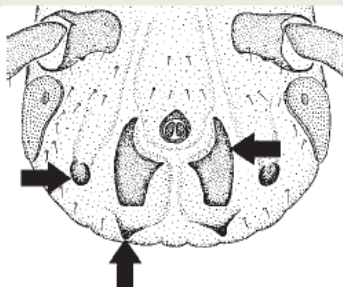
Présence

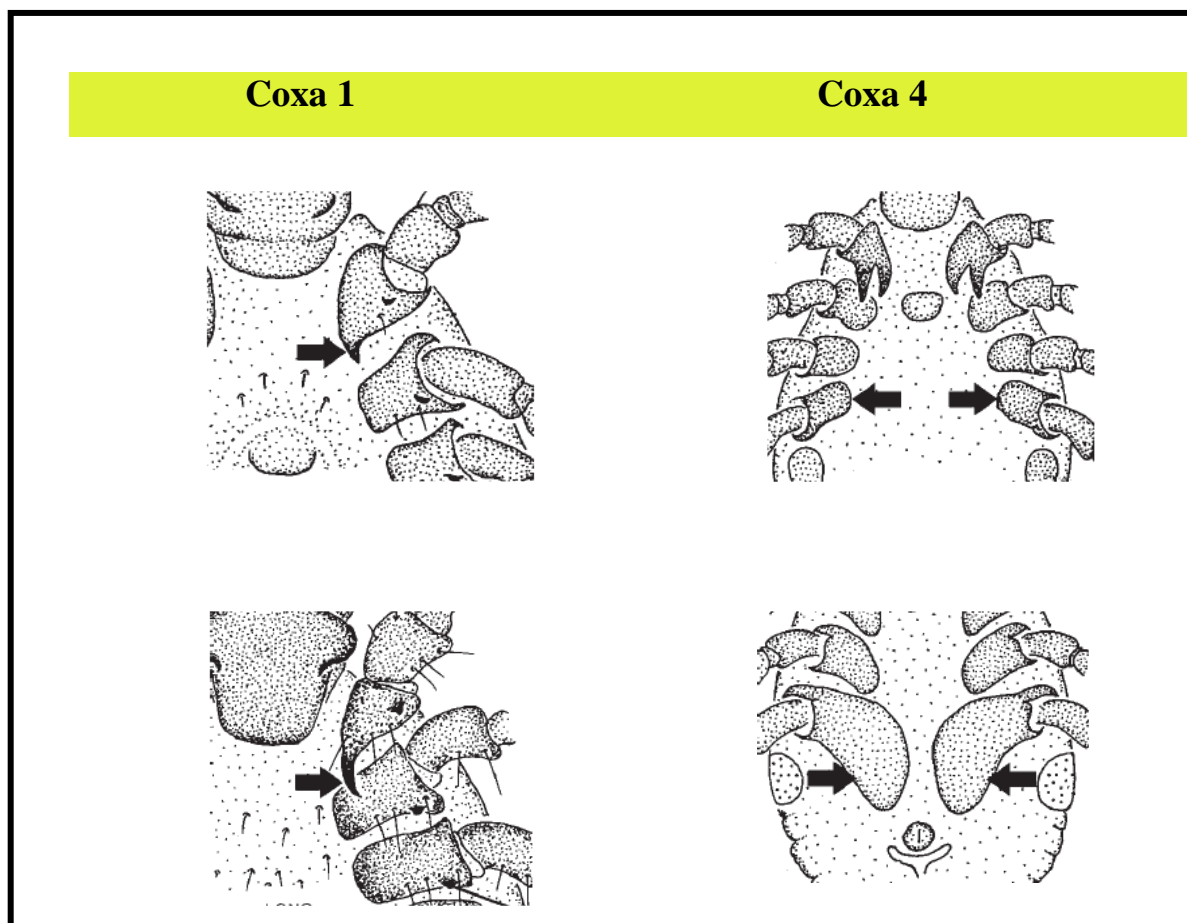


### Ecussons ventraux

Présence

Absence





### 3.3.3. Identification des sites préférentiels de fixation des ectoparasites

Lors du déparasitage, nous avons voulu savoir s'il y avait une corrélation entre les différentes espèces de tiques et les sites de fixation sur l'hôte. Nous avons donc noté les sites de fixation pour chaque espèce ecto parasitaire, et ce, en fonction de la saison et en fonction du sexe de l'hôte.

### 3.3.4. Indices parasitaires

Une fois les ectoparasites identifiés, nous avons calculé les indices parasitaires proposés par **Margolis *et al.*, 1982** : la prévalence (Pr) , l'intensité parasitaire moyenne (IM), et l'abondance parasitaire (A) .

#### 3.3.3.1. Estimation de la prévalence (Pr)

C'est le nombre des individus parasités (nP) sur le nombre des individus examinés (N).

$$\text{Pr} = \frac{nP}{N} \times 100$$

- “Espèce dominante” (prévalence > 50%),
- “Espèce satellite” ( $10 \leq \text{prévalence} \leq 50\%$ ) et
- “Espèce rare” (prévalence < 10%) ont été définis selon **Valtonen *et al.*, 1997**.

#### 3.3.3.2. Intensité moyenne parasitaire (IM)

C'est le rapport du nombre total d'individus d'une espèce parasite (n) sur le nombre des spécimens infestés (Np).

$$\text{IM} = \frac{n}{Np}$$

Pour les intensités moyennes (IM), la classification adoptée est celle de **Bilong-Bilong et Njine, 1998** :

- $IM < 10$  : intensité moyenne très faible,
- $10 < IM \leq 50$  : intensité moyenne faible,
- $50 < IM \leq 100$  : intensité moyenne moyenne,
- $IM > 100$  : intensité moyenne élevée.

### 3.3.3.3. Abondance parasitaire (A)

C'est le rapport de nombre total d'individus d'une espèce parasite (n) sur le nombre total des spécimens examinés (N).

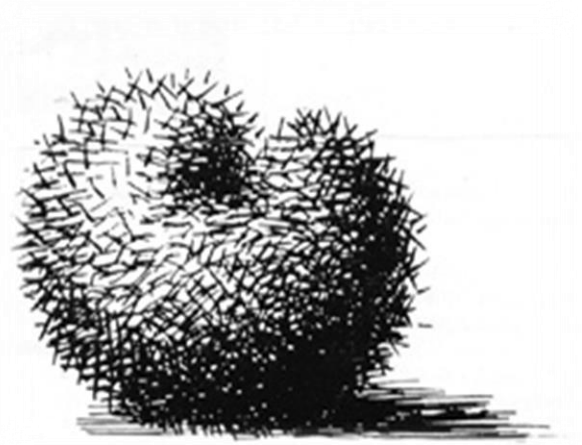
$$A = n / N$$

### 3.4. Analyses statistiques

L'analyse statistique des données a été effectuée par l'utilisation des logiciels « Minitab 17 » (eds, 2015) et R (eds, 2016). Les résultats sont exprimés en moyennes  $\pm$  erreur standard. Nous avons utilisé les tests T de Student et l'analyse de la variance (ANOVA) pour la comparaison des moyennes, le test Khi 2 pour les variables qualitatives ainsi qu'une analyse en composantes principales (ACP) pour interpréter le rôle des différentes variables mesurées. Quant à la représentation graphique des données, elle s'est appuyée sur l'élaboration d'histogrammes, de secteurs et d'anneaux réalisés sous Microsoft Office Excel 2007.



## *Résultats*



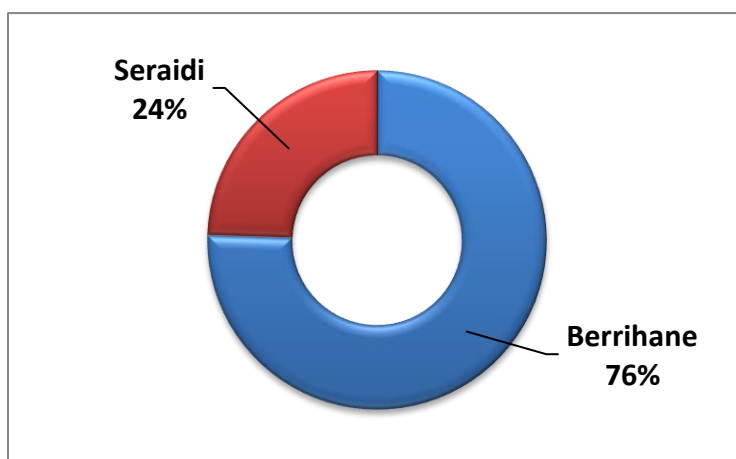
## RESULTATS

### 1. Données bioécologiques globales de l'hôte

Au terme de deux années consécutives d'échantillonnage (Avril 2017- Mars 2019), nous avons pu capturer un total de 98 hérissons (42 mâles et 56 femelles). Sur la localité de Berrihane, nous avons capturés 74 hérissons (32 mâles et 42 femelle) , soit 76% des captures. En revanche, nous n'avons pu capturer au niveau de la localité de Seraidi, que 24 hérissons (10 mâles et 14 femelles), soit 24% des captures (**Tab. 8 ; Fig. 20**)

*Tableau 8 : Nombre de captures des hérissons dans les deux localités d'échantillonnage*

	N	Femelles	Males
<b>Berrihane</b>	<b>74</b>	<b>42</b>	<b>32</b>
<b>Seraidi</b>	<b>24</b>	<b>14</b>	<b>10</b>
<b>Total</b>	<b>98</b>	<b>56</b>	<b>42</b>



*Figure 20 : Pourcentage de capture des hérissons dans les deux localités d'échantillonnage*

### 1.1. Évolutions des captures par mois

L'analyse de la variation mensuelle des taux de capture nous donne des indications sur le rythme d'activité annuel d'*Atelerix algirus*, pendant cycle annuel, le hérisson passe par une succession de phases essentielles de sa vie.

Le graphique suivant nous montre clairement différentes périodes où l'activité est au maximum en Avril surtout en Septembre. Elle est très basse voir nulle en Aout (fig.21).

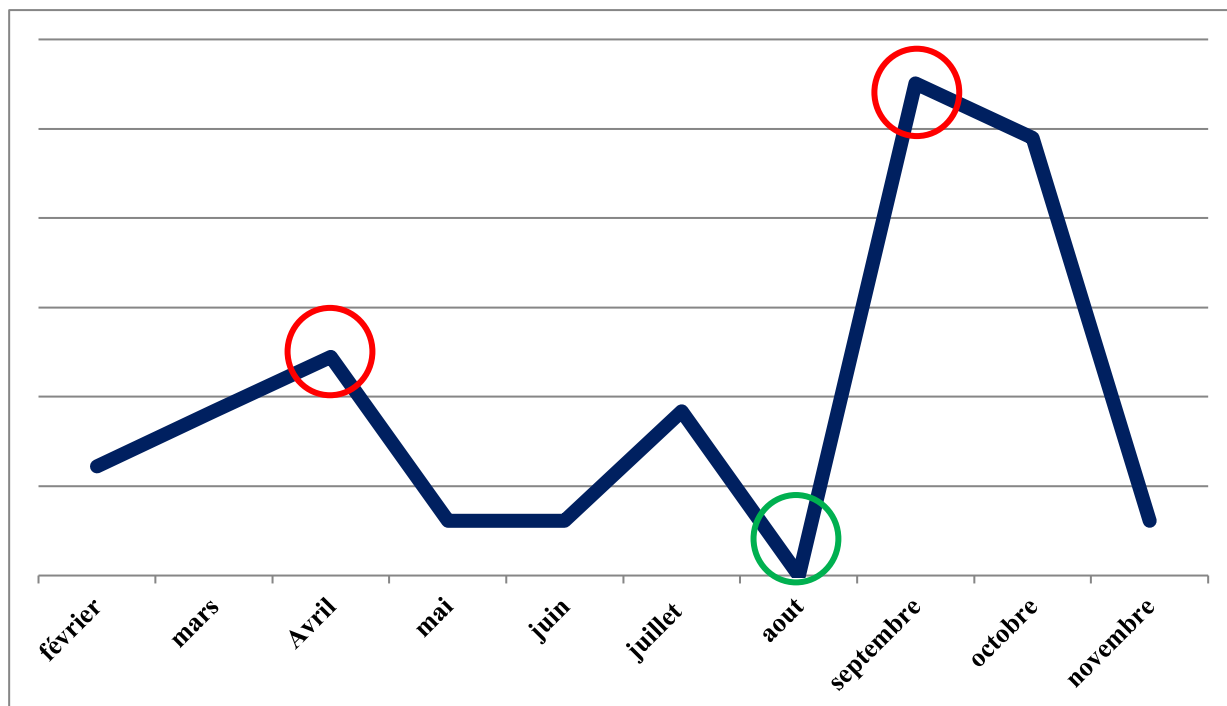


Figure 21. Evolution des captures de hérisson par mois

### 1.2. Données morphométriques de l'hôte

La comparaison des résultats relatifs aux données morphométriques des valeurs étalons décrites pour *Atelerix algirus* par Aulagnier (2010) montre qu'ils sont conformes.

L'analyse statistique des données biométriques ne révèle pas de différence entre les deux sexes, à l'exception de la longueur de la queue avec une différence hautement significative ( $T = -2,49$  ;  $P = 0,01$ ) ainsi que du poids en faveur des hérissons mâles avec une différence significative ( $T = -2,34$  ;  $P = 0,02$ ) (Tab.9 ; fig.22)

Tableau 9 : Biométrie du hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* en fonction du sexe.

	N	Poids (g)	TC (cm)	Or (cm)	Pi (cm)	Q (cm)
<b>Hérissons</b>	<b>98</b>	<b>587,3 ± 123</b>	<b>20,35 ± 2,69</b>	<b>2,05 ± 0,26</b>	<b>3,76 ± 0,24</b>	<b>2,14 ± 0,28</b>
<b>Mâle (M)</b>	<b>42</b>	<b>587 ± 109</b>	<b>21,3 ± 1,71</b>	<b>2,1 ± 0,28</b>	<b>4,1 ± 0,18</b>	<b>2,2 ± 0,29</b>
<b>Femelle (F)</b>	<b>56</b>	<b>496,8 ± 132</b>	<b>19,8 ± 1,81</b>	<b>2,05 ± 0,23</b>	<b>3,54 ± 0,27</b>	<b>2,11 ± 0,25</b>
<b>t-test / p-value</b>		<b>0,02 *</b>	<b>2,54</b>	<b>0,1</b>	<b>3,97</b>	<b>0,01 **</b>

	Poids (g)	TC (cm)	Or (cm)	Pp (cm)	Q (cm)
<b>Aulagnier, 2010</b>	<b>280 – 660</b>	<b>17 – 27</b>	<b>1.5 – 2.8</b>	<b>2.9 – 4.2</b>	<b>1.1 – 4</b>

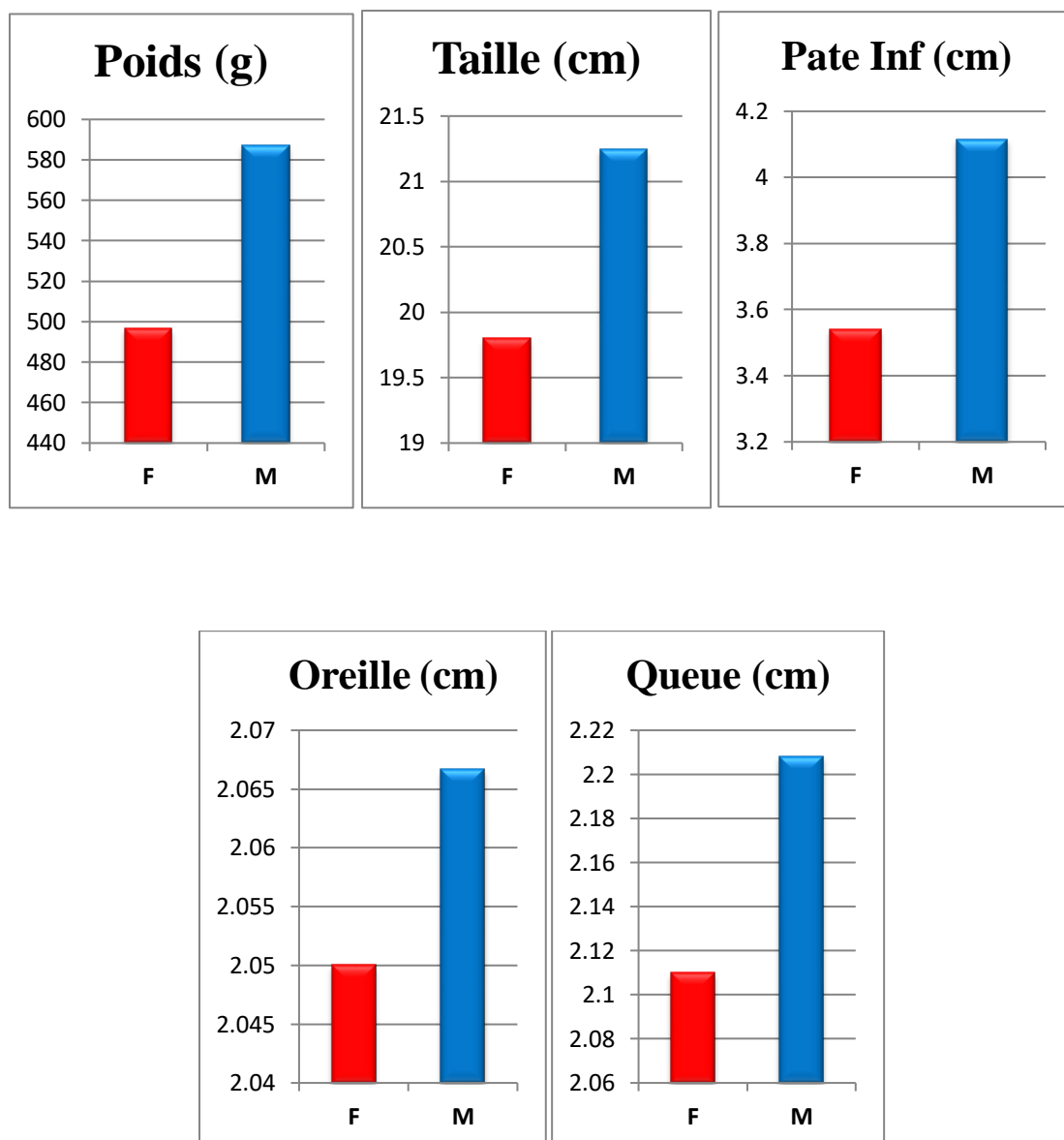


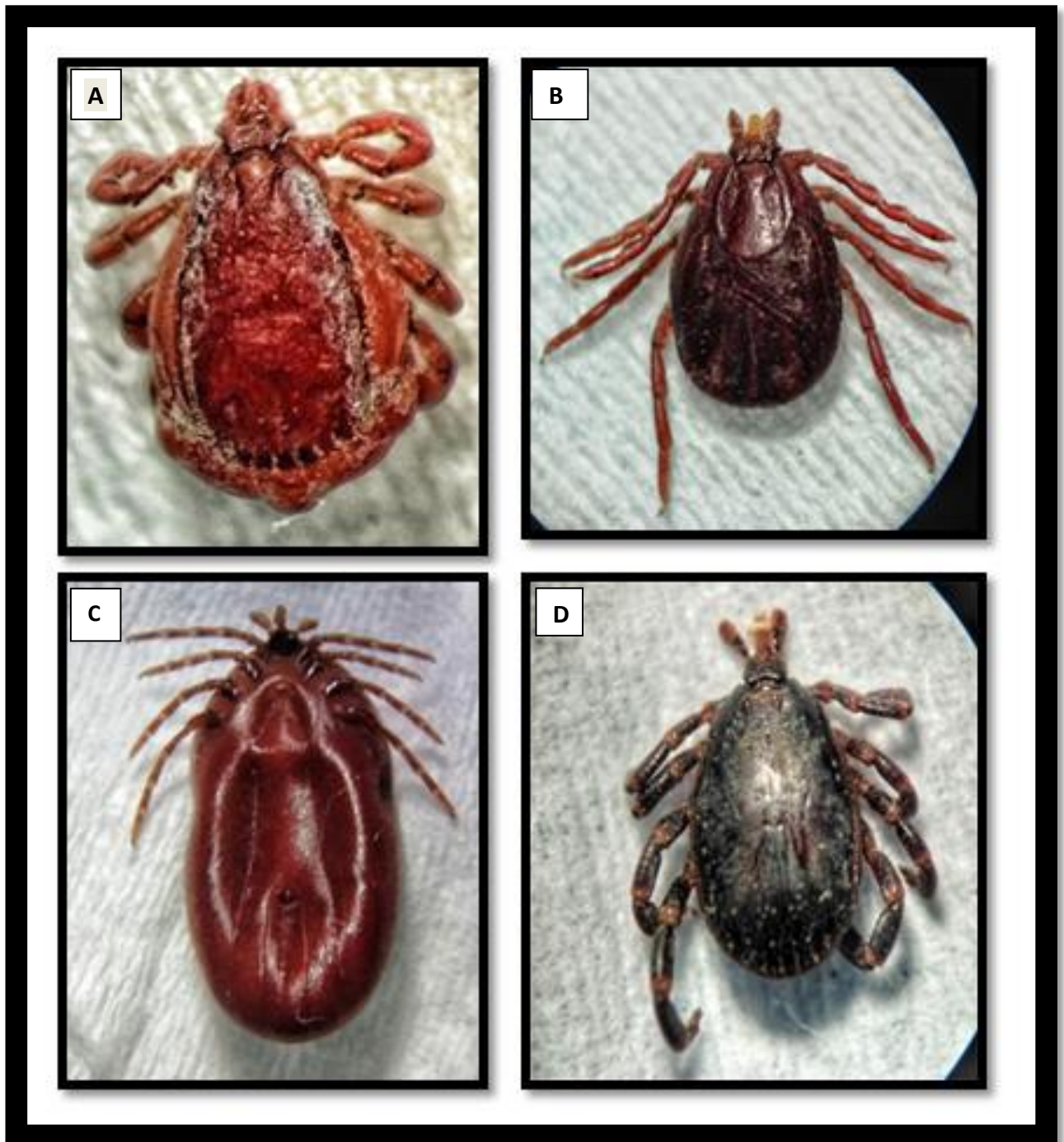
Figure 22. Biométrie du hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* en fonction du sexe

## 2. Caractérisation taxonomique des ectoparasites chez *Atelerix algirus*

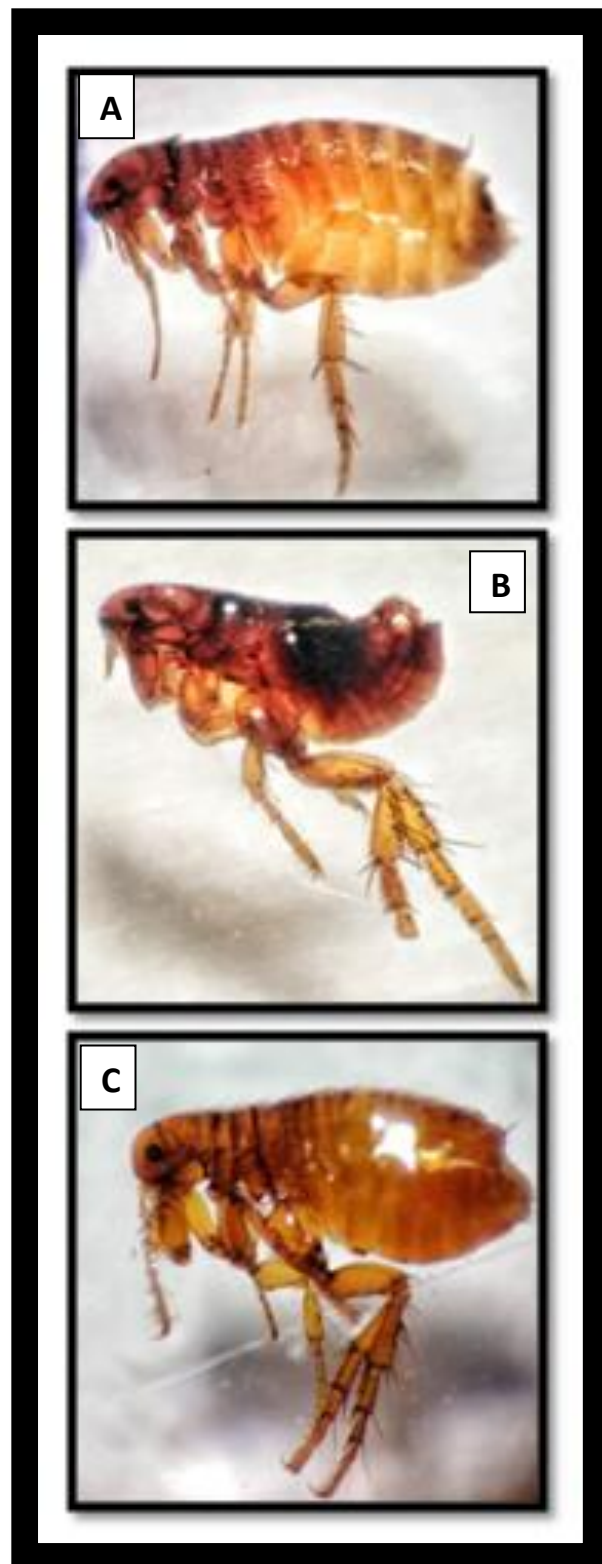
L'observation sous binoculaire, associée à l'utilisation des clés d'identification nous ont permis de distinguer la présence de deux Ordres taxonomiques : il s'agit des tiques (Acariens) et des puces (Siphonaptera).

Pour les tiques, l'utilisation des clés dichotomiques de **Walker et al., (2003)**, nous a permis de caractériser à partir de critères spécifiques quatre espèces, il s'agit de : *Rhipicephalus turanicus* , *Rhipicephalus bursa* , *Ixodes hexagonus* , et un seul spécimen de *Hyalomma marginatum* ( photos 8 ; fig. 23, 24,25,26 ) .

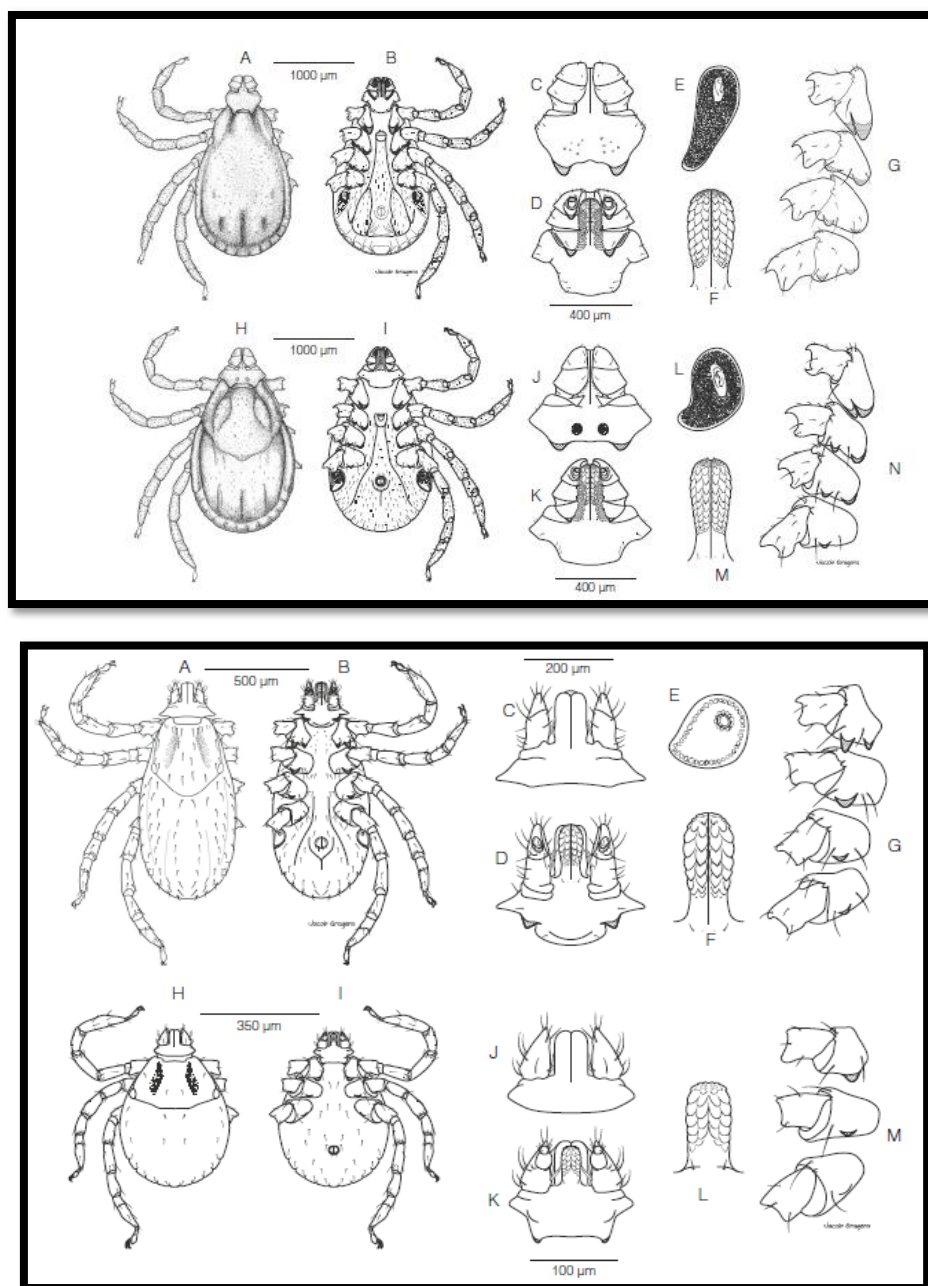
Pour les Siphonaptères, l'utilisation des clés dichotomiques de **Beaucornu et Launey (1990)** , complétées par **Franck (1994)** et **Couton (2019)**, nous ont permis de caractériser trois espèces, il s'agit de : *Archaeopsylla erinacei*, *Ctenocephalides felis* et *Ctenocephalides canis*. (Photos 9 ; fig. 27, 28, 29).



*Photos 8 : Typologie Générale des Tique A : Rhipicephalus turanicus ; B : Rhipicephalus bursa ; C : Ixodes hexagonus D : Hyalomma marginatum , Gr X10 (clichés Senaoui , présent travail)*



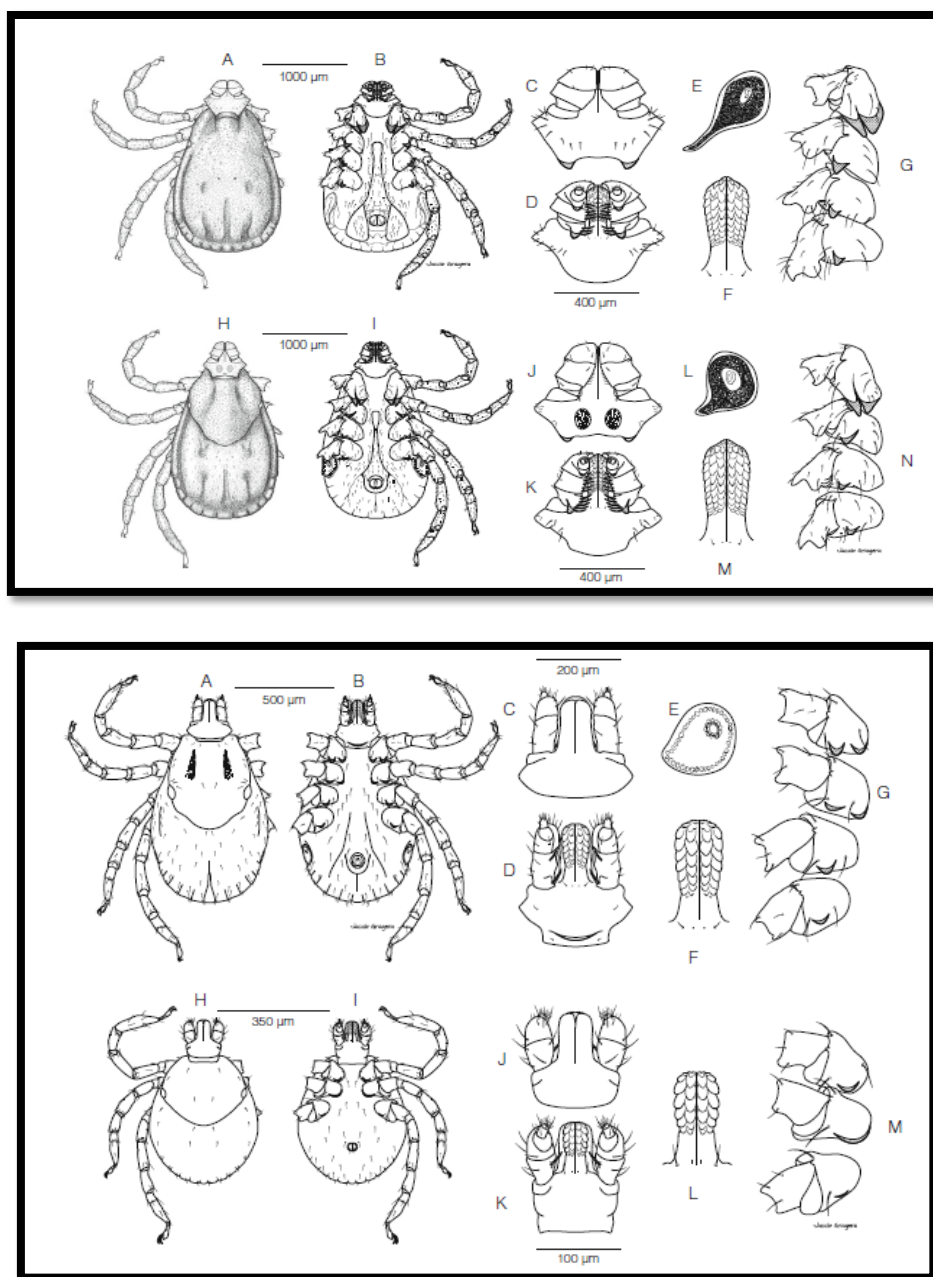
*Photos 9 : Typologie Générale des Puces : A : Ctenocephalides felis , B : Ctenocephalides canis , C : Archaeopsylla erinacei , GrX 10(clichés Senaoui, présent travail ).*



1- Le mâle de *Rhipicephalus turanicus*. A Dorsal, B ventral, C capitule, dorsal,ré capitule, ventral,E plaque spiraculaire,Fhypostome,gcoxae et trochanters I-IV.H-N La femelle de *R. turanicus*. H Dorsal, je ventral, J capitule, dorsal,K capitule, ventral,L plaque spiraculaire,Mhypostome,Ncoxae et trochanters I-IV.

2- La nymphe de *Rhipicephalus turanicus*. A Dorsal, B ventral, C capitule, dorsal,ré capitule, ventral,E plaque spiraculaire,Fhypostome,gcoxae et trochanters I-IV.H-M La larve de *R. turanicus*. H Dorsal, je ventral, J capitule, dorsal,K capitule, ventral,Lhypostome,Mcoxae et trochanters I-III.

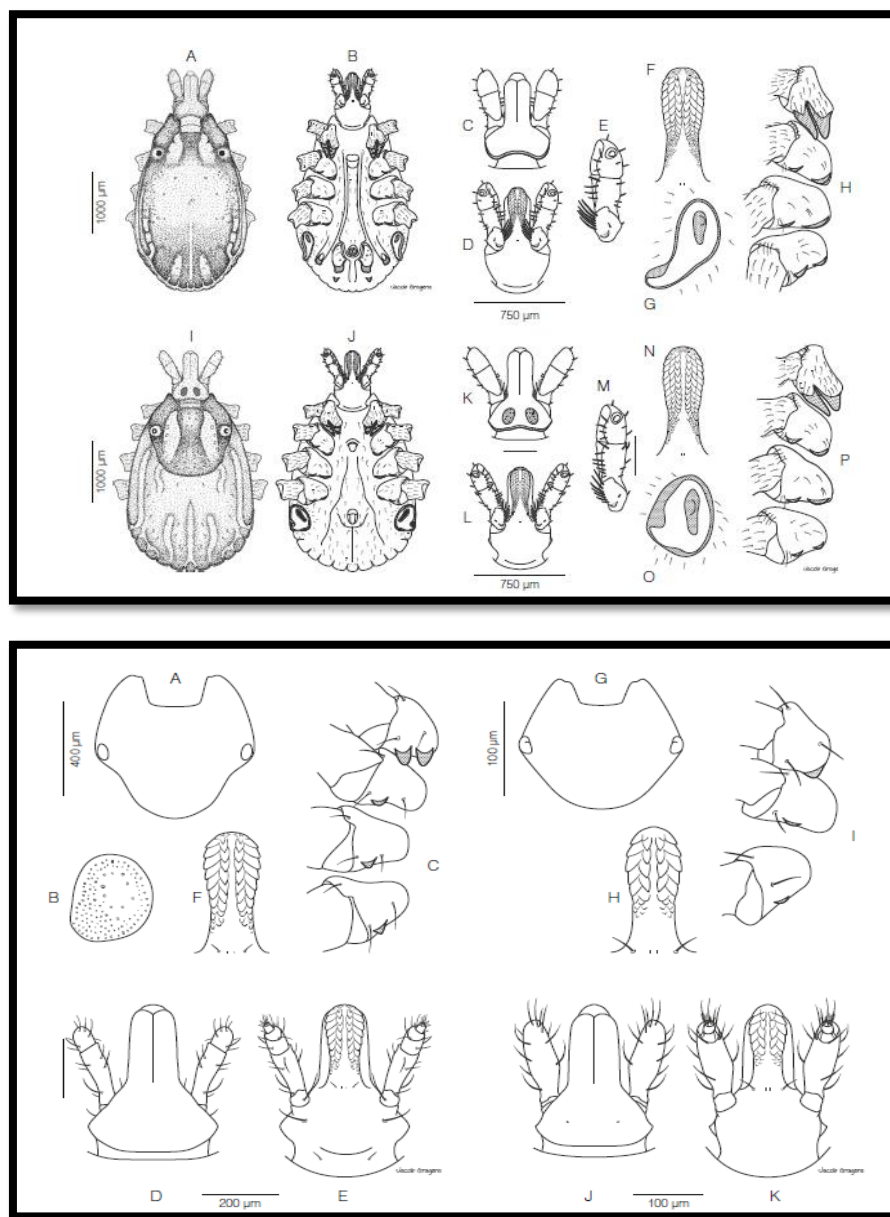
Figure 23 : Illustrations de *Rhipicephalus turanicus*,( Estrada-Pena , et al., 2017 ) . Illustrations redessinées de Filippova (1997)



1. . A-G Le mâle de *Rhipicephalus bursa*. A.Dorsal, B ventral, C capitule, dorsal,ré capitule, ventral,E plaque spiraculaire,Phypostome,gcoxae et trochanters I-IV.H-N La femelle de *R. bursa*.H Dorsal, je ventral, J capitule, dorsal,K capitule, ventral,L plaque spiraculaire,Mhypostome,Ncoxae et trochanters I-IV. Illustrations de spécimens collectés en Espagne, au Portugal, France, Italie et Maroc.

2. A-G La nymphe de *Rhipicephalus bursa*.A.Dorsal, B ventral, C capitule, dorsal,ré capitule, ventral,E plaque spiraculaire;Phypostome,gcoxae et trochanters I-IV.H-M La larve de *R. bursa*.H Dorsal, je ventral, J capitule, dorsal,K capitule, ventral,Lhypostome,Mcoxae et trochanters I-III. Illustrations de matériel mué à partir de spécimens engorgés collectés en Espagne, Portugal et Maroc, ou éclosion de femelles engorgées collectées en Italie et au Portugal

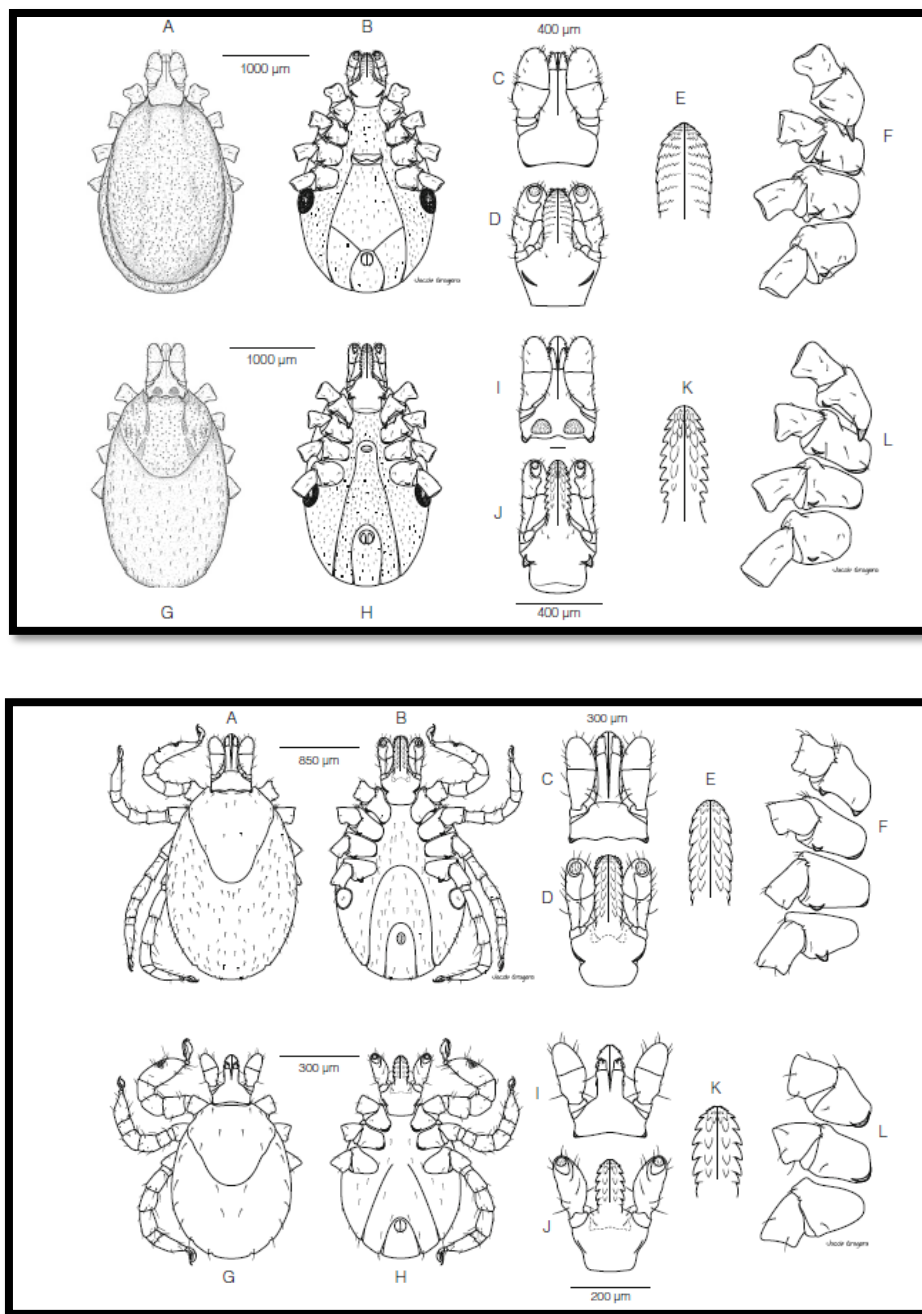
Figure 24 : Illustrations de *Rhipicephalus bursa*( Estrada-pena et al., 2017)



1 . A-H Le mâle de *Hyalomma marginatum*. A. Dorsal, B ventral, C capitule, dorsal,ré capitule, ventral,Epalpi, vue latérale,Fhypostome,g plaque spiraculaire,Hcoxae et trochanters I-IV.je-P La femelle de *Hy. marginatum*. je Dorsal, J ventral, K capitule, dorsal,L capitule, ventral,Mpalpi, vue latérale,Nhypostome,O plaque piraculaire,Pcoxae et trochanters I-IV. Illustrations de spécimens collectés en Espagne, en Italie et en Turquie

2. A-F La nymphe de *Hyalomma marginatum*. A.Scutum dorsal, B plaque spiraculaire,Ccoxae je-IV, ré capitule, dorsal,E capitule, ventral,Fhypostome.g-K La larve de *Hy. marginatum*. g Plaque dorsale, H hypostome,jcoxae je-III, J capitule, dorsal,K capitule, ventral. Illustrations issues d'échantillons obtenus en laboratoire, de femelles engorgées collectées en Espagne et en Tunisie

Figure 25 : Illustrations de *Hyalomma marginatum* ( Estrada-pena et al.,2017)



1. A-F Le male de *Ixodes hexagonus*. A. Dorsal, B ventral, C capitule, dorsal,ré capitule, ventral,E plaque spiraculaire,Fhypostome,gcoxae et trochanters I-IV.H-M La larve de *R. turanicus*. H Dorsal, je ventral, J capitule, dorsal,K capitule, ventral,Lhypostome,Mcoxae et trochanters I-III.

2. A-F La nymphe de *I. hexagonus*. A.Dorsal, B ventral, C capitule, dorsal,ré capitule, ventral,Ehypostome,Fcoxae et trochanters I-IV.g-L La femelle de *I.hexagonus*.g Dorsal, H ventral, je capitule, dorsal,J capitule, ventral,Khypostome,Lcoxae et trochanters I-IV. Illustrations de spécimens collectés en Belgique et en Espagne

Figure 26 : Illustrations de *Ixodes hexagonus* ( Estrada-pena et al., 2017)

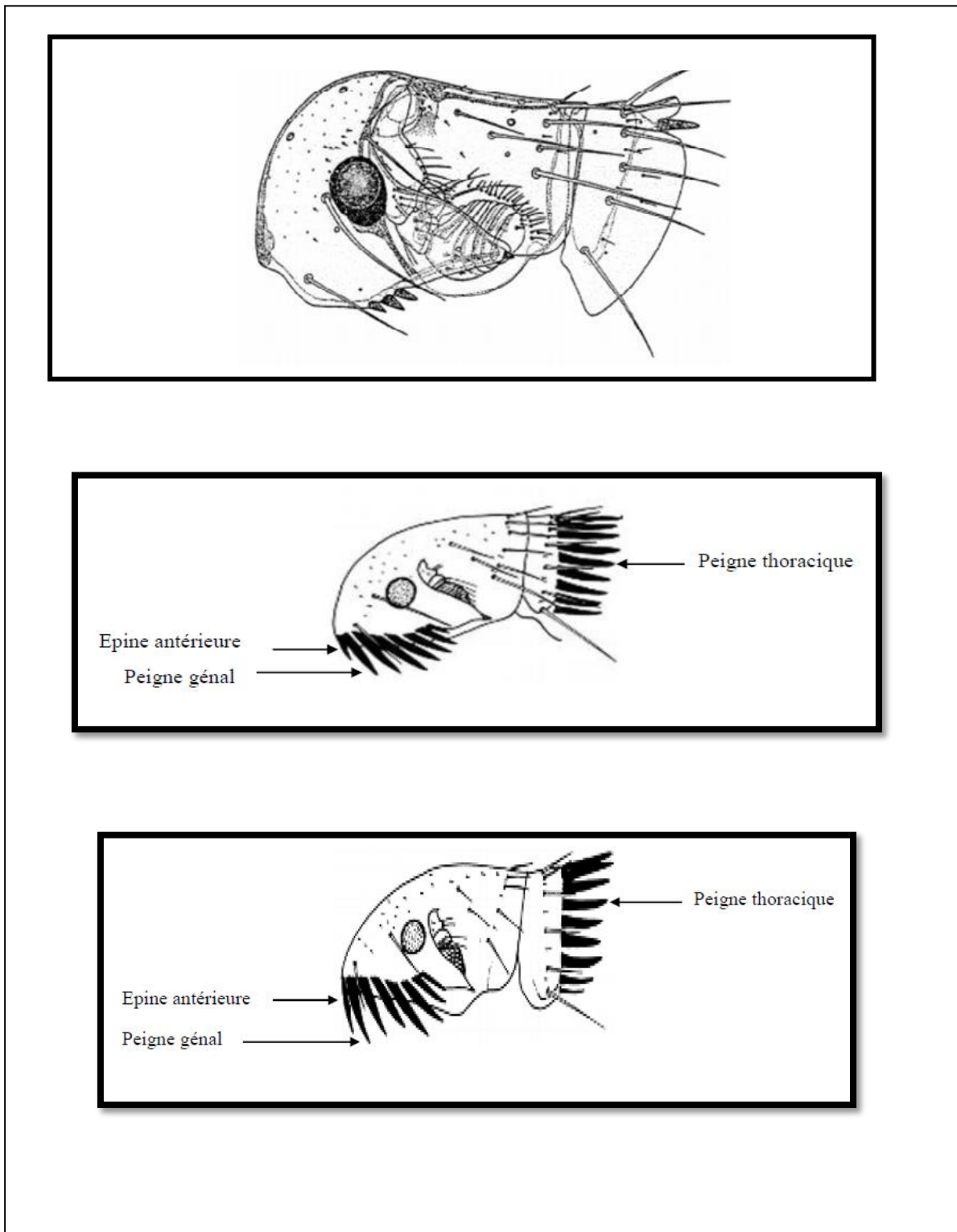


Figure 27 : Critères d'identification des Siphonaptères à partir de la région céphalique(Mehlhorn, 2004)

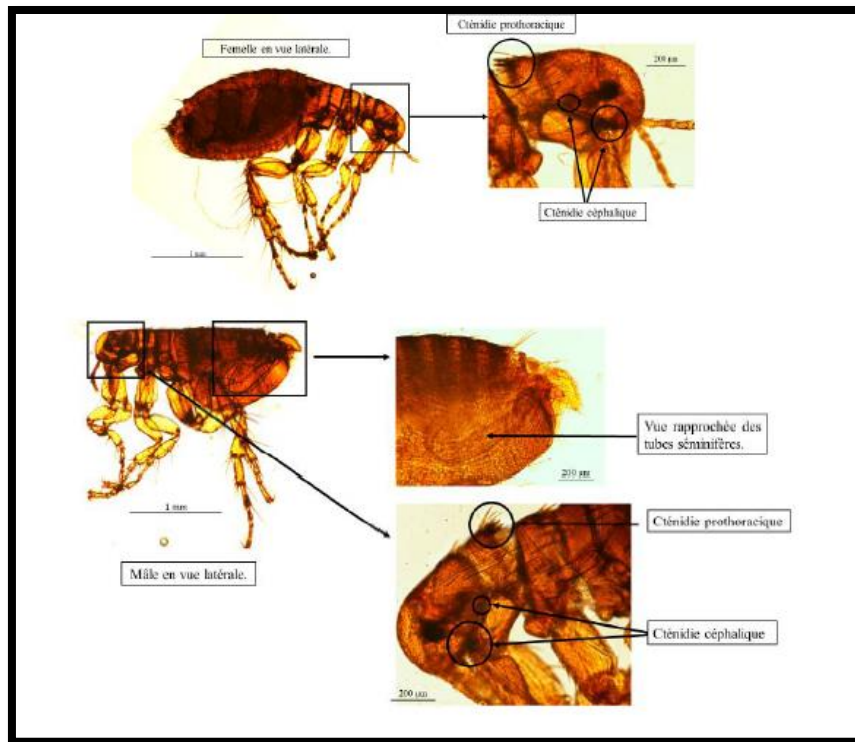


Figure 28 : Critères d'identification des puces *A. erinacei*, femelles et mâles adultes (Couton , 2019 )

	<i>Ctenocephalides felis</i>		<i>Ctenocephalides canis</i>	
	Male	Female	Male	Female
Shape of head capsule				
Spine 1 and 2 of the genal comb	 Both 1st and 2nd spine have the same length		 1st spine is half as long as 2nd spine	
Number of teeth of tibiae	 Tibiae of all 6 legs have 4 to 5 teeth		 Tibiae of all 6 legs have 7 to 8 teeth	

Figure 29 : Differentiation morphologique de la puce du chat (*C.felis*) et du chien (*C. canis*) (Friederike Kramer Norbert Mencke *Flea Biology and Control, The Biology of the Cat Flea Control and Prevention with Imidacloprid in Small Animals* ).

### 3. Dynamique Globale des ectoparasites chez *Atelerix algirus*

Sur les 98 hérissons capturés, toutes localités confondues, nous avons pu récolter 546 tiques soit 40% des ectoparasites, et 807 puces soit 60% des ectoparasites (**Fig. 30**).

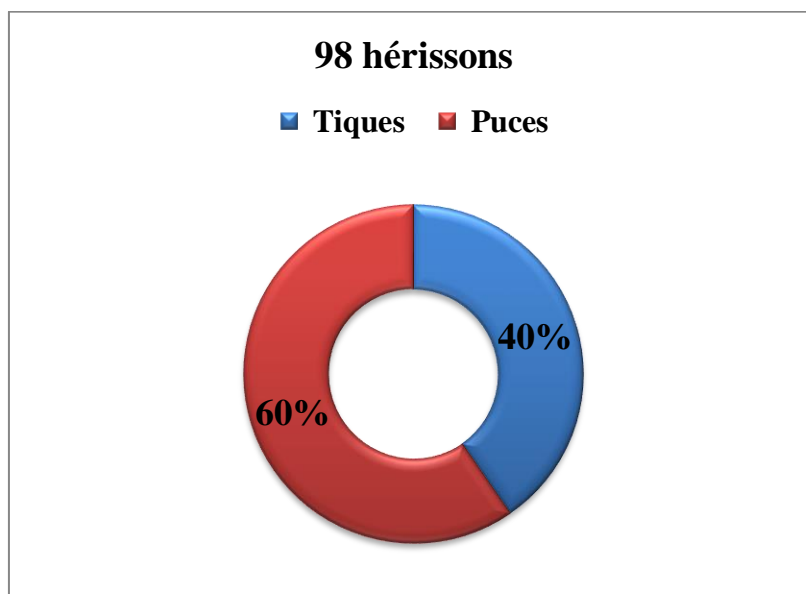


Figure 30 : Pourcentages des différents ectoparasites prélevés chez *Atelerix algirus*

L'analyse globale des indices parasitaires, toutes localités confondues, illustre que la prévalence des tiques est plus importante que celle des puces. En revanche, les puces sont plus importantes en termes d'abondance ( $T = -2,02 / P = 0,049^*$ ) et d'intensités moyennes (**Tab. 10 ; Fig. 31**).

Tableau 10 : Les indices parasitaires chez *Atelerix algirus*.

	Prévalence	Intensité moyenne	Abondance
<b>Tiques</b>	<b>0.813</b>	<b>7</b>	<b>3.875</b>
<b>Puces</b>	<b>0.656</b>	<b>12.810</b>	<b>8.406</b>

## Two-Sample T-Test and CI: Tiques; Puces

Two-sample T for Tiques vs Puces

	N	Mean	StDev	SE Mean
Tiques	98	3,87	7,06	1,2
Puces	98	8,4	10,6	1,9

Difference = mu (Tiques) - mu (Puces)  
 Estimate for difference: -4,53125  
 95% CI for difference: (-9,03918; -0,02332)  
 T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = -2,02 P-Value = 0,049\*** DF = 54

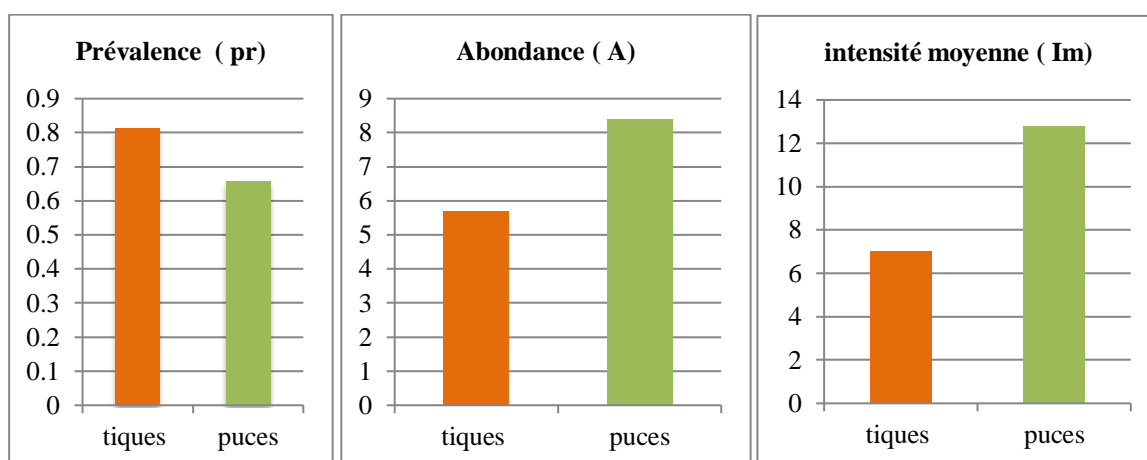


Figure 31 : calcul global des indices parasitaires chez *Atelerix algirus*.

Nous avons calculé les indices parasitaires en fonction des localités de capture des spécimens hôtes. Les résultats obtenus montrent globalement que les hérissons capturés dans la localité de Berrihane sont les plus infestés en ectoparasites comparativement à ceux capturés à Séraïdi. On note que les hérissons capturés à Berrihane sont particulièrement infestés en Puces par rapport à ceux de Séraïdi (Tab. 11 ; Fig. 32). (T = -3,32 / P = 0,004\*\*)

Tableau 11: les indices parasitaires chez *Atelerix algirus* en fonction de la zone de capture

Localité	Abondance parasitaire (A)		Prévalence (Pr)		Intensité moyenne (IM)	
	Berrihane	Seraïdi	Berrihane	Seraïdi	Berrihane	Seraïdi
Tiques	4.65	1.89	0.74	0.56	6.29	3.40
Puces	8.52	8.11	0.70	0.56	12.25	14.60

### Two-Sample T-Test and CI: Tiques; Puces ( BERRIHANE)

Two-sample T for Tiques vs Puces

	N	Mean	StDev	SE Mean
Tiques	74	4,65	8,11	1,7
Puces	74	8,5	10,9	2,3

Difference = mu (Tiques) - mu (Puces)  
 Estimate for difference: -3,86957  
 95% CI for difference: (-9,61066; 1,87153)  
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -1,36 **P-Value = 0,181** DF = 40

### Two-Sample T-Test and CI: Tiques; Puces (SERAIDI)

Two-sample T for Tiques vs Puces

	N	Mean	StDev	SE Mean
Tiques	24	1,68	1,92	0,44
Puces	24	8,16	8,27	1,9

Difference = mu (Tiques) - mu (Puces)  
 Estimate for difference: -6,47368  
 95% CI for difference: (-10,54908; -2,39829)  
 T-Test of difference = 0 (vs not =): **T-Value = -3,32 P-Value = 0,004\*\*** DF = 19

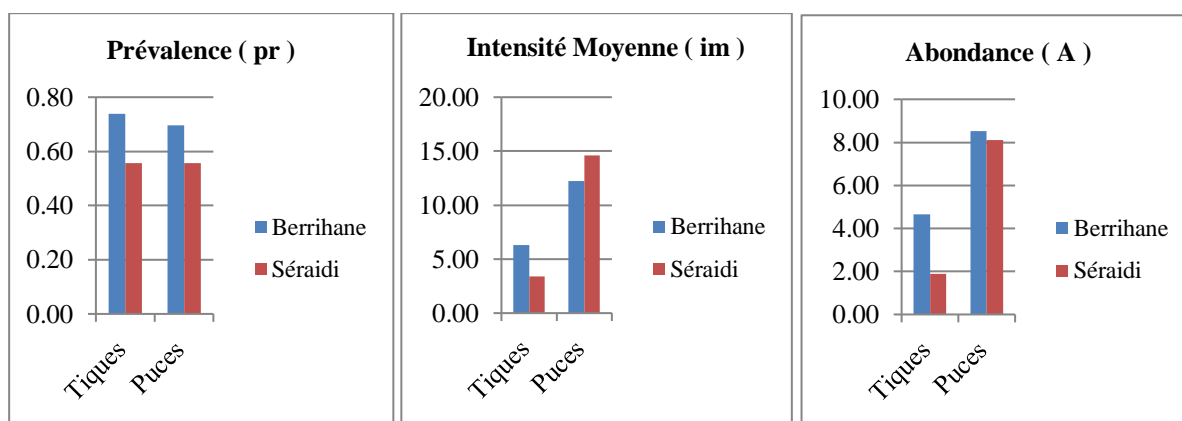


Figure 32 : Les indices parasitaires (tiques et puces) chez *Atelerix algirus* en fonction de la zone de capture

#### 4. Analyse de l'interaction spécifique « TIQUES - *Atelerix algirus* »

##### 4.1. Zones préférentielles de fixation des tiques sur le corps de l'hôte

Les observations réalisées lors du déparasitage, nous ont permis de noter la zone d'implantation de chaque tique sur le corps de l'hôte. Il en ressort globalement que les zones de fixation sont les pattes inférieures (33%), suivi de l'anus (27%), de l'abdomen (13%), des oreilles (13%), et dans une moindre mesure du dos (7%) et des pattes supérieures (7%) (Fig. 33). Nous avons remarqué un tropisme préférentiel des zones de fixation en fonction du sexe de l'hôte. Chez le mâle, les ectoparasites se fixent préférentiellement sur les pattes inférieures, tandis que chez les femelles, les ectoparasites se fixent préférentiellement autour de l'anus (Fig. 34).

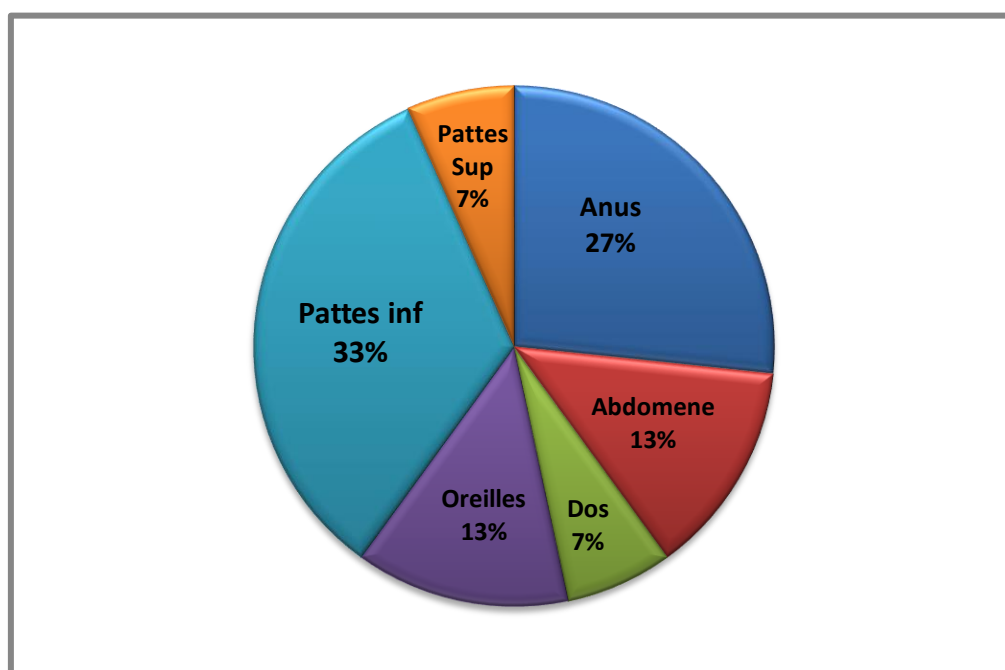


Figure 33 : proportions globales de la distribution des tiques sur le corps du hérisson

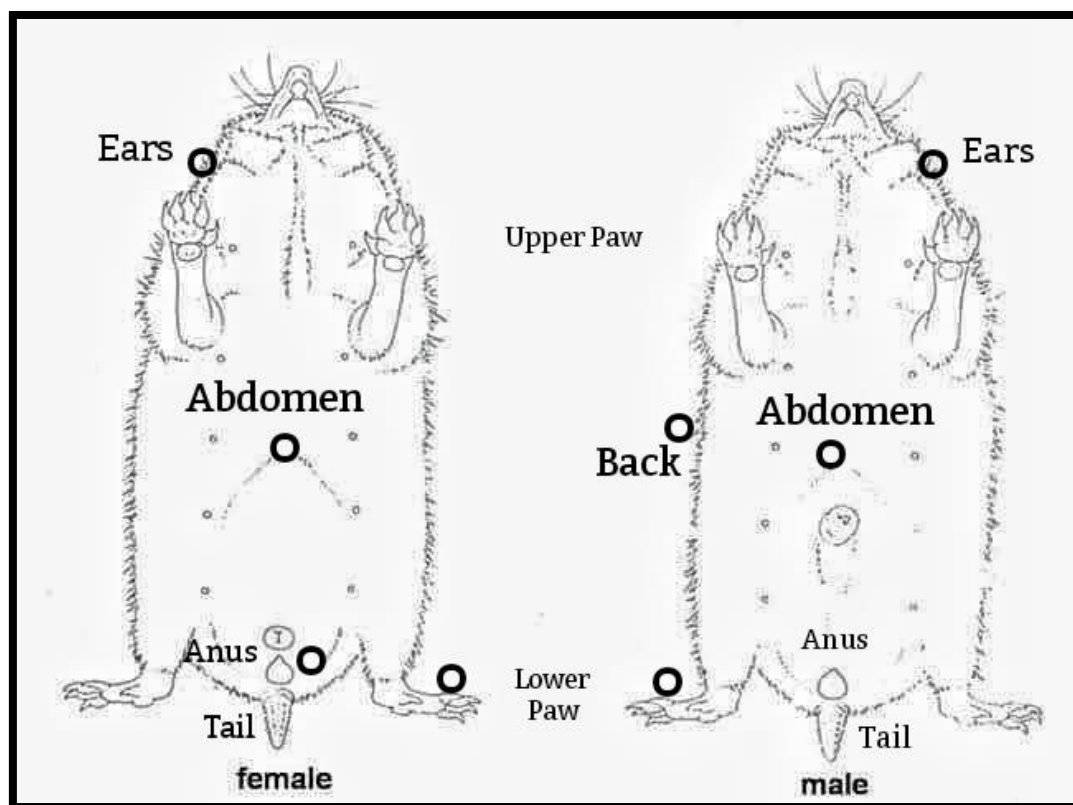


Figure 34 : Répartition des tiques sur le corps du hérisson male et femelle (Reeve, 1994, modifiée par Senaoui et al., 2020)

#### 4.2. Analyse des indices parasitaires chez la population des tiques

Nous avons calculé les indices parasitaires de la population globale de tiques collectée sur *Aterix algirus* : l'abondance, la prévalence et l'intensité moyenne. Ces calculs ont été réalisés puis comparés en fonction de la localité d'échantillonnage, du sexe de l'hôte, et de la saison (humide et sèche). Cependant, Il est à noter que pour des raisons de cohérence statistique, nous avons occulté le seul spécimen trouvé de *Hyalomma marginatum* pour ne pas biaiser l'analyse globale de nos résultats

Globalement, les résultats obtenus sur les deux localités illustrent que *Rhipicephalus turanicus* est l'espèce qui présente les indices parasitaires les plus élevées a la saison sèche (  $P = 0,007^{**}$  ), ainsi que pour la saison humide(  $P = 0,004^{**}$  ) tandis que *Ixodes hexagonus* est l'espèce qui présente les valeurs les plus faibles. (Tab.12 ; Fig. 35) . Nos résultats montrent également des différences en fonction du sexe de l'hôte. En effet, même s'il ya plus de femelles que de mâles infestés par les

tiques, la charge parasitaire est plus marquée chez les mâles avec des valeurs d'intensités parasitaires et d'abondances plus élevés ( $P = 0,003^{**}$ )(Tab.13 ; Fig.36)

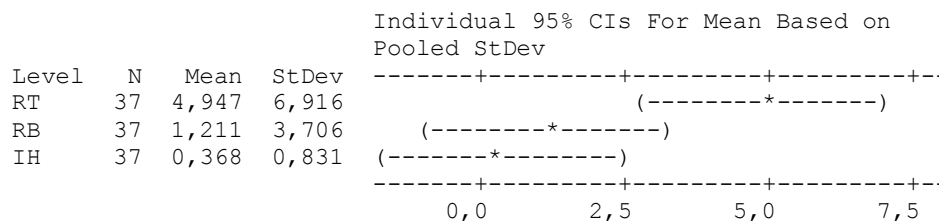
Tableau 12: Les indices parasitaires (tiques) chez *Atelerix algirus* en fonction des saisons

Saison	Abondance parasitaire (A)		Prévalence (Pr)		Intensité moyenne (IM)	
	Saison Sèche	Saison Humide	Saison Sèche	Saison Humide	Saison Sèche	Saison Humide
<b>RT</b>	<b>5</b>	<b>1.5263</b>	<b>0.5384</b>	<b>0.52631</b>	<b>9.2857</b>	<b>2.9</b>
<b>RB</b>	<b>1.1538</b>	<b>0.3157</b>	<b>0.0769</b>	<b>0.1052</b>	<b>15</b>	<b>3</b>
<b>IH</b>	<b>0.30</b>	<b>0.052</b>	<b>0.1538</b>	<b>0.0526</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

**One-way ANOVA: RT; RB; IH (Saison Sèche)**

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	225,7	112,9	5,44	<b>0,007**</b>
Error	54	1120,5	20,8		
Total	56	1346,2			

S = 4,555 R-Sq = 16,77% R-Sq(adj) = 13,68%

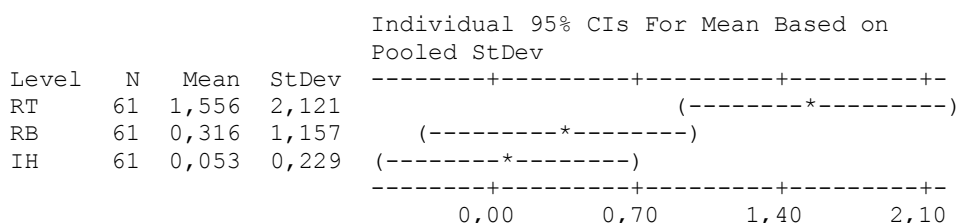


Pooled StDev = 4,555

**One-way ANOVA: RT; RB; IH (Saison Humide)**

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	23,63	11,81	6,17	<b>0,004**</b>
Error	53	101,50	1,92		
Total	55	125,13			

S = 1,384 R-Sq = 18,88% R-Sq(adj) = 15,82%



Pooled StDev = 1,384

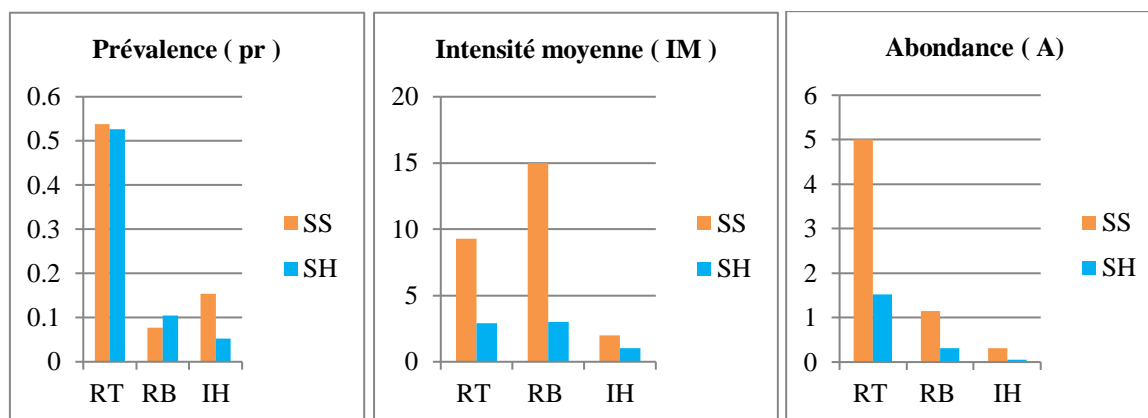


Figure 35 :Les indices parasitaires ( tiques ) chez *Atelerix algirus* en fonction des saisons

Tableau 13:Les indices parasitaires ( tiques ) chez *Atelerix algirus* en fonction du sexe de l'hôte

Sexe	Abondance parasitaire (A)		Prévalence (Pr)		Intensité moyenne (IM)	
	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle
<b>RT</b>	<b>2.25</b>	<b>3.35</b>	<b>0.4166</b>	<b>0.6</b>	<b>5.4</b>	<b>5.5833</b>
<b>RB</b>	<b>1.25</b>	<b>0.3</b>	<b>0.0833</b>	<b>0.1</b>	<b>15</b>	<b>3</b>
<b>IH</b>	<b>0.25</b>	<b>0.3</b>	<b>0.083</b>	<b>0.15</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

**One-way ANOVA: RT; RB; IH (Femelle)**

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	132,7	66,4	6,36	<b>0,003**</b>
Error	57	594,6	10,4		
Total	59	727,2			

S = 3,230 R-Sq = 18,25% R-Sq(adj) = 15,38%

Individual 95% CIs For Mean Based on

Level	N	Mean	StDev	Pooled StDev
RT	56	3,350	5,470	(-----*-----)
RB	56	0,300	1,129	(-----*-----)
IH	56	0,100	0,308	(-----*-----)

0,0      1,6      3,2      4,8

Pooled StDev = 3,230

### One-way ANOVA: RT; RB; IH (Mâle)

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	40,4	20,2	1,85	<b>0,165</b>
Error	60	653,9	10,9		
Total	62	694,3			

S = 3,301      R-Sq = 5,82%      R-Sq(adj) = 2,68%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
RT	42	2,238	4,614	(-----*-----)
RB	42	1,095	3,285	(-----*-----)
IH	42	0,286	0,784	(-----*-----)

0,0      1,5      3,0      4,5

Pooled StDev = 3,301

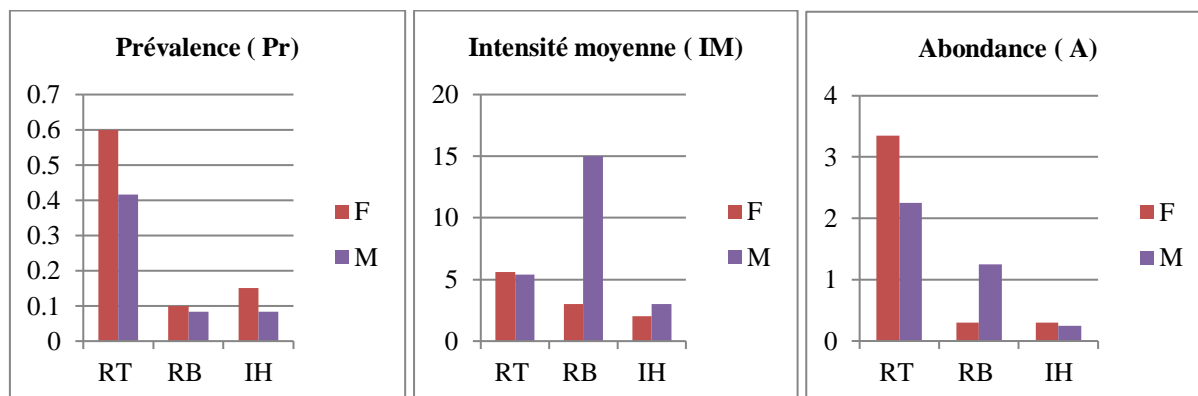


Figure 36 : Les indices parasitaires (tiques) en fonction du sexe de l'hôte

Nous avons calculé et analysé les indices parasitaires de la population de tiques pour chaque localité d'échantillonnage. Il en ressort que *Rhipicephalus turanicus* est la tique la plus abondante dans les deux localités d'échantillonnage (  $P = 0,005^{**}$  ), (  $P = 0,000^{***}$  ) en

revanche, on constate l'absence d'*Ixodes hexagonus* dans la localité de Seraidi (Tab.14 ; Fig. 37). Notons que le seul spécimen collecté de *Hyalomma marginatum*, a été prélevé au niveau de la localité de Berrihane.

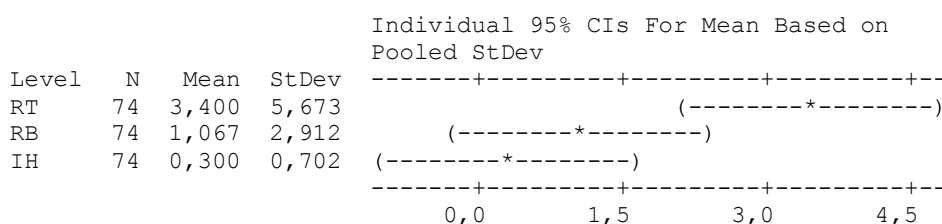
Tableau 14 : Les indices parasitaires (tiques) chez *Atelerix algirus* en fonction de la zone de capture

Zone de capture	Abondance parasitaire (A)		Prévalence (Pr)		Intensité moyenne (IM)	
	Berrihane	Seraidi	Berrihane	Seraidi	Berrihane	Seraidi
<b>RT</b>	<b>3.43</b>	<b>1.67</b>	<b>0.57</b>	<b>0.44</b>	<b>6.08</b>	<b>3.75</b>
<b>RB</b>	<b>0.91</b>	<b>0.11</b>	<b>0.13</b>	<b>0.11</b>	<b>7.00</b>	<b>1.00</b>
<b>IH</b>	<b>0.22</b>	<b>0</b>	<b>0.13</b>	<b>0</b>	<b>1.67</b>	<b>0</b>

#### One-way ANOVA: RT; RB; IH (Berrihane)

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	156,4	78,2	5,70	<b>0,005**</b>
Error	87	1193,4	13,7		
Total	89	1349,8			

S = 3,704    R-Sq = 11,59%    R-Sq(adj) = 9,56%



Pooled StDev = 3,704

#### One-way ANOVA: RT; RB; IH (Seraidi)

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	34,14	17,07	11,13	<b>0,000***</b>
Error	54	82,84	1,53		
Total	56	116,98			

S = 1,239    R-Sq = 29,18%    R-Sq(adj) = 26,56%

Individual 95% CIs For Mean Based on

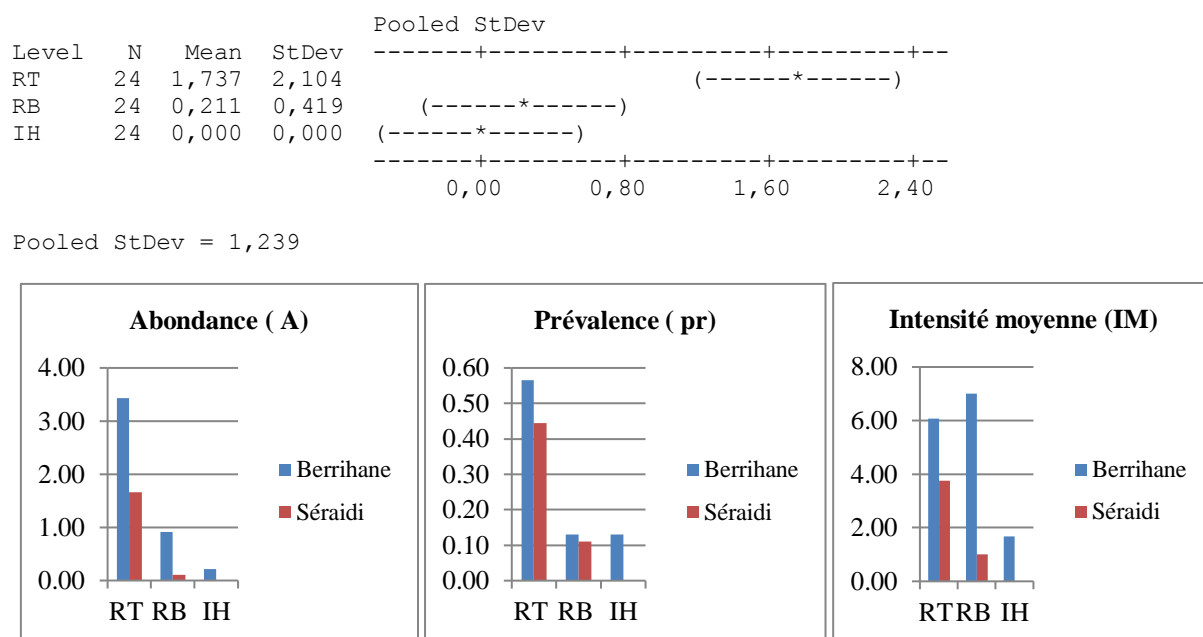


Figure 37 : Les indices parasitaires (tiques) chez *Atelerix algirus* en fonction de la zone de capture

## 5. Analyse de l'interaction « Siphonaptères – *Atelerix algirus* »

Nous avons calculé les indices parasitaires de la population globale de puces collectées sur *Atelerix algirus* : l'abondance, la prévalence et l'intensité moyenne. Ces calculs ont été réalisés puis comparés en fonction de la localité d'échantillonnage, du sexe de l'hôte, et de la saison (humide et sèche). Il est à noter que pour des raisons de cohérence statistique, nous avons occulté le seul spécimen trouvé de *Ctenocephalides canis*, qui est la puce du chien, pour ne pas biaiser l'analyse globale de nos résultats.

Globalement, l'analyse des indices parasitaires des puces montre qu'*Archaeopsylla erinacei* est la puce qui présente les valeurs les plus importantes en termes de prévalence, d'intensité moyenne et d'abondance, toutes localités confondues. En revanche, on constate que les valeurs de *Ctenocephalides felis*, sont les plus importantes en saison humide en termes d'abondance et d'intensité moyenne ( $T = -0,31$   $P = 0,755$ ) (Tab. 15 ; Fig. 38).

Tableau 15 : Les indices parasitaires (puces) chez *atelerix algirus* en fonction des saisons

Saison	Abondance Parasitaire ( A )		Prévalence ( Pr )		Intensité Moyenne ( IM)	
	Saison sèche	Saison Humide	Saison sèche	Saison Humide	Saison Sèche	Saison Humide
<i>A.erinacei</i>	9.84	2.63	0.69	0.052	14.22	5.55
<i>C.felis</i>	0.00	3.42	0.00	0.26	0.00	13

### Two-Sample T-Test and CI: AE; CF (Saison Humide)

Two-sample T for AE vs CF

N	Mean	StDev	SE Mean	
AE	61	2,63	6,07	1,4
CF	61	3,42	9,11	2,1

Difference = mu (AE) - mu (CF)

Estimate for difference: -0,789474

95% CI for difference: (-5,909149; 4,330202)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0,31 P-Value = 0,755 DF = 31

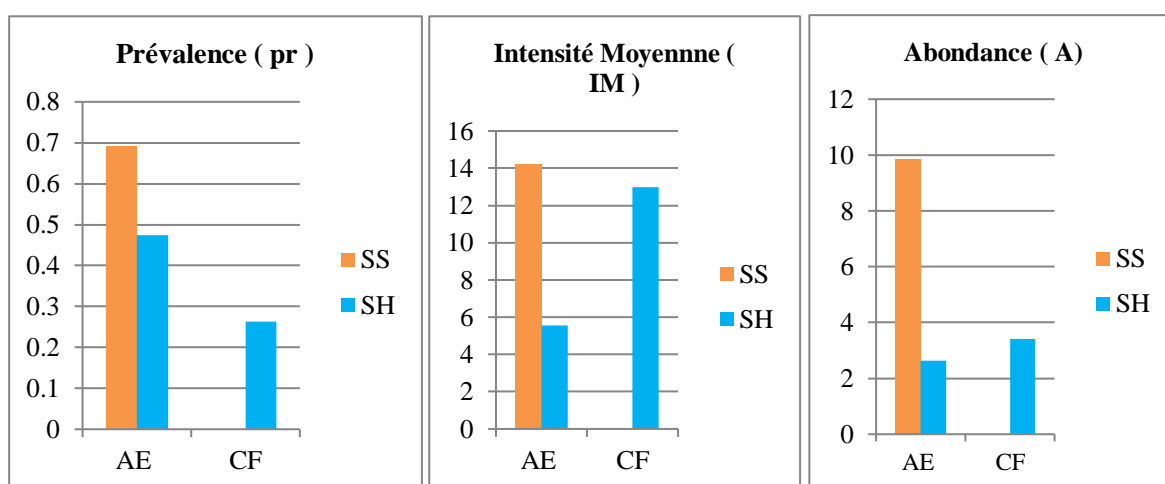


Figure 38 : Les indices parasitaires (puces) chez *atelerix algirus* en fonction des saisons

L'analyse des indices parasitaires des puces en fonction du sexe de l'hôte, montre que les femelles (  $T = 1,23 P = 0,227$  ) sont plus parasitées que les mâles (  $T = 2,19 P = 0,038^*$  ). On

constate également qu'en terme d'intensité moyenne, c'est *Ctenocephalides felis* qui présentent les valeurs les plus marquées (Tab. 16 ; Fig. 39).

Tableau 16 : les indices parasitaires (puces) chez *Atelerix algirus* en fonction du sexe de l'hôte

Sexe	Abondance Parasitaire ( A )		Prévalence ( Pr )		Intensité Moyenne ( IM)	
	Male	Femelle	Male	Femelle	Male	Femelle
<i>A.erinacei</i>	5.08	5.85	0.41	0.65	12.2	9
<i>C.felis</i>	1.41	2.4	0.16	0.15	8.5	16

#### Two-Sample T-Test and CI: AE; CF (Femelle)

Two-sample T for AE vs CF

N	Mean	StDev	SE Mean	
AE	56	5,85	9,02	2,0
CF	56	2,40	8,74	2,0

Difference = mu (AE) - mu (CF)

Estimate for difference: 3,45000

95% CI for difference: (-2,23870; 9,13870)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1,23 **P-Value = 0,227** DF = 37

#### Two-Sample T-Test and CI: AE; CF (Mâle)

Two-sample T for AE vs CF

N	Mean	StDev	SE Mean	
AE	21	5,19	7,23	1,6
CF	21	1,48	2,84	0,62

Difference = mu (AE) - mu (CF)

Estimate for difference: 3,71429

95% CI for difference: (0,23044; 7,19813)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 2,19 **P-Value = 0,038\*** DF = 26

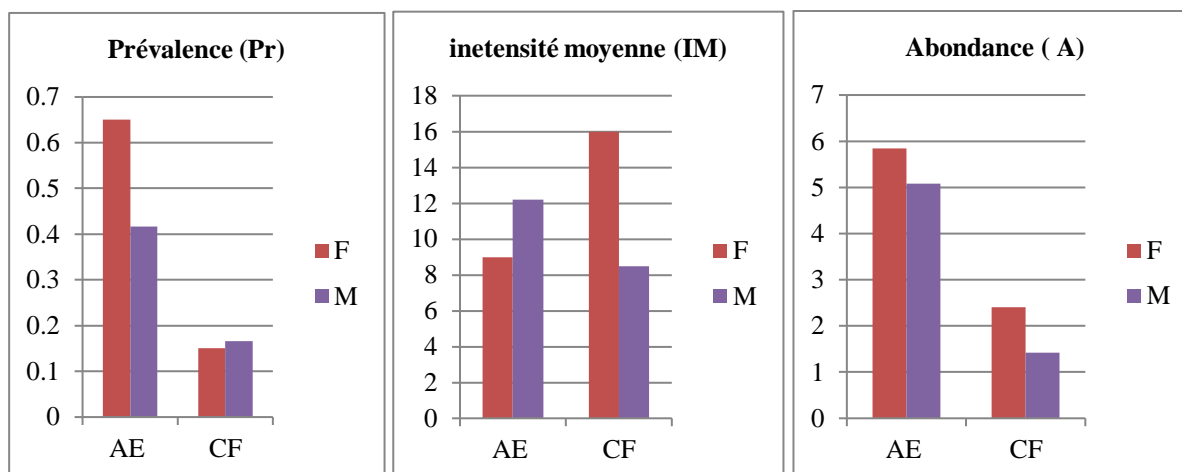


Figure 39 : les indices parasitaires ( puces ) chez *Atelerix algirus* en fonction du sexe de l'hôte

Nous avons analysé les indices parasitaires de la population de siphonaptères en fonction de la localité de capture. Les résultats obtenus montrent globalement que la puce du hérisson *Archaeopsylla erinacei*, est prévalente dans les deux localités d'échantillonnage. En revanche, on note l'absence de *Ctenocephalides felis* dans la localité de Seraidi(  $T = 1,04$   $P = 0,300$  ) ( **Tab 17 ; Fig 40** ). Notons que le seul spécimen collecté de *Ctenocephalides canis*, a été prélevé au niveau de la localité de Berrihane.

Tableau 17 : les indices parasitaires ( puces ) chez *Atelerix algirus* en fonction de la zone de capture

Localité	Abondance Parasitaire ( A )		Prévalence ( Pr )		Intensité Moyenne ( IM )	
	Berrihane	Seraidi	Berrihane	Seraidi	Berrihane	Seraidi
<i>A.erinacei</i>	4.61	8.00	0.57	0.56	8.15	14.40
<i>C.felis</i>	2.83	0.00	0.22	0.0	13	0.00

### Two-Sample T-Test and CI: AE; CF (Berrihane)

Two-sample T for AE vs CF

N	Mean	StDev	SE Mean	
AE	74	4,73	7,65	1,4
CF	74	2,70	7,42	1,4

Difference = mu (AE) - mu (CF)

Estimate for difference: 2,03333

95% CI for difference: (-1,86320; 5,92986)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1,04 **P-Value = 0,300** DF = 57

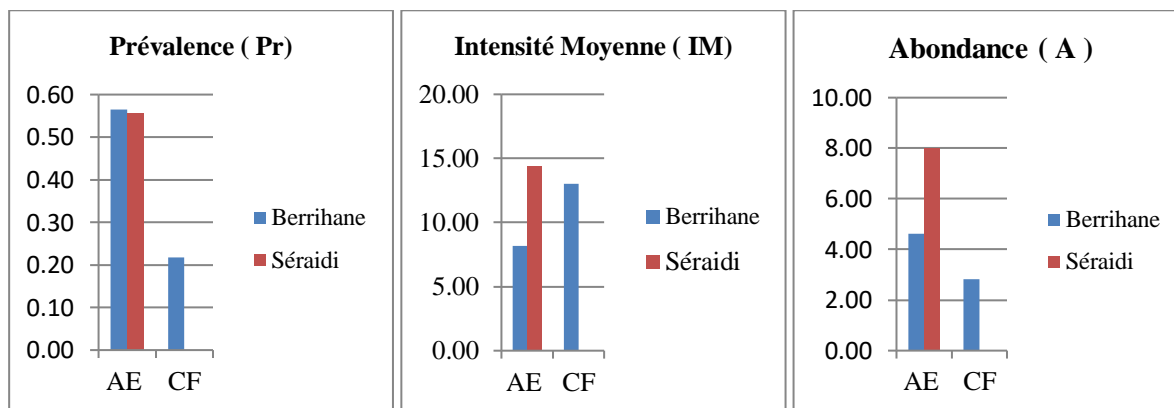


Figure 40 : les indices parasitaires (puces) chez *Atelerix algirus* en fonction de la zone de capture



## *Discussion Générale*



## DISCUSSION GENERALE

### 1. *Atelerix algirus* : espèce phare en écologie urbaine

Les résultats obtenus à l'issue de toutes nos campagnes d'échantillonnage ont d'abord mis en exergue une tendance générale du hérisson d'Algérie à s'urbaniser. Cette tendance s'est confirmée tout au long de notre travail qu'il s'agisse des résultats relatifs aux captures, plus importantes dans la localité de Berrihane, mais également par les ectoparasites trouvés chez l'espèce et leurs dynamiques associées. Pour apporter une explication à ces constatations, nous nous sommes d'abord basés sur l'enquête socio-économique de **Bouazouni** réalisée en **2004** dans le Parc National d'El Kala, pour vérifier la particularité du site de Berrihane. Il en ressort que c'est celle qui est la plus riche en habitats diversifiés. Berrihane est une zone mixte aussi bien forestière qu'agricole (12007 ha / 72% et 4765 ha / 28% respectivement), constituée à la fois de zones urbaines (37%) et semi urbaines (51%) en plus de la présence 12% de zones rurales. De plus, cette localité connaît depuis 2004 une expansion urbaine rapide, associée à la fragmentation intense des écosystèmes naturels, et ce en raison de la croissance démographique et des développements infrastructurels qui en découlent. Même si cette localité s'urbanise à un rythme effréné, il n'en demeure pas moins qu'elle reste l'habitat préférentiel d'*Atelerix algirus*, ce qui conforte les résultats de **Boukheroufa (2017)**. Ainsi, L'urbanisation a induit la nécessité pour *Atelerix algirus* comme pour la plupart des espèces animales, à s'adapter à de nouvelles conditions de vie. Cette adaptation part du postulat que ce sont les espèces douées d'une plasticité écologique importante, qui sont les plus aptes à réussir la colonisation de nouveaux environnements. Une connaissance approfondie de l'écologie, du comportement et de la physiologie de ces espèces est donc essentielle pour comprendre leurs besoins environnementaux et leurs stratégies de cycle de vie (**Kays et al., 2015; LaPoint et al., 2015**).

La tendance à l'urbanisation est confortée par la bibliographie à travers toute l'aire de répartition de l'espèce, où il est décrit que le hérisson est aussi bien présent en ville qu'en campagne, se satisfait de l'expansion du milieu périurbain car celui-ci lui offre de nouvelles opportunités alimentaires grâce à la présence de ressources d'origine anthropique (plantes

cultivées, ordures ménagères), tout en lui permettant d'éviter les prédateurs (**Whitcomb et al., 1981 ; Adams, 1994**). Ceci confère à *Atelerix algirus* le statut d'« *Urban Adapter* » (**Blair, 2001**). D'une façon globale, les changements environnementaux agissent et interagissent les uns avec les autres à diverses échelles spatiales et temporelles, ce qui peut avoir une incidence sur la faune et forcer les ajustements et l'adaptation (**McDonnell et Hahs, 2015; Grimm et al., 2008; Barthel, 2019**). C'est pour cela que l'étude des populations anthropisées, voire urbaines semble particulièrement intéressante car, de par ses spécificités, le milieu urbain impose des contraintes parfois très différentes du milieu d'origine (**Marzluff et al., 2001**).

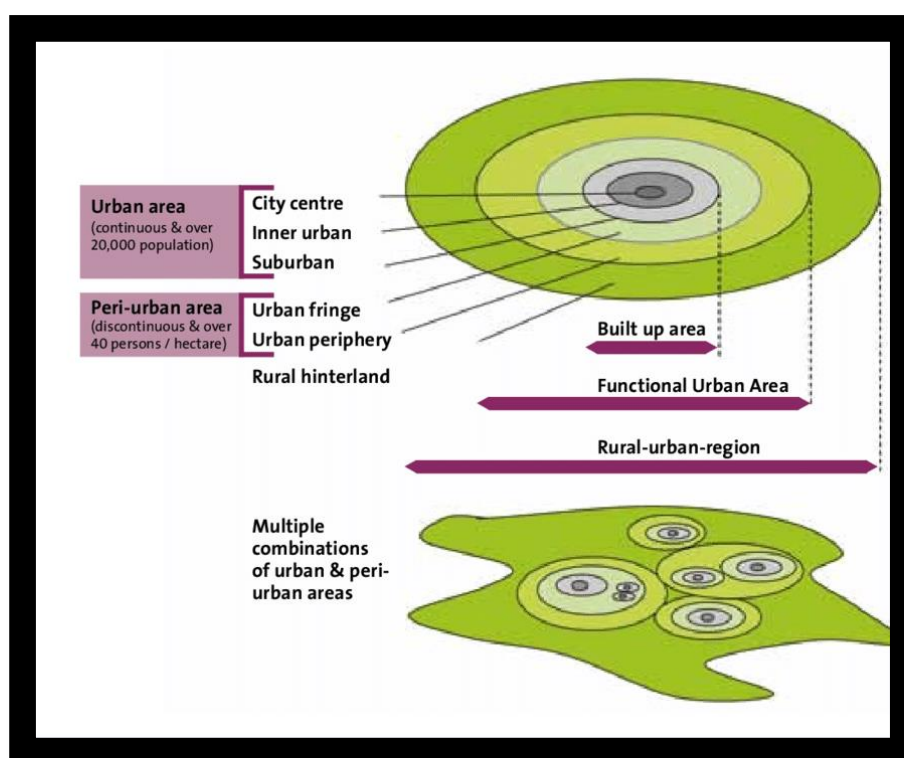


Figure 41 : Les zones périurbaines et le concept de région rurale-urbaine (Piorr et al., 2011)

De nombreux auteurs ont mis en évidence un certain nombre de facteurs expliquant l'exploitation préférentielle des matrices urbaines par les hérissons (**Moorhouse et al., 2017; van de Poel et al., 2015**). Cette préférence pourrait être attribuable à des densités alimentaires plus élevées associées à l'occupation humaine, y compris des proies naturelles et des sources anthropiques, à des sites de nidification plus convenables et à une diminution du risque de

prédation par les blaireaux (Pettett *et al.*, 2017). Des études antérieures sur les hérissons urbains indiquent que les conditions climatiques et les ressources alimentaires anthropiques peuvent être des prédateurs importants de la présence accrue de hérissons dans les zones urbaines par rapport aux zones rurales (Hubert *et al.*, 2011). Harris *et al.* (2010) ont constaté que les hérissons résidant dans les zones urbaines se sont fortement adaptés aux conditions nouvelles de leur environnement urbain, en devenant plus actifs après minuit et en évitant de s'alimenter près des routes, ce qui est susceptible de réduire les dangers et les perturbations causées par le trafic routier et le risque de prédation par les chiens (Morris et Reeve, 2008; Reeve et Huijser, 1999; Stocker, 2005). Les hérissons quittent donc le milieu rural petit à petit vers les milieux anthropisés et de ce fait, profitent des sources de nourriture liées à l'homme et à son activité (plantes cultivées, ordures ménagères...) (Berthévas, 2014 ; Whitcomb *et al.*, 1981 ; Adams, 1994), en faisant preuve d'une grande flexibilité comportementale, ce qui peut être une réponse adaptative de la population pour être plus résistante et résiliente face aux perturbations anthropiques. Tous ces éléments font qu'*Atelerix* est considéré comme une espèce micromammifère phare en écologie urbaine, une discipline qui a fait d'importants progrès dans la reconnaissance des modèles, de la dynamique et des impacts écologiques de l'urbanisation (Yang, 2020). L'écologie urbaine s'efforce actuellement d'analyser les relations entre les populations végétales et animales et leurs communautés ainsi que leurs relations avec les facteurs environnementaux, y compris les influences humaines (Magle *et al.*, 2012; McDonald, 2016). A terme c'est à se demander si l'espèce n'est pas en train de changer de statut ?

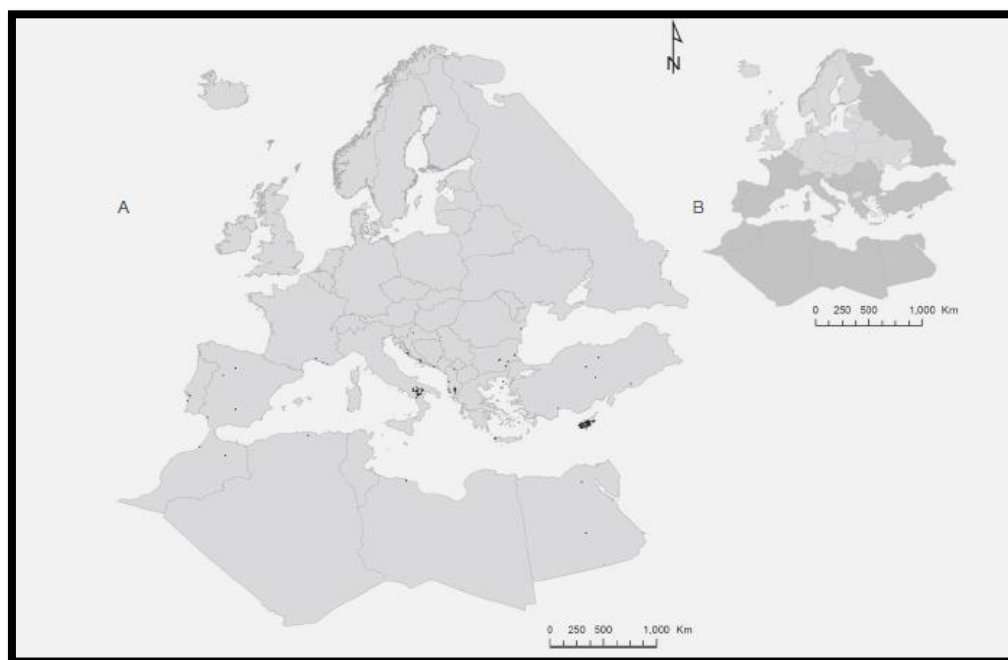
## *2. Atelerix algirus : excellent échantillonneur de biodiversité ectoparasitaire*

Il est communément admis que les micromammifères hôtes-définitifs, ou même intermédiaires, infestés ou infectés par des parasites "**apportent beaucoup plus d'informations sur les associations écologiques contemporaines que si les hôtes étaient considérés sans égard à la faune parasitaire**" (Gardner et Campbell, 1992). Les résultats

obtenus nous ont permis de caractériser chez le hérisson d'Algérie de nombreuses espèces ectoparasites, en l'occurrence 04 espèces de tiques et 03 espèces de puces.

L'utilisation des clés dichotomiques de **Walker *et al.*, (2003)**, nous a permis de caractériser quatre espèces de tiques, il s'agit de : ***Rhipicephalus turanicus*** ,***Rhipicephalus bursa*** , ***Ixodes hexagonus*** , et un seul spécimen de ***Hyalomma marginatum*** .

*Rhipicephalus turanicus* est une tique à trois hôtes qui vit dans le désert, les plaines semi-désertiques, la steppe et les forêts ouvertes (**Filippova 1997**). Cette espèce suscite un grand débat au sein de la communauté scientifique de part sa grande variabilité sur les plans morphologique, biologique et moléculaire (**Guglielmone *et al.*, 2014**). Cette espèce se nourrit de Mammifères (Insectivores le hérisson le cas échéant, Rongeurs, lagomorphes, canidés, félidés et mustélidés), d'oiseaux et de lézards (**Dantas-Torres *et al.* 2011, 2013a**). Une infestation humaine a été signalée (**Filippova, 1997**). *Rhipicephalus turanicus* est une espèce dont la répartition géographique précise est encore mal définie, de part les grandes variabilités constatées et des nombreux enregistrements de répartition actuellement spéculatifs (**Filippova1997; Dantas-Torres *et al.*, 2013 ; Guglielmone *et al.*,2014**) ( **Fig.42**)



**Figure 42 : Distribution de *Rhipicephalus turanicus* en Europe et en Afrique du Nord .B Les pays où l'espèce a été signalée sont indiqués en gris foncé ( Estrada-pena *et al.* , 2017)**

*Rhipicephalus bursa* est une tique à deux hôtes avec un cycle de vie d'un an. Tous les stades de développement se nourrissent de Mammifères domestiques tels que les moutons, les chèvres, les bovins, les chevaux, les ânes et rarement les ongulés sauvages. Parfois, on la trouve sur les chiens et les lièvres (Pomerantzev 1950 ; Balashov 1998). Des infestations humaines ont également été signalées (Bursali et al., 2012 ; Kar et al., 2013). *Rhipicephalus bursa* est principalement répartie dans les zones à hiver humide et à long été sec. On peut la trouver à des altitudes allant jusqu'à 1950 m (Filippova 1997 ; Göksu 1969 ; Yeruham et al., 1998). La distribution de *Rhipicephalus bursa* couvre toute la région méditerranéenne (Europe du Sud, Afrique du Nord et Moyen-Orient), l'Ukraine, le sud de la Russie, la Géorgie, l'Azerbaïdjan, l'Iran, le Kazakhstan, le Turkménistan et l'Ouzbékistan (Pomerantzev 1950 ; Yeruham et al., 1996 ; Filippova, 1997). ( Fig.43)

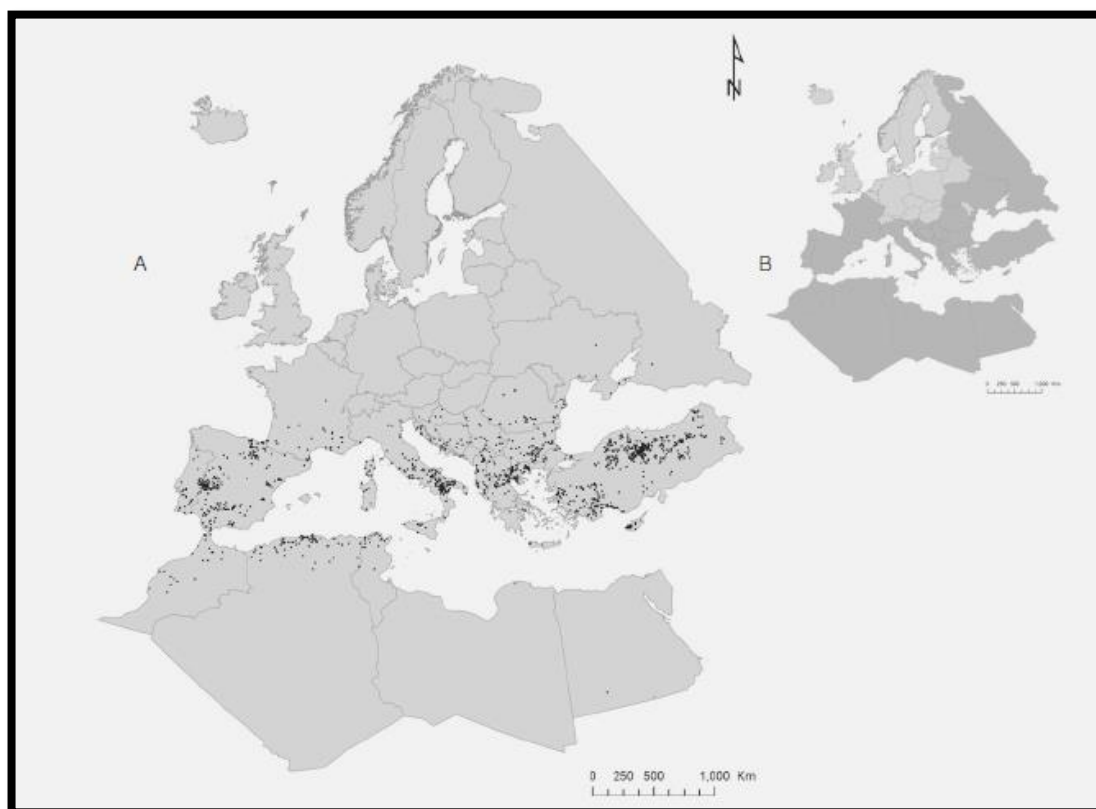


Figure 43 :A . Distribution de *Rhipicephalus bursa* en Europe et en Afrique du Nord. B. Les pays où l'espèce a été signalée sont indiqués en gris foncé (Estrada-pena et al., 2017)

*Hyalomma marginatum* est une tique à deux hôtes avec une génération par an dans la nature (Hoogstraal, 1979). Les adultes se nourrissent d'une grande variété de mammifères, principalement des ongulés sauvages et domestiques, en particulier des bovins (Pomerantzev 1950 ; Berezin, 1971 ; Hoogstraal, 1979 ; Apanaskevich, 2004). Les larves et les nymphes sont beaucoup plus spécifiques aux petits mammifères (les insectivores le cas échéant) et aux oiseaux forestiers de divers groupes taxonomiques (Pomerantzev 1950 ; Apanaskevich 2004 ; Apanaskevich et Horak 2008 ; Kotti *et al.*, 2001). Cette tique est souvent signalée dans les cas de pique chez les humains (Karaer *et al.*, 2011 ; Santos-Silva *et al.*, 2011 ; Keskin *et al.*, 2015).

La distribution de *Hyalomma marginatum* comprend l'Europe du Sud, l'Afrique du Nord et certaines parties de l'Asie. Cette tique a été signalée en Albanie, Algérie, Arménie, Azerbaïdjan, Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Croatie, Chypre, Egypte, Irlande, Géorgie, Grèce, Iran, Irak, Israël, Irlande, Kosovo, Libye, République de Macédoine, Moldavie, Monténégro, Maroc, Irlande, Roumanie, Russie, Serbie, Irlande, Syrie, Tunisie, Turquie, Turkménistan et Ukraine (Pomerantzev, 1950 ; Apanaskevich et Horak, 2008). ( Fig.44)

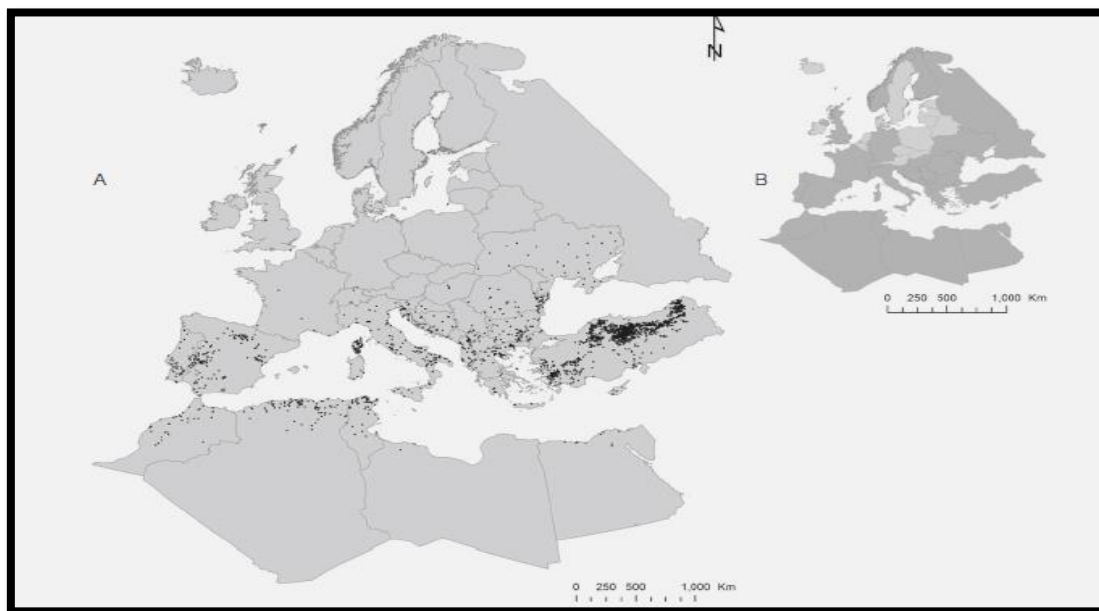


Figure 44 : A. Distribution de *Hyalomma marginatum* en Europe et en Afrique du Nord .B Les pays où l'espèce a été signalée sont indiqués en gris foncé ( Estrada-pena *et al.*, 2017 ).

*Hyalomma marginatum* s'adapte parfaitement à plusieurs régions biogéographiques supportant une grande adaptabilité aux conditions abiotiques (par exemple température et humidité), des climats méditerranéens humides aux environnements arides des régions

steppiques (Estrada-Peña et Venzal, 2007). Tous les stades sont plus actifs en saison sèche et sont rarement observés en hiver. Les larves sont principalement actives en juin et juillet et les nymphes apparaissent pour la première fois en juillet (Tokhov, 2009). Quant aux adultes, ils apparaissent en mars, atteignent leur pic d'activité en mai et diminuent progressivement jusqu'en août, bien que certains individus puissent être observés jusqu'en octobre ou même en novembre (Estrada-Peña et Venzal, 2007 ; Tokhov, 2009 ; Estrada-Peña et al., 2011). *Hyalomma marginatum* est une tique non nidicole. Son comportement de recherche d'hôte repose sur l'utilisation d'une stratégie de chasse locomotrice active (Estrada-Peña et Venzal, 2007 ; Tokhov, 2009 ; Estrada-Peña et al., 2011).

*Ixodes hexagonus* est une espèce endophile typique à trois hôtes avec un cycle de vie naturel de 1-2 ans (Arthur, 1953). C'est un parasite des hérissons (*Erinaceus spp.*), les autres hôtes étant principalement carnivores mammifères des familles Canidae, Mustelidae et Felidae. Cette tique a été signalée chez l'homme à plusieurs reprises (Arthur, 1953 ; Estrada-Peña et Jongejan, 1999). *Ixodes hexagonus* a été signalé dans la plupart des pays européens, étant commun partout où les hérissons et les renards roux (*Vulpes vulpes*) se produisent. Les limites de sa distribution sont plus ou moins définies par les frontières du continent européen, (Kolonin, 2009)(Fig.45 )

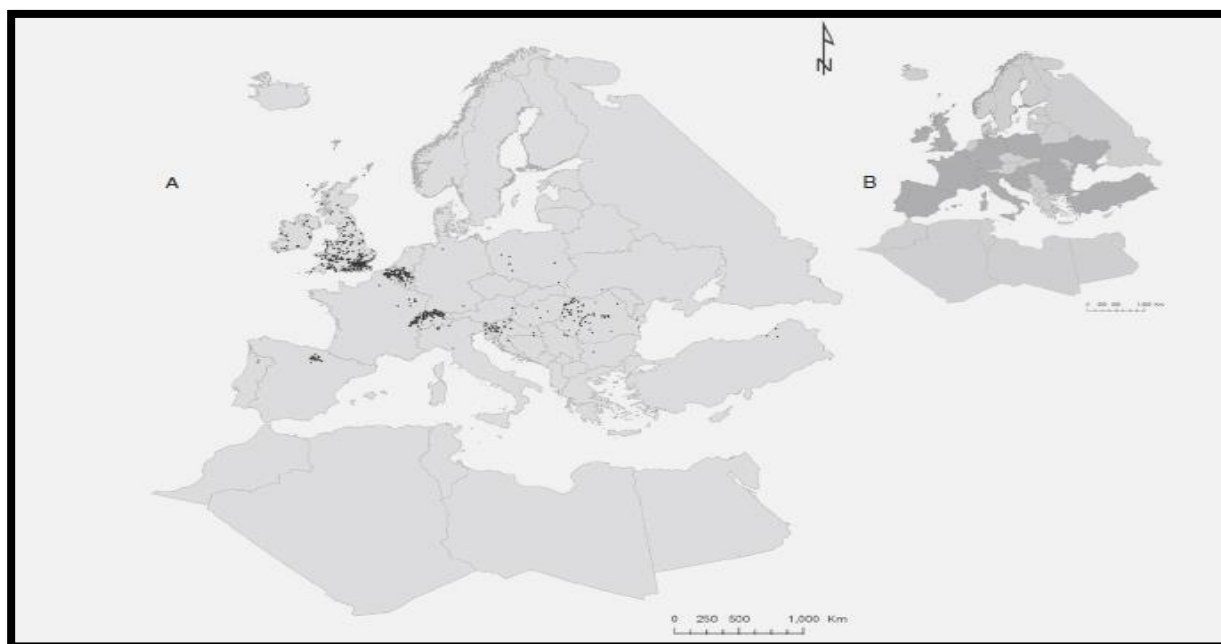


Figure 45: A .Distribution d'*Ixodeshexagonus* en Europe et en Afrique du Nord.B Les pays où l'espèce a été signalée sont indiqués en gris foncé ( Estrada-pena et al. , 2017 )

*Ixodes hexagonus* est une tique nidicole, qui est présente sur là où se trouvent ses hôtes de prédilection (Harris et Thompson, 1978). Elle a été trouvée à différentes altitudes, allant de 0 à 2100 m, et ne montre pas d'effet saisonnalité particulier, cependant, les femelles sont plus fréquemment trouvées pendant l'été (Pfaafle et al., 2011). Cette espèce est vouée d'une grande adaptabilité au sein de son habitat de nidification, la plupart des individus se détachant des hôtes le soir et tôt le matin, augmentant ainsi les chances de relocalisation de l'hôte (Matuschka et al., 1990).

L'utilisation des clés dichotomiques de Beaucournu et Launey (1990), complétées par Franck (1994), nous ont permis de caractériser trois espèces de Siphonaptères, il s'agit de : *Archaeopsylla erinacei*, *Ctenocephalides felis* et *Ctenocephalides canis*.

*Archaeopsylla erinacei* est l'espèce dont le hérisson est le principal hôte. Elle parasite plusieurs espèces en Europe, au proche Orient et en Afrique du Nord : le Hérisson d'Europe (*E. europaeus*) (Hajipour et al., 2015 ; Berthevas, 2014), le Hérisson de Roumanie (*E. roumanicus*) (Dziemianet et al., 2015), le Hérisson d'Europe Orientale (*E. concolor*) (Goz et al., 2015), le Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) (Khaldi et al., 2012 ; Madoui et al., 2014 ; Sakraoui et al., 2014, Sennaoui et al., 2020) et le Hérisson du Désert (*Paraechinus ethiopicus*) (Khaldi et al., 2012). On la retrouve également régulièrement chez les carnivores domestiques – chiens et chats (Visser et al., 2001 ; Deloffre, 2001 ; Bond et al., 2007 ; Gilles et al., 2008 (b)) – ou sauvages comme le Renard Roux (*Vulpes vulpes*), la Fouine (*Martes foina*) ou la Martre des Pins (*Martes martes*) (Beaucournu, 1973 ; Vichováet al., 2018). Cette espèce de puce peut également parasiter occasionnellement l'être humain (Pomykal, 1985 ; Bork et al., 1987). *Archaeopsylla erinacei* est une puce plutôt nidicole et holométabole : les adultes se nourrissent et se reproduisent sur l'hôte mais la femelle pond dans le nid où l'on retrouve ensuite les larves et les nymphes (Bitam et al., 2010).

La puce du chien, *Ctenocephalides canis*, est un ectoparasite important des canidés sauvages et domestiques du monde entier (Durden et al., 2005). Il ressemble en apparence à l'omniprésente puce de chat, *Ctenocephalides felis* (Boden, 2005), mais est rencontré moins fréquemment. La puce du chien a été signalée chez de nombreux mammifères hôtes, notamment des chiens, des chats, des lapins, des rats, des renards gris, des renards roux, les marmottes et même les humains (Fox, 1940). Cette espèce préfère les animaux vivant à l'extérieur et à des altitudes supérieures à 400 m (Franc et al., 1998 ; Choquart, 1999)

confirmant ainsi les observations de **Beaucournu et Launay(1990)**, qui la placent dans la catégorie des espèces à « écologie assez stricte ». On pense que les membres du genre *Ctenocephalides* sont originaires d'Afrique, mais ont été introduits dans des pays du monde entier. *Ctenocephalides canis* est la puce prédominante chez les chiens en Irlande (**Wall et al.,1997**), en Grèce (**Koutinas et al., 1995**), en Albanie (**Xhaxhui et al., 2009**), en Hongrie (**Farkas et al., 2009**), en Corée (**Chee et al. 2008**), en Argentine (**González et al., 2004**), et les zones rurales du Chili (**Alcaíno et al., 2002**).

*Ctenocephalides felis* est reconnue pour son pouvoir de parasiter plus d'une cinquantaine d'hôtes (puce euryxène), elle est pour cela considérée par certains auteurs comme la puce la moins spécifique (**Harman et al.,1987 ; Kwochka, 1987 ; Schemidt, 1988 ; Beaucournu et Menier,1998**). Ses origines sont en Afrique du nord et au Proche-Orient, alors qu'elle estactuellement présente sur une grande partie du globe. Le cycle de vie de la puce du chat est celui d'une métamorphose complète, impliquant les stades d'un œuf, d'une larve, d'une nymphe et d'un adulte. Ce cycle dure habituellement de 30 à 75 jours, mais peut varier en raison de facteurs externes, tels que la température et l'humidité.

Nous avons dressé un tableau comparatif de la typologie des ectoparasites chez *Atelerix algirus* à travers toute son aire de répartition (**Tab.18**). Il en ressort globalement que ce sont nos résultats qui affichent la diversité ectoparasitaire la plus marquante, qui dans l'absolu, prouve que le hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* en est un excellent échantillonneur, et qu'il a bel et bien tendance à s'urbaniser et à entrer en contact avec d'autres espèces , domestiques ou sauvages , dont la promiscuité favorise la transmission des ectoparasites qui ne sont pas ou peu celles du hérisson , Le statut d'urban adapter est incontestablement un élément clé permettant aux ectoparasites d'y trouver un hôte bien idéal.

**Tableau 18 : Analyse comparative de la typologie des ectoparasites chez *Atelerix algirus* à travers toute son aire de répartition**

Typologie des ectoparasites	Localité	Auteurs
<b>Tiques</b> :04 espèces <i>Rhipicephalus turanicus</i> , <i>Rhipicephalus bursa</i> , <i>Rhipicephalus sanguineus</i> et <i>Hemaphysalis erinacei</i> <b>Puces</b> :une seule espèce <i>Archaeopsylla erinacei</i>	Espagne	Gago et Monros, (2019)
<b>Tiques</b> : une seule espèce <i>Rhipicephalus turanicus</i> <b>Puces</b> : 02 espèces <i>Xenopsylla cheopis</i> et <i>Ctenocephalides canis</i>	Lybie	Hosni et el Maghrbi , ( 2014 )

<p><b>Tiques</b> :2 espèces <i>Rhipicephalus sanguineus</i> et <i>Hemaphysalis erinacei</i>  <b>Puces</b> :une seule espèce <i>Archaeopsylla erinacei</i></p>	<p>M'sila Centre Algérien</p>	<p>Khaldi <i>et al.</i> , (2012)</p>
<p><b>Puces</b> : 03 espèces <i>Archaeopsylla erinacei</i>, <i>Ctenocephalides felis</i> et <i>Xenopsylla cheopis</i></p>	<p>Massif montagneux de l'Edough</p>	<p>Madoui <i>et al.</i>, (2014 )</p>
<p><b>Tiques</b> :04 espèces <i>Rhipicephalus bursa</i>, <i>Rhipicephalus turanicus</i>, <i>Ixodes ricinus</i> et <i>Ixodes hexagonus</i>  <b>Puces</b> :une seule espèce <i>Archaeopsylla erinacei</i></p>	<p>Parc national d'El Kala Nord-est Algérien</p>	<p>Boukheroufa, (2017 )</p>
<p><b>Tiques</b> :02 espèces <i>Rhipicephalus sanguineus</i> Et <i>Rhipicephalus bursa</i></p>	<p>Nord-est Algérien</p>	<p>Boucheikhchoukh <i>et al.</i>, (2018)</p>
<p><b>Tiques</b> : 04 espèces <i>Rhipicephalus turanicus</i> <i>Rhipicephalus bursa</i>, <i>Ixodes hexagonus</i> et <i>Hyalomma marginatum</i> .  <b>Puces</b> : 03 espèces <i>Archaeopsylla erinacei</i>, <i>Ctenocephalides felis</i> et <i>Ctenocephalides canis</i></p>	<p>Nord-est Algérien</p>	<p>Présent Travail</p>

### 3. Facteurs abiotiques et biotiques vs infestation parasitaire chez *Atelerix algirus*

Afin de comprendre certains aspects liés à la dynamique parasitaire, nous avons réalisé une analyse en composantes principales (ACP), en corrélant quelques variables qui nous ont paru pertinentes à savoir : la saison, les localités d'étude, le sexe de l'hôte, le poids, et l'abondance de chaque espèce ectoparasite (**Fig.46**).

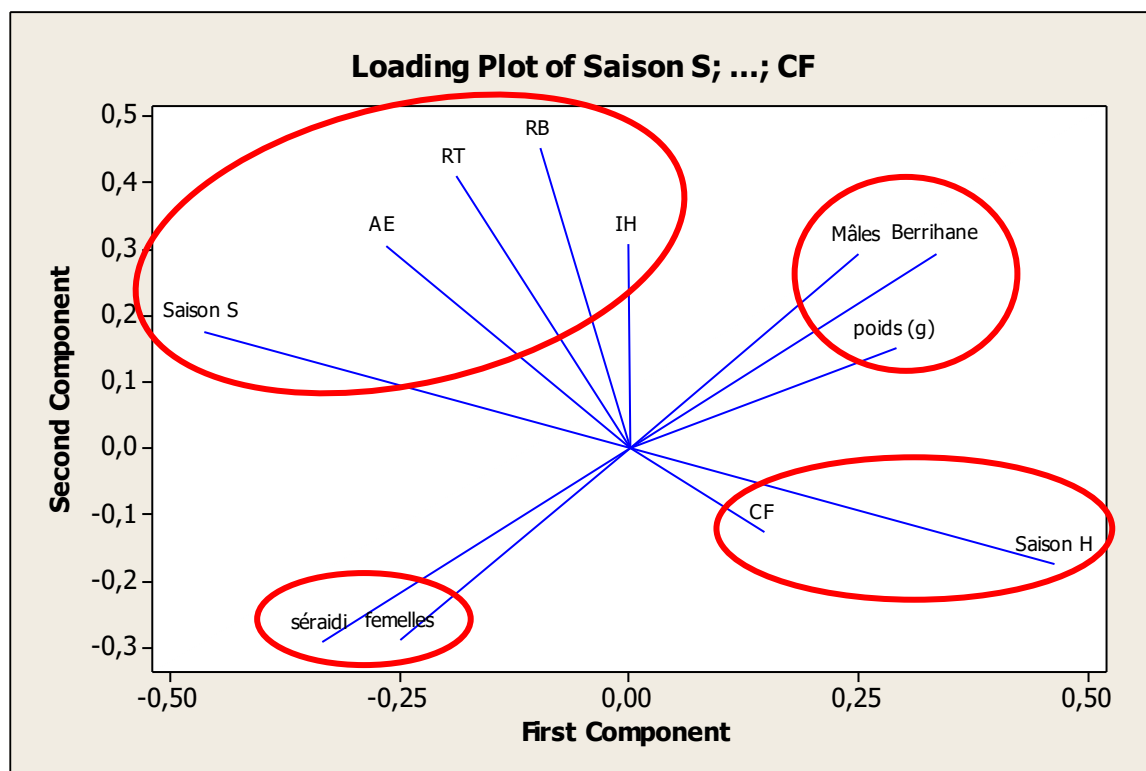


Figure 46 : Analyse en composantes principales des différentes variables mesurées pour l'analyse globale des dynamiques parasitaires.

### Principal Component Analysis: Saison S; Saison H; Berrihane; séraidi; Mâles; femelles

Eigenanalysis of the Correlation Matrix

Eigenvalue	3,3961	2,2000	2,0104	1,4451	0,8995	0,7736	0,5443	0,4241
Proportion	0,283	0,183	0,168	0,120	0,075	0,064	0,045	0,035
Cumulative	0,283	0,466	0,634	0,754	0,829	0,894	0,939	0,974

Eigenvalue	0,3068	0,0000	0,0000	0,0000
Proportion	0,026	0,000	0,000	0,000
Cumulative	1,000	1,000	1,000	1,000

Variable	PC1	PC2
Saison S	-0,464	0,175
Saison H	0,464	-0,175
Berrihane	0,334	0,293
séraidi	-0,334	-0,293
Mâles	0,249	0,291
femelles	-0,249	-0,291
poids (g)	0,291	0,150
RT	-0,189	0,410
RB	-0,098	0,452
IH	-0,002	0,306
AE	-0,265	0,305
CF	0,147	-0,128

Globalement, nous avons pu dégager les tendances suivantes :

- Les hérissons mâles qui évoluent dans la localité anthropisée de Berrihane ont tendance à s'engraisser davantage profitant d'une ressource trophique aisément accessible, et de l'absence de pression de prédation. Cette constatation a déjà été faite par (**Boukheroufa, 2017**) dans la même localité d'étude, et par de nombreux auteurs qui ont isolé ce phénomène chez l'espèce européenne (**Poel et al., 2015 ; Jeike et al., 2015**).

- L'importante infestation d'*Atelerix algirus* se fait en saison sèche par *Archaeopsylla erinacei* pour les puces, et *Rhipicephalus turanicus*, *Rhipicephalus bursa* , *Ixodes hexagonus* pour les tiques. En revanche, l'infestation hivernale par *Ctenocephalides felis*, confirme la tendance de l'espèce hôte à s'urbaniser pendant la période d'indisponibilité des ressources alimentaires.

Des études sur les facteurs biotiques et abiotiques liés à l'association hôte-parasite sont nécessaires pour comprendre l'écologie des ectoparasites (**Kiffner et al., 2011 ; Fernandes et al., 2012 ; VanOosten et al., 2014**). En règle générale, la prévalence et l'abondance des parasites sont d'autant plus élevées que la densité de leur hôte est importante (**Morand et Poulin, 1998**). La fragmentation augmente également la densité des populations hôtes dans les fragments d'habitat, ce qui augmente la transmission, la prévalence et la diversité des parasites (**Allan et al., 2003; Mbora et McPeck, 2009**). De nombreux travaux ont également démontré que l'altitude influence l'intensité du parasitisme (**Sandor et al., 2017**), ce qui explique une plus grande infestation dans la localité de Berrihane, située en basse altitude, comparativement avec la localité de Seraidi, qui elle est située en haute altitude. Outre l'altitude, des facteurs déterminants tels que la couverture végétale, les conditions abiotiques et la présence globale d'espèces hôtes potentielles sont autant de facteurs qui peuvent influencer l'infestation parasitaire chez bon nombres d'hôtes, le hérisson d'Algérie y compris (**Randolph, 2004; Brownstein et al., 2005; Ostfeld et al., 2006**). Plusieurs études ont d'ailleurs démontré les effets de différentes combinaisons de température et d'humidité relatives, déterminant l'émergence de plusieurs espèces de tiques (**Corson et al., 2004; Mount et al., 1997; Randolph et Crane, 1995**). Il a été démontré également que les facteurs qui influent sur le mouvement de l'hôte et les modes de transmission du parasite ont une incidence sur la virulence (**Boots et Meador, 2007; Hall et al., 2010**). Par exemple, il a été

établi que la structure de l'habitat joue un rôle important dans les différences d'intensité des maladies chez les populations de *Daphnia dentifera* dans différents lacs (Hall *et al.*, 2010).

Les conditions météorologiques peuvent entraîner des variations de la distribution des parasites tout en influant de façon synchrone sur l'abondance de l'hôte ( Cattadori *et al.*, 2005). Il faut se rappeler que les tiques sont affectées non seulement par les valeurs météorologiques moyennes et extrêmes, mais aussi par la période de l'année à laquelle une combinaison précise des conditions abiotiques se produisent. C'est d'ailleurs le facteur qui définit la phénologie des tiques (Randolph, 2002). Estrada-Peña *et al.*, (2004) et Halos, (2005) ont caractérisé l'habitat des deux espèces méditerranéennes *Rhipicephalus bursa* et *Rhipicephalus turanicus* comme thermophiles. Ainsi, la biologie et l'écologie des tiques sont sous l'influence directe de facteurs climatiques( Dantas- Torres, 2010 ). Une étude (Estrada-Pena et Venzal, 2007) a confirmé le fait que la réduction de la diversité de l'environnement due aux changements climatiques et aux interférences anthropiques (ex. exploitation des terres) peut entraîner une modification de la répartition et de l'abondance des tiques, permettant une forte propagation des espèces de tiques caractérisées par une forte adaptabilité telle que *Rhipicephalus turanicus*.

Par ailleurs, les petits mammifères constituent un groupe d'hôtes pour les Siphonaptères fréquemment analysé, et attrayant sur les plans écologique et épidémiologique (Bonnefoy *et al.*,2008; Stanko,2014; Kraljik *et al.*,2016; Kuruczet *et al.*,2018). Contrairement aux autres ectoparasites permanents, les puces qui passent une grande partie de leur vie à l'extérieur du corps des petits mammifères, ne sont affectés que par les conditions associées à leur hôte (les nids de reproduction et d'hibernation d'*Atelerix algirus* le cas échéant), mais aussi par des facteurs abiotiques dans l'environnement où l'hôte vit (Krasnov,2008).En supposant que les densités de hérissons et l'agrégation individuelle sont influencées par la structure du paysage, cela pourrait mener à un modèle où les charges de puces sur les hérissons peuvent être considérées comme une réponse à la structure du paysage (Thamm *et al.*, 2009).L'abondance des puces est donc souvent déterminée par des facteurs environnementaux comme la température, l'altitude, l'humidité et la teneur en eau du sol (Durden et Traub, 2002 ; Mullen et Oconnor, 2002; Krasnov *et al.*,2008). Si l'on prend l'exemple des espèces de *Ctenocephalides*, ectoparasites courants de chiens, de chats et de hérissons domestiqués (Gracia *et al.*, 2013; Hajipour *et al.*, 2015; Mircean *et al.*, 2010; Salant *et al.*, 2013), on

constate que leur fréquence est plus élevée en saison humide, ce qui suppose qu'en manque de ressources alimentaires, les hérissons auront tendance à se rapprocher des milieux agricoles ou urbains, ce qui conduit au contact avec d'autres espèces animales telles que les chats, chiens, moutons, chèvres et donc exposés à l'infestation par *Ctenocephalides felis*.

Concernant les facteurs biotiques, de nombreux travaux ont démontré que la régulation physiologique de la température corporelle est un aspect clé de la biologie des mammifères et des oiseaux (McNab, 1978; Lovegrove, 2017; Rezende *et al.*, 2020; Bastos *et al.*, 2021). Des conditions expérimentales ont montré qu'une température basse (<10°C) associée à des quantités de nourriture suffisantes en hiver dispense les hérissons d'hibernation (Jourde 2013). Il est ainsi fort probable que les hérissons présents dans les régions méridionales n'hibernent pas (Cottarel, 2016). Cependant, des périodes d'estivations, semblables sur le plan métabolique à l'hibernation, ont lieu en cas de forte sécheresse (Berthoud 1982; Cottarel, 2016). Pour comprendre le rapport entre l'hibernation et l'estivation, nous avons fait ressortir les données de capture après analyse des données de températures moyennes durant notre période d'étude (2017 - 2019) (Fig.47). Il en ressort que :

- La température maximale est de 32°C au mois d'Aout
- Exception faite de Janvier, la température minimale est de 16 °C

- La température reste inférieure à 13°C pendant 2 mois seulement : en janvier et février,

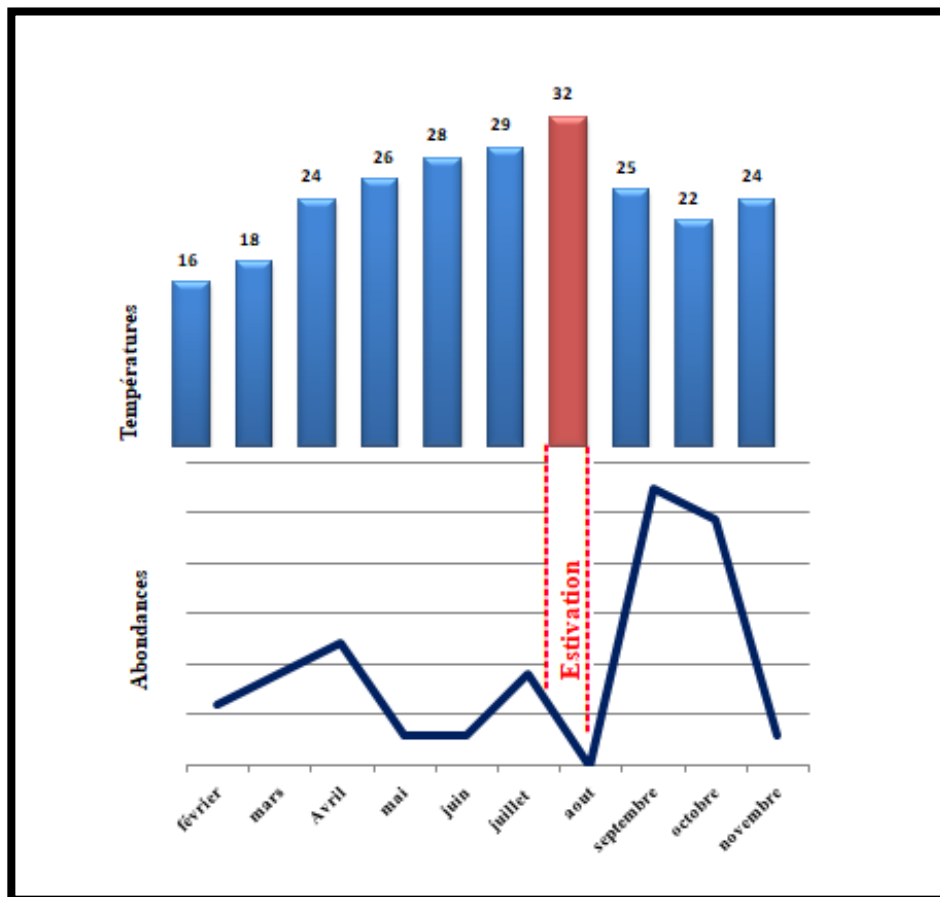


Figure 47 : Variation mensuelle de la température moyenne durant la période d'étude (2017- 2019) et abondances mensuelles des hérissons

Nous avons ensuite combinés Tous ces éléments aux taux mensuels de capture Il en ressort que les abondances les plus faibles sont observées lorsque Les températures sont faibles ( **Boukheroufa , 2017 ; Couton , 2019** ) , mais aussi lors des températures les plus élevés ( entre mai et juin ) et nulles en aout .Ceci peut alors s'expliquer par le fait que le hérisson , dans notre cas *Atelerix algirus* , durant les périodes les plus chaudes , entre en estivation (pour se protéger des fortes chaleurs et économiser ses forces ( **Menessier , 2013 ; Cocker et al., 2018** ) ).

Il existe une réelle corrélation entre l'hibernation et le parasitisme, en effet , *Archaeopsylla erinacei* ( la puce du hérisson ) et *Ctenocephalides felis* ( la puce du chat ) , retrouvées en grand nombre lors du déparasitage , sont plus inféodés au nid qu'à un hôte spécifique ( **Morris, 1973 ; Bitam , 2010** ). En effet, les adultes peuvent se nourrir du sang d'une grande variété d'animaux, mais les larves ont besoin de conditions plus précises, associées aux

habitats et aux habitudes de nidification de leurs hôtes, plutôt qu'aux caractéristiques de leur sang (HSU *et al.*, 2002)(Boukheroufa , 2017 ).

#### 4. *Atelerix algirus* urbanisé et surinfesté: quels risques sanitaires potentiels ?

Les animaux sauvages, sont considérés comme d'importants réservoirs d'agents pathogènes zoonotiques préoccupants (Simpson, 2002; Hassell *et al.*, 2017). Qu'il s'agisse de l'espèce européenne ou du Hérisson d'Algérie, de nombreuses études ont démontré que cette espèce hôte peut transporter une grande diversité d'ectoparasites et agit comme réservoir et vecteur dans la transmission des pathogènes à partir des tiques et des puces aux humains (de Sousa *et al.*, 2006 ; Marie *et al.*, 2012; Khaldi *et al.*, 2012 ; Boukheroufa, 2017 ; Senaoui *et al.*, 2020 ; Orkun *et al.*, 2019). Le cas d'*Atelerix algirus* en est la parfaite illustration puisque l'espèce prospère en milieu urbain, rural et naturel, partageant donc les mêmes environnements avec les animaux sauvages, domestiques et les humains (Skuballa *et al.*, 2007). Concernant les Siphonaptères, les hérissons sont souvent infectés par la puce héritière, *Archaeopsylla erinacei* qui leur est spécifique (Beck et Clark 1997, Beck 2005). Hors, dans les milieux fragmentés, on observe de plus en plus la présence et la fréquence de parasites supplémentaires comme la puce du chat, *Ctenocephalides felis*, ou la puce du chien *Ctenocephalides canis*, ce qui est en parfait accord avec les résultats obtenus. De plus, la présence de ces deux espèces de puces qui sont d'ordinaire apparentées à des hôtes des milieux urbain et péri urbains confirme bel et bien la tendance de l'espèce à s'urbaniser mais également l'anthropisation évolutive de la localité de Berrihane, puisque les travaux entrepris par (Boukheroufa ,2017) entre 2010 et 2014 dans cette localité de rapportent la présence exclusive de la puce spécifique au hérisson. Il en est de même pour les travaux de Sakraoui *et al.*, (2014) et Madoui *et al.*, (2014) dans la localité de Séraïdi. Les puces sont considérés comme des vecteurs de maladies potentielle qui peuvent contaminer leurs hôtes ( Ricard *et al.*,2020) mais aussi transmettre plusieurs maladies à l'homme (Kumar,2020). La présence d'espèces siphonaptères supplémentaires, corrélées à leurs charges parasitaires importantes devrait donc nous interpeller afin d'engager une réflexion globale sur les potentiels risques sanitaires induits par ces charges parasitaires plus importantes, et spécialement pour les puces (Mrzljak *et al.*,2020). Concernant l'infestation par les tiques, de nombreux travaux ont

démontré l'importance des rongeurs et autres petits mammifères en tant qu'hôtes « relais », doués d'une plasticité extraordinaire qui leur permet de s'ériger en réservoirs compétents pour de nombreux pathogènes, pouvant introduire les parasites ou les pathogènes dans de nouveaux habitats (**Rizzoli et al., 2014**). De plus, les petits mammifères sont des hôtes d'entretien pour différentes espèces de tiques, ce qui signifie que les agents pathogènes peuvent être échangés entre les différentes tiques. Ce changement d'hôte peut être important parce que le comportement et les besoins en habitat des espèces de tiques diffèrent en fonction des paramètres biotiques et abiotiques (**Pfäffle et al., 2013; Sonenshine et Roe, 2014**). Dans les régions tempérées de l'Europe, deux espèces de tiques infectent également couramment les hérissons : *Ixodes hexagonus* (**Leach, 1815**) et *Ixodes ricinus* Linnaeus, 1758 (**voir Földvári et al., 2011**). En tant que tels, les hérissons peuvent agir comme hôtes paraténiques et réservoir pour une grande variété de pathogènes et de parasites d'importance épidémiologique significative. En effet, les tiques (Acari) et les puces (Siphonaptera) sont parmi les ectoparasites hématophages les plus importants des vertébrés terrestres et des vecteurs de zoonose. Au cours de leurs repas sanguins, ils peuvent transmettre divers agents pathogènes comme des virus, des bactéries et des protozoaires qui peuvent infecter les animaux et les humains (**Beugnet et Marié, 2009; Sobrino et al., 2012**). Dès lors, Le profil Urban adapter de l'espèce semble compromis : certes, l'espèce s'adapte parfaitement à l'expansion du milieu semi urbain caractéristique du site de Berrihane, et qui est connu pour l'élevage des bovins, des ovins et des Caprins (6602, 2770 et 555 têtes respectivement) **Bouazouni, (2004)**. Mais l'anthropisation effrénée de ces localités confronte l'espèce à d'autres animaux tels que les chats, les chiens errants ou domestiques, les souris ou les rats ; autant de possibilités pour un brassage parasitaire, et une transmission vectorielle dont les risques ne sont plus à négliger (**Gozet al., 2016 ; Anton, 2019**).

A terme, *Atelerix algirus*, espèce de plus en plus urbaine, ne risquerait pas de migrer du statut de **urban-adapter** vers celui **d'urban-exploiter** ?



*Conclusion  
& Perspectives*



## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Actuellement, toute la communauté scientifique s'accorde sur le fait que la plupart des maladies émergentes et ré émergentes sont zoonotiques, et qu'il devient urgent de mettre en place des protocoles de monitoring de l'infestation parasitaire chez la faune sauvage, afin de prévenir l'apparition de pathologies impactant fortement la santé publique, telles que nous la vivons aujourd'hui dans ce contexte mondial de pandémie.

A l'issue de ce travail, nous avons d'abord pu mettre en exergue un des problèmes majeurs impactant l'équilibre de l'état de santé des écosystèmes. En effet, nous avons prouvé l'urbanisation d'*Atelerix algirus*, espèce protégée qui affectionne les milieux naturels, et qui peu à peu se complait dans les milieux anthropisés, où elle tire pleinement profit des subventions humaines. A terme, ce comportement déviant laisse suggérer une mutation profonde de la réaction de cette espèce face à la dégradation de son milieu naturel. On se rend compte au terme de cette étude que le suivi de l'écologie parasitaire d'*Atelerix algirus* a finalement servi d'outil de monitoring puissant pour caractériser cette mutation de comportement qui s'est progressivement déviée de l'adaptabilité vers l'exploitation opportuniste des subventions humaines. Dans ce sens, nos résultats confortent sans équivoque les constatations relayées par la communauté scientifique, d'où la nécessité de mise en place de programmes de gestion et de conservation de cette espèce.

Nos résultats sur la typologie des ectoparasites chez *Atelerix algirus* nous ont permis d'ériger cette espèce au rang d'excellent échantillonneur de biodiversité ectoparasitaire, et de confirmer encore une fois sa promiscuité avec d'autres espèces, domestiques ou sauvages, favorisant ainsi le contact et la transmission des ectoparasites qui ne sont pas ou peu celles du hérisson. Il apparaît clair que la modification de la structure spatiale des paysages influe inévitablement sur la densité de la population, les déplacements et la dispersion des espèces hôtes et parasites. Comprendre comment les caractéristiques du paysage influent sur la façon dont les parasites infestent les hôtes, ou sur les interactions hôte-parasite, devient un enjeu de santé publique qui doit être examiné à diverses échelles. Dès lors, l'impact des écologues à ce stade devient majeur dans la mesure où, leurs travaux permettent à la communauté scientifique d'apporter des données concrètes sur la typologie de différentes espèces hôtes et parasites, de comprendre les facteurs qui influent sur l'évolution de la virulence des parasites

dans les populations naturelles, de monitorer les dynamiques d'échanges et d'intensités parasitaires et surtout de prédire les risques potentiels d'émergence et de réémergence de zoonoses.

A partir de tous ces éléments, il serait intéressant de dégager les perspectives suivantes :

- Mener des études comparatives sur l'écologie parasitaire des animaux domestiques et d'élevage pour mesurer et analyser les échanges et les dynamiques circulatoires des ectoparasites dans les milieux anthropisés.
- Identifier et quantifier d'autres types parasitaires, tels que les endoparasites et les hémoparasites, afin de caractériser au mieux la relation Parasite – Hôte,
- Caractériser l'incidence des infestations parasitaires sur l'état de santé de l'hôte et analyser les mécanismes de défense qu'il déploie, à travers la mesure des paramètres biochimiques, tissulaires, hématologiques, et immunitaires.
- Intégrer les protocoles de biologie moléculaire pour la détection de pathogènes à partir des ectoparasites collectés afin de caractériser au mieux la typologie et l'intensité des risques sanitaires qui pourraient être induits.



# *Références Bibliographiques*



## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Alcaíno, Héctor A., Gorman, Texia R. Et Alcaíno, Ricardo, (2002). Flea Species From Dogs In Three Cities Of Chile. In : Veterinary Parasitology. Vol. 105, N° 3, P. 261-265. Doi 10.1016/S0304-4017(01)00626- 4.
- Allan, Brian F., Felicia Keesing, and Richard S. Ostfeld. 2003. "Effect of Forest Fragmentation on Lyme Disease Risk." *Conservation Biology* 17(1): 267–72.
- Allen, Toph et al. 2017. "Global Hotspots and Correlates of Emerging Zoonotic Diseases." *Nature Communications* 8(1). <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-017-00923-8>.
- Alohou, E.C., C. Ouinsavi, and N. Sokpon. 2016. "Fragmentation Des Écosystèmes Forestiers: Définitions Des Concepts et Évolution Des Méthodes d'évaluation." *International Journal of Innovation and Applied Studies* 17(2): 474–86. <http://www.ijias.issr-journals.org/abstract.php?article=IJIAS-16-083-01>.
- Anderson ,RM, 1993. "Epidemiology" . In: Cox FEG, editor. Modern parasitology. Oxford: *Blackwell*. p. 75-116.
- Anderson, R. M. and R. M. 1991. " Infectious Diseases of Humans: Dynamics and Control". Oxford University Press, Oxford .
- Anderson, Roy M, and Robert M May. 1981. "The Population Dynamics of Microparasites and Their Invertebrate Hosts." *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences* 291(1054): 451–524.
- Aouadi H. (1989) - Végétation De L'algerie Nord-Orientale : Histoire Des Influences Anthropiques Et Cartographie Au 1/200000ème. Thèse De L'université Joseph Fourier, Grenoble, 108 P.
- Apanaskevich Da. (2004). Host-Parasite Relationships Of The Genus *Hyalomma* Koch, 1844 (Acari, Ixodidae) And Their Connection With Microevolutionary Process. *Parazitologija*, 38, 515–523.
- Arthur Pap. Reduction-Sentences And Open Concepts. *Methodos*, Vol. 5 (1953), Pp. 3–28. - A. Caracciolo And V. Somenzi. *Discussione*. English. *Methodos*, Vol. 5 (1953), P. 29. - A. Pap. Reply. *Methodos*, Vol. 5 (1953), Pp. 29–30.

- Auld, Stuart K.J.R., Shona K. Tinkler, and Matthew C. Tinsley. 2016. "Sex as a Strategy against Rapidly Evolving Parasites." *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283(1845).
- Bardinet, C. Annaba (Algérie) (1981). Télédétection Et Analyse Géographique Par Landsat 2. In : Méditerranée, Troisième Série, Tome 42,.Télédétection Ii. Pp. 29-41.
- Beaucournu J.-C. & Launay H., (1990). – *Leptopsylla Algira* Vogeli N. Ssp. (Siphonaptera, Ceratophyllidae, Leptopsyllinae), Parasite De Crocidure (Mammalia, Insectivora, Crocidurinae) Sur L'île De Gozo (Archipel De Malte). *Bonner Zoologisches Beiträge*, 41 : 213-222.
- Beck W, Clark Hh. (1997). Differential Diagnosis Of Medically Relevant Flea Species And Their Significance In Dermatology. *Hautarzt.*, 48(10), 714-719.
- Beck W. (2007). Endoparasiten Beim Igel, *Wiener Klinische Wochenschrift.*, 119, 40- 44.
- Berthevas, G. (2014). Les Principaux Parasites Des Hérissons D'europe (*Erinaceus Europaeus*) Admis Au Centre De Sauvegarde De La Faune Sauvage D'alfort (Cedaf). Thèse Pour Le Grade De Docteur Vétérinaire. Créteil : Faculté De Médecine De Créteil.
- Betts, Alison et al. 2018. "Linear Pharmacokinetic Parameters for Monoclonal Antibodies Are Similar within a Species and across Different Pharmacological Targets: A Comparison between Human, *Cynomolgus* Monkey and HFcRn Tg32 Transgenic Mouse Using a Population-Modeling Approach." *mAbs* 10(5): 751–64. <https://doi.org/10.1080/19420862.2018.1462429>.
- Beugnet, F, Marié, J-L. (2009). Emerging Arthropod-Borne Diseases Of Companion Animals In Europe. In : *Veterinary Parasitology*. 2009. Vol. 163, N° 4, P. 298-305. Doi 10.1016/J.Vetpar.2009.03.028.
- Bitam, I, Dittmar, K, Parola, P, Whiting, M F. Et Raoult, D, (2010). Fleas And Flea-Borne Diseases. In : *International Journal Of Infectious Diseases*. 2010. Vol. 14, N° 8, P. E667-E676. Doi 10.1016/J.Ijid.2009.11.011.

- Blair, D., Davis, G. M., & Wu, B. (2001). Evolutionary relationships between trematodes and snails emphasizing schistosomes and paragonimids. *Parasitology*, 123(SUPPL.). <https://doi.org/10.1017/S003118200100837X>
- Bond, R., Riddle, A., Mottram, L., Beugnet, F. Et Stevenson, R., (2007). Survey Of Flea Infestation In Dogs And Cats In The United Kingdom During 2005. In : Veterinary Record. 14 Avril 2007. Vol. 160, N° 15, P. 503-506. Doi 10.1136/Vr.160.15.503.
- Boots, M. & Meador, M. (2007). Local Interactions Select For Lower Pathogen Infectivity. *Science*, 315, 1284.
- Bork, K., Honomichl, K. Et Hoede, N., 1987. [Flea Bites Caused By *Archaeopsylla Erinacei*, The Hedgehog Flea]. In : *Der Hautarzt; Zeitschrift Fur Dermatologie, Venerologie, Und Verwandte Gebiete.* Vol. 38, N° 11, P. 690-692.
- Bossière, G., Collomb, P. Et Mahdjoub, Y. (1976) : Sur Un Gisement de Péridotites Découvert Dans Le Massif Cristalloyphyllien De L'edough (Annaba, Algérie). *Comptes Rendus De L'académie Des Sciences*, 283: 885-888.
- Bouazouni O (2004) Parc National D'el Kala : Etude Socio-Economique Du Pnek. Projet Régional Pour Le Développement D'aires Marines Et Côtieres Protégées Dans La Région De La Méditerranée (Medmpa). Centre D'activités Régionales Pour Les Aires Spécialement Protégées Car/Asp : 51p.
- Boukheroufa.M.2017. Ecophysiologie Du Hérisson D'algérie *Atelerix Algirus* (Lereboullet, 1842) Dans Le Parc National D'el Kala. Université Badji Mokhtar
- Boulemtafess A., 2015. Diagnostic De La Diversité Animale Et Végétale Du Littoral De La Péninsule De L'edough (Nord-Est Algérien). Mémoire De Master 2 : Protection Et Gestion Durable Des Milieux Naturels Et Des Paysages. Université Badji Mokhtar Annaba, 54 P
- Bouwman, Karen M., and Dana M. Hawley. 2010. "Sickness Behaviour Acting as an Evolutionary Trap? Male House Finches Preferentially Feed near Diseased Conspecifics." *Biology Letters* 6(4): 462–65.

- Bradley, C. A., And S. Altizer. (2007). Urbanization And The Ecology Of Wildlife Diseases. *Trends In Ecology And Evolution* 22:95-102.
- Brownstein Js, Skelly Dk, Holford Tr, Fish D. (2005). Forest Fragmentation Predicts Local Scale Heterogeneity Of Lyme Disease Risk. *Oecologia* 146:469–75
- Caby, R., Hammor, D., Delor. C.,(2001) . Metamorphic Evolution, Partial Melting And Miocene Exhumation Of Lower Crust In The Edough Metamorphic Core Complex, West Mediterranean Orogen, Eastern Algeria. *Tectonophysics*, 342, 239-273
- Cardinaud, Romain. 2017. “Couplages Thermo - Cinétique et Mécanique Lors de La Mise En Forme Par Compression de SMC Hautes Performances.”
- Carlson, Colin J. et al. 2020. “A Global Parasite Conservation Plan.” *Biological Conservation* 250(October): 108596. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108596>.
- ChafikaMouhoub-Sayah, Karima Benmouhoub, HafsaDjoudad-Kadji, AoubaMouzaia-Salhi, SaddekYesguer, Et Al. (2017). Étude Du Fonctionnement Testiculaire Chez Le Hérisson D’algérie (*AtelerixAlgiRus*). *Bulletin De La Societe Zoologique De France*, , 142, Pp.143-153. (Hal-02107136)
- Chafika, M S et al. 2009. “Road MoRtality of the AlgeRian Hedgehog ( *ATeleRixAlgiRus* ) in the Soummam Valley ( AlgeRia ) Reasons Underlying Mortality in Wild Species Are of Various Origins : Natural ( Climate , Dis- Eases , Parasites , Predation , Etc .) or Unnatural as a Conseque.” *Sciences-New York* 64: 145–56.
- Chee, S.S., Ismail, M.N., Ng, K.K. Et Al. (2008). Food Intake Assessment Of Adults In Rural And Urban Areas From Four Selected Regions In Malaysia.Mal. J.
- Choquart P. (1999). Contribution A L’étude Des Puces De Chien : Enquête Epidémiologique En France. Th : Med. Vet : Toulouse, Université Paul Sabatier ; 4005. 53.
- Cizauskas, Carrie A. et al. 2017. “Parasite Vulnerability to Climate Change: An Evidence-Based Functional Trait Approach.” *Royal Society Open Science* 4(1).

- Combes, C.1995. “ Interactions Durables Ecologie et Evolution du Parasitisme ”  
*Masson-dunod, Paris* ,524p.
- Combes, C.2001. “The Ecology and Evolution of Intimate Interactions” *Parasitism*.  
Chicago: The University of Chicago Press.
- Conserv. Lett., 10 (3) (2017), Pp. 337-345
- Corson M. S., Teel P. D., Grant W. E., (2004) . Microclimate Influence In A  
Physiological Model Of Cattle-Fever Tick (*Boophilus*Spp. ) Population  
Dynamics. *Ecological Modelling*, 180: 487- 514.
- Cottarel, P, (2016). Epidémiologie Descriptive De L'infestation Parasitaire  
Du Hérisson D'europe (*Erinaceus Europaeus*) En Soins Dans Un Centre De  
Sauvegarde Du Sud De La France. Thèse Pour Le Grade De Docteur  
Vétérinaire. Lyon : Université Claude-Bernard Lyon 1.
- Couton, Gaëlle. Ectoparasites Des Hérissons D'europe (*Erinaceus Europaeus*)  
Admis Au Centre De Soins De La Faune Sauvage De L'envt En (2018).  
Identification Et Recherche D'agents Pathogènes D'intérêt Médical Et  
Vétérinaire. Thèse D'exercice, Médecine Vétérinaire, Ecole Nationale  
Vétérinaire De Toulouse – Envt, 2019, 90 P.
- Dantas-Torres, F.; Latrofa, M. S.; Annoscia, G.; Gianelli, A.; Parisi, A.;  
Otranto, D. (2013). Morphological And Genetic Diversity Of *Rhipicephalus*  
*Sanguineus*SensuLato From The New And Old Worlds. *Parasites And*  
*Vectors*, V. 6, P. 213.,.Doi: 10.1186/1756-3305-6-213.
- Deloffre, P, (2001). Contribution A L'étude Des Puces Du Chat : Enquête  
Epidémiologique En France. Thèse Pour Le Grade De Docteur Vétérinaire.  
Toulouse : Université Paul Sabatier.
- Direction Générale Des Forêts (Dgf), (2006). Bilan Décennal Des Incendies  
De Forêt En Algérie (1992-2001) Alger : Dgf.
- Dziemian, S, Sikora, B, Piłacińska, B, Michalik, J Et Zwolak, R, (2015).  
Ectoparasite Loads In Sympatric Urban Populations Of The Northern White-  
Breasted And The European Hedgehog. In : *Parasitology Research*. Juin  
2015. Vol. 114, N° 6, P. 2317-2323. Doi 10.1007/S00436-015-4427-X.

- Estrada-Pena, A., Ortega, C., Sanchez, N., Desimone, L., Sudre, B., Suk, J. E. And Semenza, J. C. (2011) Correlation Of *Borrelia Burgdorferi* SensuLato Prevalence In Questing *Ixodes Ricinus* Ticks With Specific Abiotic Traits In The Western Palearctic. *Applied And Environmental Microbiology* 77(11), 3838–3845. Doi:10.1128/Aem.00067-11
- Estrada-Peña, A., Pfäffle, M.P. &Petney, T.N. (2017c) Genus *Dermacentor* Koch, 1844. In: Estrada-Peña, A., Mihalca, A.D. &Petney, T.N. (Editors), *Ticks Of Europe And North Africa*, Springer,
- Estrada-Pena, Z. Zatansever, A. Gargili, Et Al., (2007) “Modeling ~ The Spatial Distribution Of Crimean-Congo Hemorrhagic Fever Outbreaks In Turkey,” *Vector-Borne And Zoonotic Diseases*, Vol. 7, No. 4, Pp. 667–678,.
- Estrada-Peña, A. & Jongejan, F. (1999). *Ticks Feeding On Humans: A Review Of Records On Human-Biting Ixodoidea With Special Reference To Pathogen Transmission*. *Experimental And Applied Acarology* 23, 685–715.
- Estrada-Pena, Z. Zatansever, A. Gargili, Et Al., (2007) “Modeling ~ The Spatial Distribution Of Crimean-Congo Hemorrhagic Fever Outbreaks In Turkey,” *Vector-Borne And Zoonotic Diseases*, Vol. 7, No. 4, Pp. 667–678,.
- Ezenwa, Vanessa O. 2004. “Selective Defecation and Selective Foraging Antiparasite Behavior in.Pdf.” 862: 851–62.
- Ezenwa, Vanessa O., Ria R. Ghai, Alexa F. McKay, and Allison E. Williams. 2016. “Group Living and Pathogen Infection Revisited.” *Current Opinion in Behavioral Sciences* 12: 66–72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.09.006>.
- Filippi, J. (2013). *Etude Parasitologique De Anguilla Anguilla Dans Deux Lagunes De Corse Et Etude Ultrastructurale Du Tégument De Trois Digènes Parasites De Cette Anguille*. Thèse En Sciences Agricoles, Université Pascal Paoli, 156p.
- Filippova N. A., Gooroschenko Y. L., (1966). *Data On The Comparative Morphology And Karyology Of Different Taxonomic Units In Argasid Ticks*.

TezisyDokladovPervoeAkarologicheskoeSoveshchanie (Abstracts Of Papers Of The First Acarological Conference) (Ed. By B. E. Bykhovsky), Pp. 217-218. ZoologicheskogoInstitutAcademiiNaukSssr, Moscow6leningrad. [In Russian: English Translation T 554 Namru -3].

- Fitria. (2013). 濟無 No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Földvári, G, Rigó, K, Jablonszky, M, Biró, N, Majoros, G, Molnár, V Et Tóth, M, (2011). Ticks And The City: Ectoparasites Of The Northern White-Breasted Hedgehog (*ErinaceusRoumanicus*) In An Urban Park. In : Ticks And Tick-Borne Diseases. Décembre 2011. Vol. 2, N° 4, P. 231-234. Doi 10.1016/J.Ttbdis.2011.09.001.
- Foundation, W., & Maurice, I. (2020). *U niversité de L a R éunion Écologie et évolution de coronavirus dans des populations de chauves-souris des î les de l ' ouest de l ' Océan Indien.*
- Frank Cl (1994). Polyunsaturate Content And Diet Selection By Ground Squirrels (*Spermophilus Lateralis*). *Ecology* 75:458-463.
- Frank S A. (1994a). Kin Selection And Virulence In The Evolution Ofprotocells And Parasites. *Proceedings Of The Royal Society Of London, B* 258:153-161.
- Gilles, J, Just, F T, Silaghi, C, Pradel, I, Passos, L M F, Lengauer, H, Hellmann, K Et Pfister, K, (2008). *Rickettsia Felis* In Fleas, Germany. In : Emerging Infectious Diseases. Août 2008. Vol. 14, N° 8, P. 1294-1296. Doi 10.3201/Eid1408.071546.
- Goz, Y, Yilmaz, A B, Aydin, A Et Dicle, Y, (2015). Ticks And Fleas Infestation On East Hedgehogs (*Erinaceus Concolor*) In Van Province, Eastern Region Of Turkey. In : *Journal Of Arthropod-Borne Diseases*. 27 Juin 2015. Vol. 10, N° 1, P. 50-54.
- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319(5864), 756–760. <https://doi.org/10.1126/science.1150195>

- Grimm, Nancy B. et al. 2008. "Global Change and the Ecology of Cities." *Science* 319(5864): 756–60.
- Guerzou, A. et al. 2019. "Predation of the Algerian Hedgehog *Atelerix Algirus* (Insectivora, Erinaceidae) on Some Pest Species in Agricultural Environments in Djelfa (Algeria)." *EPPO Bulletin* 49(1): 152–58.
- Guglielmo Aa, Robbins Rg, Apanaskevich Da, Petney Tn, Estrada-Peña A, Horak Ig. (2014). *The Hard Ticks Of The World* (Acari: Ixodida: Ixodidae). Springer, Dordrecht, Heidelberg, New York, London, 738 Pp.
- GUGLIELMONE, A., & NAVA, S. (2017). Birds and hard ticks (Acari: Ixodidae), with discussions about hypotheses on tick evolution. *FAVE SecciónCienciasVeterinarias*, 16(1), 13–29.  
<https://doi.org/10.14409/favecv.v16i1.6609>
- Hadj Zobir S. (2012), Impact De L'altération Sur Le Bilan Chimique Des Diatexites Du Massif De L'edough (Annaba, Ne Algérien), *EstudiosGeológicos* 68, 2 :203-215
- Hadj Zobir, S., Laouar, R. Et Oberhänsli, R. (2007) : Les Métabasites De Sidi Mohamed Edough Ne Algérien : Caractéristiques Pétrographiques, Minéralogiques Et Géochimiques. Editions Du Service Géologique National, 18: 25-41.
- Hajipour, N, Tavassoli, M, Gorgani-Firouzjaee, T, Naem, S, Pourreza, B, Bahramnejad, K Et Arjmand, J, (2015). Hedgehogs (*ErinaceusEuropaeus*) As A Source Of Ectoparasites In Urban-Suburban Areas Of Northwest Of Iran. In : *Journal Of Arthropodborne Diseases*. Juin 2015. Vol. 9, N° 1, P. 98.
- Hajipour, N., Keighobadi, M., Abad, A. M. R., Golabi, M., &Badali, A. (2015). Prevalence of flea infestation in stray cats in North West of Iran, Iran. *Biological Forum*, 7(1), 575–580.
- Hall A. R., Kenward H. K. (1990). *Environmental Evidence From The Colonia: General Accident And Rougier Street. Council For British Archaeology, London (The Archaeology Of York ).*

- Hanski, Ilkka, Gustavo A. Zurita, M. Isabel Bellocq, and Joel Rybicki. 2013. “Species-Fragmented Area Relationship.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110(31): 12715–20.
- Harman Ge, Taylor Ag, And StaszTe (1989). Combining Effective Strains Of *Trichoderma Harzianum* And Solid Matrix Priming To Provide Improved Biological Seed Treatment Systems. *Plant Dis* 73:631– 637.
- Harris, S. & Thompson, G.B. (1978) Populations Of The Ticks *Ixodes* (*Pholeoixodes*) *Hexagonus* And *Ixodes* (*Pholeoixodes*) *Canisuga* Infesting Suburban Foxes, *Vulpes Vulpes*. *Journal Of Zoology* 186: 83–93
- Hassell, J. M., Begon, M., Ward, M. J., & Fèvre, E. M. (2017). Urbanization and Disease Emergence: Dynamics at the Wildlife–Livestock–Human Interface. *Trends in Ecology and Evolution*, 32(1), 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.09.012>
- Hawley, Dana M., and Sonia M. Altizer. 2011. “Disease Ecology Meets Ecological Immunology: Understanding the Links between Organismal Immunity and Infection Dynamics in Natural Populations.” *Functional Ecology* 25(1): 48–60.
- Herbison, Ryan, Clement Lagrue, and Robert Poulin. 2018. “The Missing Link in Parasite Manipulation of Host Behaviour.” *Parasites and Vectors* 11(1): 1–6.
- Herrera J, Nunn CL. 2019. “ Behavioural ecology and infectious disease: implications for conservation of biodiversity”. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*;374:20180054.
- Herrera-Estrella, A., & Chet, I. (2003). *The Biological Control Agent Trichoderma From Fundamentals To Applications*. January 2015. <https://doi.org/10.1201/9780203913369.ch13>
- Hilly, J. (1962). Etude Géologique Du Massif De L'edough Et Du Cap De Fer (Est Constantinois). Publications Du Service De La Carte Géologique De L'algerie (Nouvelle Série) 19, 408.
- Hochachka, Wesley M., and André A. Dhondt. 2000. “Density-Dependent Decline of Host Abundance Resulting from a New Infectious Disease.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97(10): 5303–6.
- Hoogstraal H. (1979) The Epidemiology Of Tick-Borne Crimean Congo Hemorrhagic Fever In Asia, Europe And Africa. *Journal Of Medical Entomology*, , 15, 307-417.

- Hoogstraal, H. (1985). Argasid and Nuttalliellid Ticks as Parasites and Vectors. *Advances in Parasitology*, 24(C), 135–238. [https://doi.org/10.1016/S0065-308X\(08\)60563-1](https://doi.org/10.1016/S0065-308X(08)60563-1)
- Hosni, M. N. Et Maghrbi, Aa El, (2014). Ectoparasites Infestation Of Free-Ranging Hedgehog ( *AtelerixAlgrus* ) In North Western Libya. In : Open Veterinary Journal. 1 Janvier 2014. Vol. 4, N° 1, P. 12-15-15.
- Hsu, B.M., (2003). Evaluation Of Analyzing Methods For Giardia And Cryptosporidium In A Taiwan Water Treatment Plant. *J. Parasitol.* 89, 369–371.
- Hubert, P, Julliard, R, Biagianti, S Et Poulle, M-L, (2011). Ecological Factors Driving The Higher Hedgehog (*ErinaceusEuropeus*) Density In An Urban Area Compared To The Adjacent Rural Area. In : Landscape And Urban Planning. 30 Octobre 2011. Vol. 103, N° 1, P. 34-43. Doi 10.1016/J.Landurbplan.2011.05.010.
- Hurd, H., E. Warr, and A. Polwart. 2001. “A Parasite That Increases Host Lifespan.” *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 268(1477): 1749–53.
- Hurd, Hilary. 2001. “Host Fecundity Reduction: A Strategy for Damage Limitation?” *Trends in Parasitology* 17(8): 363–68.
- I.E., Garrick. 1936. “No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析 Title.” *National Advisory Committetee For Aeronautics* Report No(1): 1–14.
- I.S. & Poulin, Royal. (2005b) Abundance Patterns And
- Ilavsky, J., Snopkova, P., (1987). Découverte D'acritarches Paléozoïques Dans Les Terrains Métamorphiques De L'edough (Wilaya D'annaba, Algérie).C. R. Acad. Sci. Paris, T. 305, Série Ii, P. 881-884.
- Johnson, Pieter T.J., and Jason T. Hoverman. 2012. “Parasite Diversity and Coinfection Determine Pathogen Infection Success and Host Fitness.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109(23): 9006–11.
- Keifer, G., and F. Effenberger. 1967. “済無 No Title No Title.” *AngewandteChemie International Edition* 6(11): 951–52.

- Keskin E, Koyuncu C E, Genc E (2015). Molecular Identification Of *Hysterothylacium Aduncum* Specimens Isolated From Commercially Important Fish Species Of Eastern Mediterranean Sea Using Mtdna Cox1 And Its Rdna Gene Sequences. *Parasitology International*, 64, 222-228.
- Khaldi A., Meddah B., Moussaoui A., Benmehdi H. (2012). Screening Phytochimique Et Effet Antifongique De Certains Extraits De Plantes Sur Le Développement In Vitro Des Moisissures. *European Journal Of Scientific Research* 80(3): 311-321.
- Kiffner C., Wenner C., Laviolet A., Yeh K. And Kioko J. (2015). From Savannah To Farmland: Effects Of Land Use On Mammal Communities In The Tarangire-Manyara Ecosystem, Tanzania. *African Journal Of Ecology* 53:156-166.
- Kiffner, C., Peters, L., Stroming, A., & Kioko, J. (2015). Bushmeat consumption in the Tarangire-Manyara ecosystem, Tanzania. *Tropical Conservation Science*, 8(2), 318–332. <https://doi.org/10.1177/194008291500800204>
- Kiffner, C., Stoner, C. And Caro, T. (2013). Edge Effects And Large Mammal Distributions In A National Park. *Animal Conservation* 16:97-107.
- Kołodziej-Sobocińska, Marta. 2019. “Factors Affecting the Spread of Parasites in Populations of Wild European Terrestrial Mammals.” *Mammal Research* 64(3): 301–18.
- Kołodziej-Sobocińska, M; Brzeziński ,M; Niemczynowicz ,A; Zalewski, A. 2018a. “High parasite infection level in non-native invasive species: it is just a matter of time”. *Ecography* 41:1283–1294.
- Kolonin Gv (2009) *Fauna Of The Ixodid Ticks Of The World (Acari, Ixodidae)*, Moscow.
- Kotti, B.K., Labunets, N.F., Devkin, A.I., Syrvaicheva, N.G., And Kazakova, T.I., “Fleas (Siphonaptera) Of The Mt. Elbrus Area,” *Entomologicheskoe Obozrenie* 80 (2), 398–402 (2001) [*Entomological Review* 81 (2), 188–192 (2001)].
- Kowalski K, Rzebik-Kowalska B. 1991. “Mammals of Algeria. Wrocław”: Polish Academy of Science. Keywords: 1AL/*Acinonyx Jubatus*/Caracal

Caracal/Cheetah/FelisChaus/Felis

Margarita/FelisSilvestris/FelisSilvestrisLybica/History/Jungle

Cat/Leopard/Leptailurus.” 1991.

- Krasnov, B.Royal., Mouillot, D., Shenbrot, G.I., Khokhlova, La 2eme Dgf 2002 Mch 2006
- Lambin, Eric F. et al. 2001. “The Causes of Land-Use and Land-Cover Change: Moving beyond the Myths.” *Global Environmental Change* 11(4): 261–69.
- Levri, Edward P. 1998. “The Influence of Non-Host Predators on Parasite-Induced Behavioral Changes in a Freshwater Snail.” *Oikos* 81(3): 531.
- LouhiHaou, S. (2014). Ecologie Des Pteridophytes En Numidie (Nord-Est De L'algerie). ThèseDoct. Univ. Annaba, Algérie.
- Lovegrove, F. E., Peña-Castillo, L., Mohammad, N., Liles, W. C., Hughes, T. R., & Kain, K. C. (2006). Simultaneous Host And Parasite Expression Profiling Identifies Tissue-Specific Transcriptional Programs Associated With Susceptibility Or Resistance To Experimental Cerebral Malaria. *Bmc Genomics*, 7, 295.
- Mackin-Rogalska, R., J. Pinowski, J. Solon, and Z. Wojcik. 1988. “Changes in Vegetation, Avifauna, and Small Mammals in a Suburban Habitat.” *Polish Ecological Studies* 14(1–2): 293–330.
- Madoui, B. E. M., Sakraoui, F., Houhamdi, M., & Bouslama, Z. (2014). Caractérisation et dynamique des peuplements de puces de la faune sauvage et domestique : impact sur la santé. *Faunistic Entomology*, 67(January), 3–13.
- Madoui, Bachir El Mouaz, Ferial Sakraoui, Moussa Houhamdi, and Zihad Bouslama. 2014. “Caractérisation et Dynamique Des Peuplements de Puces de La Faune Sauvage et Domestique : Impact Sur La Santé.” *Faunistic Entomology* 67(May 2016): 3–13.
- Magle, S. B., Hunt, V. M., Vernon, M., & Crooks, K. R. (2012). Urban wildlife research: Past, present, and future. *Biological Conservation*, 155(October), 23–32. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.06.018>
- Marco, Moreno Di et al. 2020. “Sustainable Development Must Account for Pandemic Risk.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 117(8): 3888–92.

- Marié, Jean-Lou, Davoust, Bernard, Socolovschi, Cristina, Raoult, Didier Et Parola, Philippe, (2012). Molecular Detection Of Rickettsial Agents In Ticks And Fleas 85 Collected From A European Hedgehog (*ErinaceusEuropaeus*) In Marseilles, France. In : Comparative Immunology, Microbiology And Infectious Diseases. Janvier 2012. Vol. 35, N° 1, P. 77-79. Doi 10.1016/J.Cimid.2011.11.005.
- Mark J. McDonnell And Amy K. Hahs . Adaptation And Adaptedness Of Organisms To Urban Environments Annual Review Of Ecology, Evolution, And Systematics (2015) 46:1, 261-280
- Marzluff, J. M. (2001). Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World. *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World, January*.  
<https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1531-9>
- Matuschka, F. R., Richter, D., Fischer, P., & Spielman, A. (1990). Time of repletion of subadult *Ixodes ricinus* ticks feeding on diverse hosts. *Parasitology Research*, 76(6), 540–544. <https://doi.org/10.1007/BF00931062>
- McNab, B. K. (1978). The Evolution of Endothermy in the Phylogeny of Mammals. *The American Naturalist*, 112(983), 1–21. <https://doi.org/10.1086/283249>
- Mehdi Boucheikhchoukh, Maureen Laroche, Atef Aouadi, Loubna Dib, Ahmed Benakhla, Didier Raoult, Philippe Parola (2018). Maldi-TofMs Identification Of Ticks Of Domestic And Wild Animals In Algeria And Molecular Detection Of Associated Microorganisms .*Comparative Immunology, Microbiology And Infectious Diseases* .57 : 39-49
- Mehlhorn H. - Springer EncyclopedyOf Parasitology. Third Edition, Vol 2, (2008), P 1592..
- Michalakis, Konstantinos et al. 2007. “The Effect of Thermal Cycling and Air Abrasion on Cement Failure Loads of 4 Provisional Luting Agents Used for the Cementation of Implant-Supported Fixed Partial Dentures.” *The International journal of oral & maxillofacial implants* 22(4): 569–74.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17929517>.
- Mihalca, Andrei Daniel, Călin Mircea Gherman, and VasileCozma. 2011. “Coendangered Hard-Ticks: Threatened or Threatening?” *Parasites and Vectors* 4(1).

- Milinski, Manfred. 1984. "Parasites Determine a Predator's Optimal Feeding Strategy." *Behavioral Ecology and Sociobiology* 15(1): 35–37.
- Mohammadi, Mehrdad, Maryam Meskini, and Anderia Lucia do Nascimento Pinto. 2020. "2019 Novel Coronavirus Overview." *Journal of Public Health: From Theory to Practice* 9(Cdc). <https://doi.org/10.1007/s10389-020-01258-3>.
- Moore, Jay. 1984. "On Behaviorism, Knowledge, and Causal Explanation." *The Psychological Record* 34(1): 73–97.
- Morand, P. 2007. Mondialisation : changeons de posture, La Documentation française.
- Morris B. (1963). The Selection Of Antibodies By The Gut Of The Young Hedgehog, *Proceeding Royal Society London B Biology Science* 158, 253-260.
- Mouhoub-Sayah, Chafika et al. 2018. "Seasonal Variations in the Diet and Food Selection of the Algerian Hedgehog *AtelerixAlgirus*." *African Zoology* 53(1): 1–10.
- Mrzljak, A., Novak, R., & Mikulic, D. (2020). Publication activity on liver transplantation from southeastern European countries: A bibliometric analysis. *Chirurgia (Romania)*, 115(5), 635–642. <https://doi.org/10.21614/chirurgia.115.5.635>
- Mullen, G.R. And Oconnor, B.M. (2002). Mites (Acari). In: G. Mullen And L. Durden (Eds) *Medical And Veterinary Entomology*. Academic Press, Usa. Pp. 449-516.
- *Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte ( OATAO ) MODE DE VIE ET ALIMENTATION DU HÉRISSON D ' EUROPE ( ERINACEUS EUROPÆUS )*. (2013).
- Ostfeld Rs, Canham Cd, Oggenfuss K, Winchcombe Rj, Keesing F. (2006). Climate, Deer, Rodents, And Acorns As Determinants Of Variation In Lyme-Disease Risk. *Plos Biol.* 4:1058–68
- Oularbi, A. Et Zeghiche, A. (2009). Sensibilité A L'érosion Du Massif Cristallophilien De L'edough (Nord-Est Algérien). *Synthèse*, 20: 58-72.
- Palomo A. Et Al. (2007), Durmientes De Vías De FerrocarrilHechos De Hormigón De Ceniza Volante Activadas Con Alcalis. *Ingenieria De La Construcción*, 22(2), Pp.75–80

- Panti-May, Jesús Alonso, Alejandra Duarte-Jiménez, Silvia F. Hernández-Betancourt, and Roger IvánRodríguez-Vivas. 2021. “A Checklist of the Helminth Parasites of Invasive Murid Rodents in Mexico.” *Therya* 12(1): 85–93.
- Park, National, and National Park. 2019. “Reproduction Monitoring of Algerian Hedgehog *AtelerixAlgirus*( Lereboullet , Reproduction Monitoring of Algerian Hedgehog *AtelerixAlgirus* ( Lereboullet ,” (November).
- Pettett, C. E., Moorhouse, T. P., Johnson, P. J., & Macdonald, D. W. (2017). Factors affecting hedgehog (*Erinaceuseuropaeus*) attraction to rural villages in arable landscapes. *European Journal of Wildlife Research*, 63(3).  
<https://doi.org/10.1007/s10344-017-1113-6>
- Pf, Miriam. 2015. “Influence of Parasites on Fitness Parameters of the European Hedgehog ( *Erinaceus Europaeus* ) Influence of Parasites on Fitness Parameters of the European Hedgehog ( *Erinaceus Europaeus* ) ZurErlangung Des Akademischen Grades EinesFakultätFürChemie Und BiowissenschaftenKarlsruherInstitutFürTechnologie ( KIT ) – UniversitätsbereichVorgelegte Miriam PaminaPfäffleAus Heilbronn Dekan : Prof . Dr . Stefan BräseReferent : Prof .Dr . Horst TaraschewskiKorreferent : Prof .Dr . Agustin Estrada-Peña.” (April).
- Pfäffle, M., Petney, T., Skuballa, J. Et Al. (2011). Comparative Population Dynamics Of A Generalist (Ixodes Ricinus) And Specialist Tick (I. Hexagonus) Species From European Hedgehogs. *Exp Appl Acarol* 54, 151–164
- Pinto, Jeffrey K., Dennis P. Slevin, and Brent English. 2009. “Trust in Projects: An Empirical Assessment of Owner/Contractor Relationships.” *International Journal of Project Management* 27(6): 638–48.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.09.010>.
- Piorr, A., &Ravetz, J. (2011). *PERI-URBANISATION. March.*
- Pomerantsev B. I. : Ixodid Ticks (Ixodidae). *Fauna Sssr, Paukoobraznye, N. S., (1950), (41), 4, (2), 224 P. (English Translation ByElbl, A., Whashingtpn, D.C., 199 P.)*.

- Pomykal J. A (1985). Case Of Infestation Of Humans With Fleas *Archaeopsylla Erinacei* (Siphonaptera, Pulicidae). *Folia Parasitol (Praha)*; 32:348.
- Pullan ,R.L. 2014. “ Global numbers of infection and disease burden of soil transmitted helminth infections in 2010”. *Parasites Vectors*. 2014;7(1):1–19.
- Püttker, Thomas, Yvonne Meyer-Lucht, and Simone Sommer. 2008. “Effects of Fragmentation on Parasite Burden (Nematodes) of Generalist and Specialist Small Mammal Species in Secondary Forest Fragments of the Coastal Atlantic Forest, Brazil.” *Ecological Research* 23(1): 207–15.
- Querouil, Sophie. 2015. “Intérêts et Limites de l' Approche Moléculaire Pour Aborder La Biogéographie et La Spéciation : L' Exemple de Quelques Mammifères d' Afrique Tropicale Int' Ets et Limites de l' Approche Mol' Aborder La Biog' Eres d' Afrique Tropicale.” *B. Soc. Zool. Fr* 4(127r): 359–70.
- Randolph Se (2004) Tick Ecology: Processes And Patterns Behind The Epidemiological Risk Posed By Ixodid Ticks As Vectors. *Parasitology* 129:37–65.
- Randolph, S. E., Green, R. M., Hoodless, A. N., & Peacey, M. F. (2002). An empirical quantitative framework for the seasonal population dynamics of the tick *Ixodes ricinus*. *International Journal for Parasitology*, 32(8), 979–989.  
[https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(02\)00030-9](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(02)00030-9)
- Reeve N. (1994). *Hedgehogs*. London, T And A. D. Poyser Ltd, 1994. 313 Pages
- Reeve, N. J. & Huijser, M.P. (1999). — Mortality Factors Affecting Wild Hedgehogs: A Study Of Records From Wildlife Rescue Centres. *Lutra*, 42: 7-24.
- Reference Bibliographies:
- Revich, Boris, Nikolai Tokarevich, and Alan J. Parkinson. 2012. “Climate Change and Zoonotic Infections in the Russian Arctic.” *International Journal of Circumpolar Health* 71(1): 0–8.

- Rios, Tatiana A. et al. 2020. "Cestode Parasites of Armadillos (Mammalia: Xenarthra) from Argentina: Two New Species of *Mathevotaenia* (Anoplocephalidae) in *Tolypeutes Matuszewska*." *The Journal of parasitology* 106(1): 123–32.
- Rizzoli A., Silaghi C., Obiegala A., Rudolf I., Hubalek Z., Foldvari G., Plantard O., Vayssier-Taussat M., Bonnet S., Spitalska E., Kazimirova M., (2014) – Ixodes Ricinus And Its Transmitted Pathogens In Urban And Peri-Urban Areas In Europe: New Hazards And Relevance For Public Health. *Front Public Health*, 2 : 251.
- Sæther, Bernt Erik, and Steinar Engen. 2019. "Towards a Predictive Conservation Biology: The Devil Is in the Behaviour." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 374(1781).
- Sahu, Kriti R et al. 2020. "Radiation Enhancement of Superconducting Critical Temperature of Fe-Based HTSCs." *International Journal of Advanced Science and Engineering* 06(S2): 11–17.
- Sakraoui, Feriel, Mehdi Boukheroufa, Walid Sakraoui, and Mouiz El Bachir Madoui. 2014. "Ectoparasitic Ecology of Algerian Hedgehog *Atelerix Algirus* (Lereboullet, 1842) (Erinaceidae, Mammalia) in Some Localities of Edough Montain (W. Annaba, Northeast Algeria)." *Advances in Environmental Biology* 8(21): 217–21.
- Salant, H., Mumcuoglu, K. Y., & Baneth, G. (2014). Ectoparasites in urban stray cats in Jerusalem, Israel: Differences in infestation patterns of fleas, ticks and permanent ectoparasites. *Medical and Veterinary Entomology*, 28(3), 314–318.  
<https://doi.org/10.1111/mve.12032>
- Santé, C. (n.d.). *Notes sur les Siphonaptères parasites de Carnivores en F.*
- Schmeller, Dirk S. et al. 2018. "A Suite of Essential Biodiversity Variables for Detecting Critical Biodiversity Change." *Biological Reviews* 93(1): 55–71.
- Schmidt, R. A. (1988). *Motor Control And Learning : Behavioral Emphasis* (2e Edition). Champaign, Illinois : Human Kinetics, Publishers Inc.
- Senaoui C., Boukheroufa M., Sakraoui F., Sakraoui W. (2020). Preferential Fixation Sites And Relative Frequencies Of Ectoparasites At *Atelerix Algirus* (Lereboullet, 1842) In A Locality On The North East Of Algeria. *Eco. Env. & Cons.* 26 (2) ; Pp. (926-930)

- Simpson G.G., (1945) – The Principles Of Classification And A Classification Of The Mammals. Bull. Amer. Nat. Hist. 85 : 350 P
- Skuballa, Jasmin, Petney, Trevor, Pfäffle, Miriam Et Taraschewski, Horst, (2009). Molecular Detection Of *Anaplasma Phagocytophilum* In The European Hedgehog (*Erinaceus Europaeus*) And Its Ticks. In : Vector-Borne And Zoonotic Diseases. 2009. Vol. 10, N° 10, P. 1055-1057. Doi 10.1089/Vbz.2009.0150. Small Mammals. *Ecography*, 28, 453–464.
- Sobecka, Ewa. 2012. “Ecology and Zoogeography of Parasites.” *Oceanography* (March 2012).
- Sobrino, J. A., Oltra-Carrió, R., Soria G., Jiménez-Muñoz, J. C., Franch, N., Hidalgo, V. Et Al. (2013). Evaluation Of The Surface Urban Heat Island Effect In The City Of Madrid By Thermal Remote Sensing. *International Journal Of Remote Sensing*, 34, 3177-3192.
- Sonenshine, D.E., Roe, R.M. (Eds.). (2014a) 2nd Revised Edition. *Biology Of Ticks*, I. New York : Oxford University Press. 557p.
- T.P. Moorhouse, M. Balaskas, N.C. D'cruze, D.W. Macdonald
- Thamm, Sven, Kalko, Elisabeth K. V. Et Wells, Konstans, (2009a). Ectoparasite Infestations Of Hedgehogs (*Erinaceus Europaeus*) Are Associated With Small-Scale Landscape Structures In An Urban–Suburban Environment. In : *Ecohealth*. Septembre 2009. Vol. 6, N° 3, P. 404-413. Doi 10.1007/S10393-009-0268-3.
- Toubal, Boumaza. O.( 1986) : *Phytoécologie, Biogéographie Et Dynamique Des Principaux Groupements Végétaux Du Massif De L'edough (Algérie Nord Orientale)*. Thèse De 3ème Cycle. Univ De Genoble-110 P
- Vaz, V. C., P. S. D'Andrea, and A. M. Jansen. 2007. “Effects of Habitat Fragmentation on Wild Mammal Infection by *Trypanosoma Cruzi*.” *Parasitology* 134(12): 1785–93.
- Veiga, M. R., Stefanidou, M., Balksten, K., Alvarez, I., Nunes, C., Theoridoridid, M., Faria, P., Papayianni, I., van Hees, R., 2019. “Durability of lime based renders: a review of some degradation mechanisms and assessment test methods”. SMSS19 Rovinj,. RILEM SMSS Proceedings. RILEM Publications SARL .

- Víchová, Bronislava, Bona, Martin, Miterpáková, Martina, Kraljik, Jasna, Čabanová, Viktória, Nemčíková, Gabriela, Hurníková, Zuzana Et Oravec, Martin, (2018). Fleas And Ticks Of Red Foxes As Vectors Of Canine Bacterial And Parasitic Pathogens, In Slovakia, Central Europe. In : Vector-Borne And Zoonotic Diseases. Novembre 2018. Vol. 18, N° 11, P. 611-619. Doi 10.1089/Vbz.2018.2314.
- Visser, M., Rehbein, S. Et Wiedemann, C., (2001). Species Of Flea (Siphonaptera) Infesting Pets And Hedgehogs In Germany. In : Journal Of Veterinary Medicine Series B. 14 Avril 2001. Vol. 48, N° 3, P. 197-202. Doi 10.1046/J.1439-0450.2001.00445.X.
- Wall, T. D., Bolden, R. I., & Borrill, C. S., Et Al. (1997). Minor Psychiatric Disorders In Nhs Trust Staff: Occupational And Gender Differences. British Journal Of Psychiatry, 171, 519–523.
- Ward, Paul, and W.J. Sutherland. 1997. “From Individual Behaviour to Population Ecology.” *The Journal of Animal Ecology* 66(4): 605.
- Werner, Courtney S., and Charles L. Nunn. 2020. “Effect of Urban Habitat Use on Parasitism in Mammals: A Meta-Analysis.” *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 287(1927).
- Whitcomb, R. F., Robbins, C. S., Lynch, J. F., Whitcomb, B. L., Klimkiewicz, M. K. & Bystrak, D. (1981). Effects Of Forest Fragmentation On Avifauna Of The Eastern Deciduous Forest. In *Forest Island Dynamics In Man-Dominated Landscapes*, Ed. By R. L. Burgess And B. M. Sharpe, 125-206. New York, Springer-Verlag.
- Whitcomb, R. F., Robbins, C. S., Lynch, J. F., Whitcomb, B. L., Klimkiewicz, M. K. & Bystrak, D. (1981). Effects Of Forest Fragmentation On Avifauna Of The Eastern Deciduous Forest. In *Forest Island Dynamics In Man-Dominated Landscapes*, Ed. By R. L. Burgess And B. M. Sharpe, 125-206. New York, Springer-Verlag.
- Wu, Fan et al. 2020. “A New Coronavirus Associated with Human Respiratory Disease in China.” *Nature* 579(7798): 265–69.

- Xhaxhiu, D., Kusi, I., Rapti, D., Visser, M., Knaus, M., Lindner, T., & Rehbein, S. (2009). Ectoparasites of dogs and cats in Albania. *Parasitology Research*, 105(6), 1577–1587. <https://doi.org/10.1007/s00436-009-1591-x>
- Xiao, Fei et al. 2020. “Evidence for Gastrointestinal Infection of SARS-CoV-2.” *Gastroenterology* 158(6): 1831-1833.e3. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2020.02.055>.
- Yeruham I, Hadani A, Galker F (1998) Some Epizootiological And Clinical Aspects Of Ovine Babesiosis Caused By Babesia Ovis—A Review. *Vet Parasitol* 74:153–163
- Yeruham I, Hadani A, Galker F, Rosen S (1996) The Seasonal Occurrence Of Ticks (Acari: Ixodidae) On Sheep And In The Field In The Judean Area Of Israel. *Exp Appl Acarol* 20:47–56
- Zaremba, Leszek S., and Włodzimierz H. Smoleński. 2000. “Optimal Portfolio Choice under a Liability Constraint.” *Annals of Operations Research* 97(1–4): 131–41.
- Zhu, Na et al. 2020. “A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019.” *New England Journal of Medicine* 382(8): 727–33



# *Annexes*



# Preferential fixation sites and relative frequencies of ectoparasites at *Atelerix algirus* (Lereboullet, 1842) in a locality on the North East of Algeria

Senaoui Charefeddine<sup>1</sup>, Boukheroufa Mehdi<sup>2</sup>, Sakraoui Feriel<sup>2</sup> and Sakraoui Walid<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ecology of Terrestrial and Aquatic System Laboratory, Badji Mokhtar University, BP 12, 23 200, Annaba, Algeria

<sup>2</sup>Soil and Sustainable Development Laboratory, Department of Biology, Faculty of Science, Badji Mokhtar Annaba University BP 12, 23 200, Annaba, Algeria

(Received 25 December, 2019; accepted 12 February, 2020)

## ABSTRACT

The Algerian Hedgehog is an urban adapter that plays the role of vector and host for many parasites, causing the transmission of many pathologies. Our study consists in identifying the different ectoparasitic species according to their fixation site on the host organism and in analysing the flow of their relative frequencies according to the season and sex of the the host. The study was conducted in the locality of Berrihane from April 2017 until May 2018, where 32 field-collected hedgehogs (19 females, 13 males) were measured, weighed then dewormed. The ectoparasites were identified and counted for the calculation of the relative frequencies. The results showed two groups of ectoparasites: fleas and ticks. The taxonomic identification of the fleas allowed to characterize *Archeopsylla erinacea* but also *Ctenocephalide felis*, which confirms the tendency to urbanization of the host species. The results also show that the preferred sites of tick fixation on the body of *Atelerix algirus* are highly dependent on the anatomical characteristics of the mouthparts of ticks, and on the choice of heavily irrigated areas. Taxonomic identification of ticks characterized three species: *Rhipicephalus turanicus*, *Rhipicephalus bursa* and *Ixodes hexagonus*. Analysis of the relative frequencies of ectoparasites as a function of the seasons showed that *Rhipicephalus turanicus*, *Rhipicephalus bursa* and *Archeopsylla erinacea* are summer species, unlike *Ctenocephalide felis* which is present only in the wet season. The analysis of relative frequencies by sex, showed the same ectoparasitic species in each sex, except *Rhipicephalus Bursa* observed in males.

**Key words:** *Atelerix algirus*, Tick fixation site, Ticks, Fleas, Relative frequencies, Northeast of Algeria

## Introduction

The study of parasitic infestation in wild Micromammals, and especially urban adapters, has experienced significant development in these last years (Gomes *et al.*, 2019; Uchida *et al.*, 2019). First, because the collection of definitive host mammals, or even intermediates, infested or infected with parasites, provides much more informations about

contemporary ecological associations than if hosts were considered regardless of parasitic wildlife (Gardner and Campbell, 1992), and others because "urban adapters" are the only species to exploit both urban and rural matrices (Hubert, 2008), and could play an important role in disease transmission cycles (Santiago *et al.*, 2007). Among these species, the hedgehog is considered as preferred model for studying parasitic - host relationships (Gallego *et al.*,

2010). Moreover, many aspects related to parasitic ecology have been extensively studied especially in the European species *Erinaceus europaeus* (Thamm *et al.*, 2012; Pfäffle *et al.*, 2014). In this study, we looked at the Algerian Hedgehog *Atelerix algirus*, whose range extends from southern France (Pyrénées-Orientales), the Spanish Mediterranean coasts, the Canary Islands, the Balearic Islands and Malta. In Africa, it is found in Algeria, Mauritania, the Spanish Sahara, Morocco, Libya, and Tunisia (Saint Giron, 1973; Aulagnier and Thevenot, 1986; Reeve, 1994). The objective of this study is to identify and analyse the preferred fixation sites of ticks at *Atelerix algirus*, and also to analyse the relative frequencies of ectoparasites according to the sex and season.

## Methodology

This study was conducted from April 2017 until May 2018, in the locality of Berrihane (36° 55N / 8° 7E) in the north-east of Algeria (Fig. 1). This locality is characterized by a vivid sharp vegetation cover, dense oak and cultivated land and livestock (Fig. 2).



**Fig. 1.** Geographical situation of the study locality (Delimited in White) Source: <https://www.google.dz/maps/place/Berrihane/>. Modified by Senaoui (present work).

Catch campaigns were conducted due to two trips per month (24 to 48 hours intervals) for a total of 24 field trips. Since the animal is nocturnal, research starts from dusk. We proceeded during two hours of time (from 19h to 21h) to an active search of the hedgehogs while walking at constant speed (2 Km/h on average). 32 hedgehogs were caught, sexed, weighed, measured, dewormed and then released. Ectoparasites are harvested in sealed vials and fixed in ethanol at 70 °C. The parasites were



**Fig. 2.** Locality of Berrihane (Photo taken by Senaoui 2018)

identified by using dichotomous keys for ticks (Walker *et al.*, 2003), and for fleas (Beaucournu and Launey, 1990; Franc, 1994). We also characterized the preferential zones of the distribution of ticks on the body of 16 hedgehogs randomly selected (10 females and 6 males), after each deworming. Finally, we calculated the relative frequencies of ectoparasites (number of each ectoparasite species / number of all ectoparasite collected X 100). All results are illustrated in Microsoft Office Excel by histograms. For statistical analysis, we used Student's T-tests for the comparison of means by using Minitab 17 (2015 Edition).

## Results

### Preferential Tick Fixation Zones on Hedgehogs body

Our results showed that ticks attach preferentially to the lower paws (33%), followed by the anus (27%), the abdomen (13%), the ears (13%), and to a lesser extent the back and upper paws (7% for each). Spatial – temporal analysis of these data shows significant differences in tick distribution. In males, the preferred fixation site is the lower paws, whereas in females the ticks prefer to settle around the anus and lower paws.

### Taxonomic Identification

The use of identification keys allowed us to characterise three species of ticks *Rhipicephalus turanicus*, *Rhipicephalus bursa* and *Ixodes hexagonus* and two species of Fleas *Archeopsylla erinacea* and

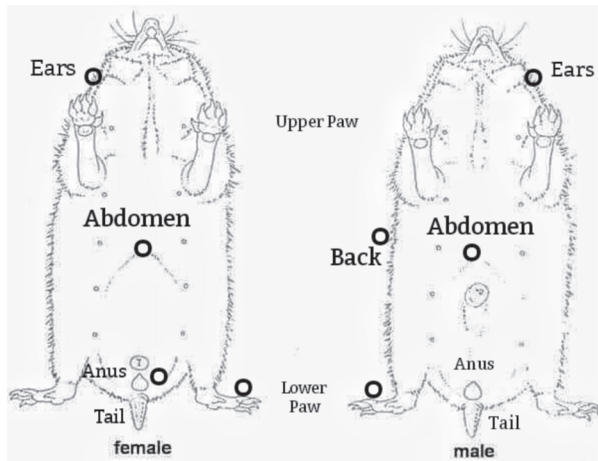


Fig. 2. Distribution of ticks in hedgehog's body (Modified after Reeve, 1994)

*Ctenocephalides felis* (Fig. 3 and 4).

**Relative Frequencies**

The calculation of the relative frequencies of the different parasites clearly shows that the most abundant species are: *Rhipicephalus Turanicus* (Ticks) and *Archeopsylla Erinacea* (fleas) during the dry season (\*:p<0.05). During the wet season, the most abundant species are essentially fleas. In ticks, *Rhipicephalus Turanicus* is the most abundant (\*:p<0.05) (Fig. 5).

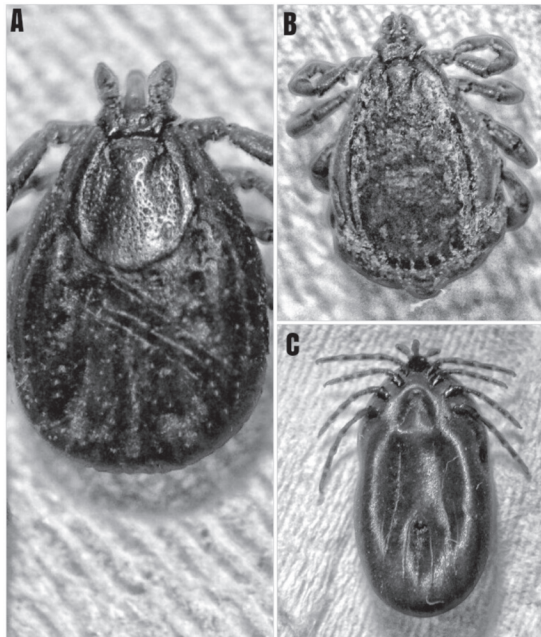


Fig. 3. Ticks in *Aterix algirus*. A : *Rhipicephalus bursa*; B : *Rhipicephalus turanicus*; C : *Ixodes hexagonus*

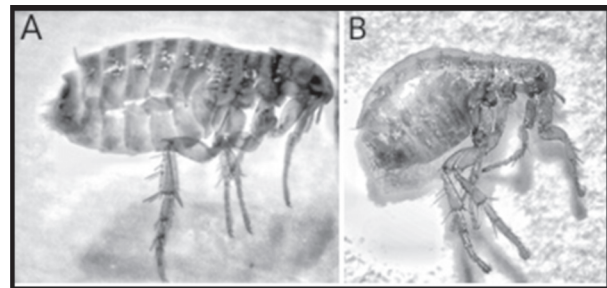


Fig. 4. Fleas in *Aterix algirus* A : *Ctenocephalides felis* B : *Archeopsylla erinacea*

The calculation of parasite's relative frequencies in relation to the sex of the host showed that females (F= 2.82; \*: p= 0.03) are most infested than males (M= 1.58; p= 0.192 NS) (Fig. 6).

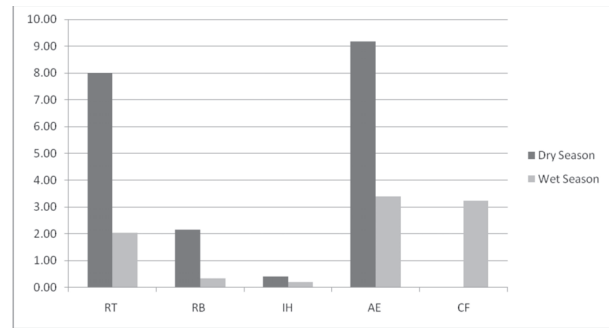


Fig. 5. Relative frequency of ectoparasites by season

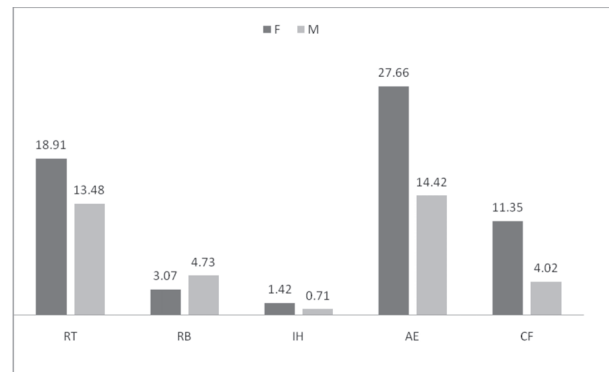


Fig. 6. Relative frequencies of ectoparasites relative to sex

**Discussion**

The parasitic ecology of *Aterix algirus* (Lereboullet, 1842) has been particularly studied throughout the species' range (Khaldi *et al.*, 2012; Sakraoui *et al.*, 2014; Medina, 2016). In this study we first looked at the preferential fixation tropism of ectoparasites, especially in ticks, since by definition, fleas are more

attached to the nest than to the host species themselves (Bitam *et al.*, 2010). Our results reveal a preferential fixation in 4 areas: lower legs (33%), anus (27%), and equally the abdomen ears (13%). The preferred uptake sites of ectoparasites are generally influenced by various factors such as tick morphology (hypostoma length), host morphology (coat length), host immune responses, self-grooming, interspecific interactions, heat dissipation behaviour, and feeding phase duration (Belan and Bull, 1991; Shaw *et al.*, 2002). This explains the choice of tick fixation in an area of high vascularity where they can easily penetrate the skin, while avoiding accessible areas for grooming and where host skin is difficult to penetrate (Fourie *et al.*, 1991; Kiffner *et al.*, 2011). Regarding the taxonomic identification of ectoparasites, we identified three species of ticks: *Rhipicephalus turanicus*, *Rhipicephalus bursa*, and *Ixodes hexagonus*. Our results are similar to those found by many authors in Algeria (Madoui *et al.*, 2014; Boukheroufa, 2017) and through its range (Chochlakis *et al.*, 2014; Hosni *et al.*, 2014). Many authors have identified the genus *Rhipicephalus*, including *Rhipicephalus turanicus* and *Rhipicephalus bursa*, which colonize the Mediterranean region, including Algeria (Estrada – Pena *et al.*, 2004; Halos, 2005). *Rhipicephalus* ticks are potential reservoirs of many pathogens and can act as vectors for *Rickettsia*, *Anaplasma*, *Theileria*, *Babesia*, and arbovirus (Psaroulaki *et al.*, 2006). We also identified two species of Fleas: *Archeopsylla erinacea* which is the specific flea of the hedgehog (Franc, 2006), and *Ctenocephalides felis*, which usually parasites cats, but can infest other species such as dogs, rabbits and hedgehogs (Elsheikha, 2017). This species of chip is more attached to a microclimate than to a host. Thus, all mammals living in the same biotope are likely to be parasitized by *Ctenocephalides felis* (Bitam *et al.*, 2010). Their frequency is higher in the wet season, this suppose that in lack of food resources, hedgehogs will tend to get closer to agricultural or urban environments, which leads to contact with other animal species such as cats, dogs, sheep, goats and therefore exposed to infestation by *Ctenocephalides felis*. Analysis of relative frequencies by season showed that *Rhipicephalus turanicus*, *Rhipicephalus bursa* and *Archeopsylla erinacea* are more abundant in dry season, and that *Rhipicephalus turanicus* and *Ctenocephalides felis* are more abundant in the wet season. Estrada-Peña *et al.*, (2004) and Halos, (2005) characterized the habitat of the two Mediterranean

species *Rhipicephalus bursa* and *Rhipicephalus turanicus* as thermophiles. They are found around the Mediterranean basin, as far as the Caspian Sea to the east and the Atlantic Pyrenees to the west. They mainly use open or semi-open biotopes such as mediterranean scrub or wooded pastures, often close to domestic animal husbandry. *Ixodes hexagonus* is a summer nesting species found in burrows but also occasionally in caves. It is, like *Ixodes ricinus*, an ectoparasite common to hedgehogs, but with a particularity because it is specific to it and inhabits its nest (Liebisch and Walter.,1986; Toutoutoungi *et al.*, 1995; Camacho *et al.*, 2003). The analysis of relative frequencies by sex showed that parasitic infestation is greater in females than in males (with the exception of *Rhipicephalus bursa*). This phenomenon could be explained by all tasks accomplished by the female of *Atelexis algirus* during reproduction period, from the construction of the nests to the breeding of the youngs, which makes these females vulnerable to parasites infestation, particularly nesting parasites (Saboureau *et al.*, 1984; Mouhoub-Sayah, 2009).

## References

- Aulagnier, S. and Thevenot, M. 1986. Catalogue des mammifères sauvages du maroc. *Trav. Inst. Serie Zool.* 41 : 164.
- Beaucournu, J.C. and Launay, H. 1990. Les puces (siphonaptera) de france et du bassin mediterraneen. *France et regions limitrophes. No 76, fed.fr.scc.sc.nat..paris.* 548.
- Belan, I. and Bull C.M. 1991. Host detection by four australian tick species. *J. Parasitol Infectious Diseases.* 77 : 337-340.
- Bitam, I., Dittmar, K., Parola, P., Whiting, M.F. and Raoult, D. 2010. Fleas and flea borne diseases. *International Journal of Infectious Diseases.* 14 : 667-676.
- Boukheroufa, M. 2017. *Ecophysiologie du herisson d'algerie atelerix algirus (lereboullet, 1842) dans le parc national d'el kala.* University of badji mokhtar, Annaba, Algeria
- Camacho, A.T., Pallas, E. Gestal, J.J. Guitián, F.J. Olmeda, A.S. and Spielman, A.S.R. 2003. *Ixodes hexagonus* is the main candidate as vector of *theileria annae* in northwest spain. *Vet. Parasitol.* 112 : 1-7.
- Chochlakis, D., Ioannou, I., Papadopoulos, B. Tselentis, Y. and Psaroulaki, A. 2014. *Rhipicephalus turanicus*: from low numbers to complete establishment in Cyprus and its possible role as a bridge-vector. *Parasites & Vectors.* 7(1): 11.
- Elsheikha, H. 2017. Ectoparasites: preventive plans and innovations in treatment. *Vet Times.* 47(14) : 6-12.

- Estrada-peña, A., Bouattour, A., Camicas, J.L. and Walker, A.R. 2004. Ticks of domestic animals in the mediterranean region: a guide to identification of species. University of Zaragoza, itg library, zaragoza, espagne. 131 pp.
- Franc, M. 1994. Puces et methodes de lutte. *Rev. Sci. Tech. Off. Int.* 13 (4) : 1019-1037.
- Franc, M. 2006. Les puces du chien et du chat. *Insectes.* 143: 11-13.
- Fourie, I.J., Horak, I.G. and Van Zyl, J.M. 1991. Sites of attachment and intraspecific infestation densities of the brown paralysis tick (*Rhipicephalus punctatus*) on angora goats. *Exp. Appl. Acarol.* 12 : 243-249.
- Gardner, S. L. and Campbell, M.L. 1992. Parasites as probes for biodiversity. *The Journal of Parasitology.* 78: 596-600.
- Gomes, D.J., Wierzbowska, I.A. and Bevanger, K. Diet of the European badgers (*Meles meles*) in urban and rural areas of Norway. *Eur J Wildl Res.* 66 : 7.
- Halos, H. 2005. *Detection de bacteries pathogenes dans leur vecteur, les tiques dures (acarien: ixodidae).* These de doctorat. Institut agronomique paris – grignon. 175pp.
- Hosni, M.M. and El Maghrbi, A.A. 2014. Ectoparasites infestation of free-ranging hedgehog (*Eteleryx algirus*) in north western libya. *Open Veterinary Journal.* 4 (1) : 12-15.
- Hubert, P. 2008. *Effets de l'urbanisation sur une population de Hérissons Européens (Erinaceus europaeus).* PhD Thesis, Reims: Université de Reims Champagne-Ardenne, 124p
- Kiffner, C., Iodige, C., Aling, M., Vor, T. and Ruhe, F. 2011. Attachment site selection of ticks on roe deer, *capreolus capreolus*. *Experimental and Applied Acarology* 53 : 79-94.
- Liebisch, A. and Walter, G. 1986. Untersuchungen von zecken bei haus- und wildtieren in deutschland: zum vorkommen und zur biologie der igelzecke (*ixodes hexagonus*) und der fuchszecke (*ixodes canisuga*). *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift.* 93: 447-450.
- Madoui, B.M., Sakraoui, F., Houhamdi, M. and Bouslama, Z. 2014. Characterisation et dynamique des peuplements de puces de la faune sauvage et domestique : *Impact Sur la Sante.* 67.
- Medina, F.M. 2016. First record of algerian hedgehog *Atelerix algirus* (Lereboullet, 1842) in La Palma island biosphere reserve. *Galemys.* N3.
- Mouhoub Sayah, C., Robin, J. P., Pévet, P., Monecke, S., Doumandji, S. and Saboureau, M. 2009. Road mortality of the Algerian hedgehog (*Atelerix algirus*) in the Soummam Valley (Algeria). *Revue d'écologie.* 64: 145-156.
- Pfäffle, M., Petney, T., Skuballa, J., and Taraschewski, H. 2011. Comparative population dynamics of a generalist (*ixodes ricinus*) and specialist tick (*i. Hexagonus*) species from european hedgehogs. *Exp Appl Acarol.* 54: 151-164.
- Psaroulaki, A., Agiadakou, D., Kouris, G., Papadopoulos, B., Chaniotis, B. and Tselentis, Y. 2006. Ticks, tick-borne rickettsiae, and *coxiella burnetii* in the greek island of cephalonia. *Ann Ny Acad Sci.* 1078 : 389-399.
- Reeve, N. 1994. Hedgehogs. *T & A D Poyser Natural History, London.*
- Saboureau, M., Castaing, L. and Boissin, J. 1984. Influence du taux plasmatique de testostérone et du jeûne sur les variations automnales et hivernales de l'activité motrice générale du hérisson, *erinaceus europaeus* l. *C. R. Acad. Sc. Paris.* 299 : 239-244.
- Saint Giron, M.C. 1973. Les mammifères de france et de benelux. *ed. A. Fayard, Paris,* p.20-25.
- Santiago, M. E. B., Vasconcelos, R. O., Fattori, K. R., Munari, D. P., Michelin, A. F. and Lima, V.M.F. 2007. An investigation of *Leishmania* spp. in *Didelphis* spp. from urban and peri-urban areas in Bauru (São Paulo, Brazil). *Veterinary Parasitology.* 150: 283-290.
- Shaw M.T., Keening F., Mcgrail R. and Ostfeld, R. 2002. Factors influencing the distribution of larval blacklegged ticks on rodent hosts. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene.* 68(4): 447-452.
- Toutoungi, L. N., Gern, L. and Aeschlimann, A. 1995. Biology of *ixodes (pholeoixodes) hexagonus* under laboratory conditions. Part ii. Effect of mating on feeding and fecundity of females. *Exp. & appl. Acarol.* 19: 233-245.
- Thamm, S., Kalko, E. and Wells, K. 2012. Ectoparasite infestations of hedgehogs (*Erinaceus europaeus*) are associated with small-scale landscape structures in an urban-suburban environment.
- Ushida, K., Suzuki, K.K., Shimamoto, T., Yanagawa, H. and Koizumi, I. 2019. Decreased vigilance or habituation to humans? Mechanisms on increased boldness in urban animals. *Behaveco.* 30 (6) : 1583-1590.
- Walker, A.R., Camicas, J.L., Estrada-pena, A, Horak, I.G., Latif, A.A., Pegram, R.G. and Preston, P.M. 2003. Ticks of domestic animal in africa: a guide to identification of species, *biosciences report, edinburgh eh105qr, scotland, u.k, ed the university of edinburgh.* 227p.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

DIRECTION GENERALE DES ENSEIGNEMENTS ET DE LA FORMATION SUPERIEURS  
DIRECTION DE LA FORMATION DOCTORALE ET DE L'HABILITATION UNIVERSITAIRE

SOUS-DIRECTION DE LA RECHERCHE-FORMATION ET DE L'HABILITATION UNIVERSITAIRE

EVALUATION DES BILANS DE RECHERCHE UNIVERSITAIRE

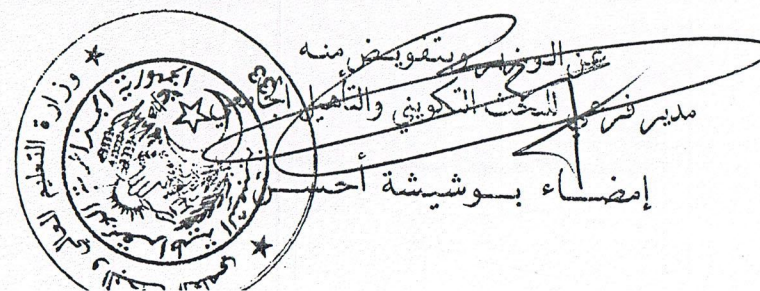
Etablissement : U ANNABA

Session Ordinaire : 2017

Domaine : : SCIENCES DE LA NATURE

Filière : SCIENCES BIOLOGIQUES

Intitulé du Projet	Chef de Projet	Membres de l'équipe	Grade	Observations
Interactions sol – faune	BOUKHEROUFA – Sakraoui Feriel  Grade: MC A	BOUKHEROUFA MEHDI DADCI RYM BOULAHBAL RAOUF SENNAOUI CHARAF EDDINE RAHAL LINDA	MC B MC B MC B Doctorant Doctorante	Bilan positif  Reconduit pour les deux années 2017-2018  - Des publications et des communications internationales sont mentionnées. Les lieux des communications internationales devraient être précisés. - Une thèse de doctorat et une HDR soutenues. Des précisions devraient être indiquées (noms des concernés, dates de soutenances, encadreurs etc...)  Ancien Code Projet : F01120140081



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Direction Générale des Enseignements et de la Formation Supérieurs  
Direction de la Formation Doctorale et de l'Habilitation Universitaire

Sous-Direction de la Recherche-Formation et de l'Habilitation Universitaire

ÉTAT D'AGRÉMENT

N° : 59 / S.D.R.F.H.U / 2019

Établissement : Université de Annaba

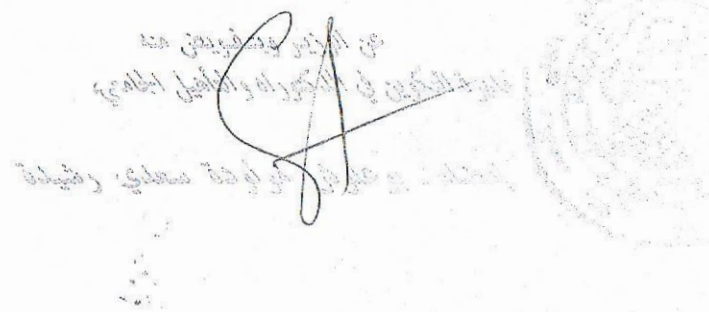
Domaine : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

Filière: Ecologie et Environnement

Session Ordinaire : 2019

Intitulé du projet	Chef du projet	Membres	Grade	Observations
Réponses adaptatives des communautés animales à la dégradation des milieux naturels	Mme. Boukheroufa - Sakraoui feriel  Grade: MCA	- M. SENAOUI CHAREF EDDINE - Mme. LAREF NARIMAN - M. BOUKHEROUFA MEHDI - Mme. BELBEL FATMA - Mme. BOUHAFS ép BOURENANE NAZIHA	Doctorant Doctorant MCB Doctorant MCA	- Projet agréé à partir du : 01/01/2019 - Durée du projet: 04 ans - Code de projet: D00L02UN230120190004

11/07/2019

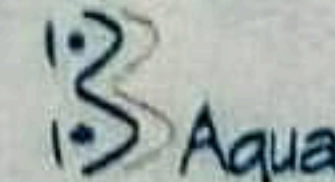




Université Badji Mokhtar Annaba - Algérie  
Faculté des Sciences  
Laboratoire d'Ecologie des Systèmes Terrestres et Aquatiques



Université De Carthage - Tunisie  
L'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer  
Laboratoire de Biotechnologie et Biodiversité Aquatiques  
Institution de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur Agricoles



## 1er Colloque International Bio-ressources et Économie Bleue et Verte

# ATTESTATION

Le Comité d'Organisation du Premier Colloque International de Bioressources et Economie Bleue et Verte tenu à Hammamet - Tunisie du 26 au 29 avril 2018, certifie que :

**Mr. SENAOUI charef eddine**

A présenté une communication Affichée intitulée :

**« IDENTIFICATION DES ZONES PRÉFÉRENTIELLES DE RÉPARTITION DES  
TIQUES SUR LE CORPS DU HÉRISSON D'ALGÉRIE (*Atelerix algirus*) »**

*Co-auteurs* : Boukheroufa, M, Sakraoui, F , Bouslama, Z



Président du Colloque  
des Sciences et Technologies de la Mer

Signé: Hechmi MISSAOU

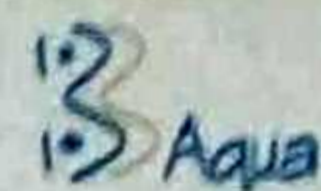
Du 26 au 29 Avril 2018  
à l'hôtel les colombes Hammamet - Tunisie



Université Badji Mokhtar Annaba - Algérie  
Faculté des Sciences  
Laboratoire d'Ecologie des Systèmes Terrestres et Aquatiques



Université De Carthage - Tunisie  
L'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer  
Laboratoire de Biotechnologie et Biodiversité Aquatiques  
Institution de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur Agricoles



## 1er Colloque International Bio-ressources et Économie Bleue et Verte

# ATTESTATION

Le Comité d'Organisation du Premier Colloque International de Bioressources et Economie Bleue et Verte tenu à Hammamet - Tunisie du 26 au 29 avril 2018, certifie que :

**Mr. Senaoui Charef Eddine**

A participé aux travaux du colloque autant que membre du comité d'organisation

**BEBV Hammamet 2018**

Présidentes du Colloque

Le Directeur Général de l'Institut National  
des Sciences et Technologies de la Mer

Signé: Hechmi MISSADJI



Du 26 au 29 Avril 2018  
à l'hôtel les colombes Hammamet - Tunisie

Association Tunisienne  
de Biotechnologie et  
Valorisation des Bio-Ressources

Tunisian Association  
of Biotechnology  
and Bio-Resources Valorization

# ATTESTATION DE PARTICIPATION

Le Président de l'AT-BVBR, atteste que

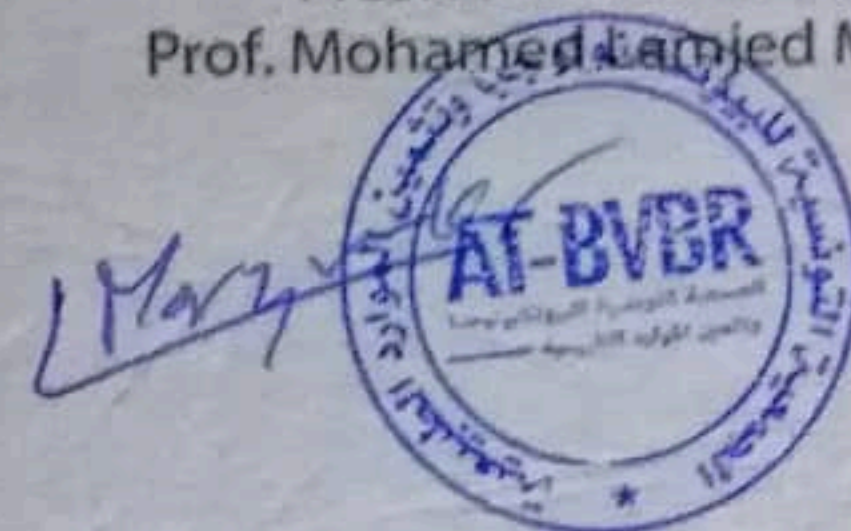
**CHAREFEDDINE SENAOUI**

a présenté au VI<sup>ème</sup> congrès international de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources,  
organisé par l'AT-BVBR du 20 au 23 Mars 2019 à Tabarka -Tunisie, une communication  
par affiche intitulée:

**L'INCIDENCE DES CONDITIONS CLIMATIQUES, ET DE LA FRAGMENTATION DE L'HABITAT SUR  
L'INFESTATION PARASITAIRE DU HERISSON D'ALGERIE (*Atelerix algirus*)**

Senaoui Charefeddine, Boukheroufa Mehdi, Sakraoui Feriel

Président de l'AT-BVBR  
Prof. Mohamed Lamiel MARZOUKI



# Intensités parasitaires et tendance à l'urbanisation du Hérisson d'Algérie *Atelerix algirus*.

Boukheroufa M., Senaoui C., Belbel F., Sakraoui F.

Laboratoire sols et développement durable. Université Badji Mokhtar Annaba

## Résumé

Nous sommes partis de l'hypothèse d'une adaptation écophysiological chez un modèle « Urban adapter » : Le Hérisson d'Algérie, face à la dégradation de son milieu de vie. L'étude qui en découle a été réalisée de janvier 2010 jusqu'à mai 2014, où nous avons pu capturer 133 hérissons (72 mâles et 61 femelles) dans cinq localités du Parc National d'El Kala : Raml souk, El Aioun, Berrihane, El Kala et Bougous, différentes par leurs superficies utiles (forêts et terres agricoles) et par leur degré d'urbanisation. Nous avons étudié la relation ectoparasites – Hérisson dans la localité de Berrihane, à travers l'identification taxonomique des ectoparasites, le calcul et l'analyse des indices parasitaires. Nos résultats nous ont permis de caractériser la zone de vie préférentielle de l'espèce dans le Parc National d'El Kala. Ainsi, la localité de Berrihane, qui est une zone semi urbaine, aussi bien forestière qu'agricole, affiche les abondances les plus élevées, car elle répond le mieux aux différents besoins de l'espèce. L'étude de la relation ectoparasites – Hérisson, nous a tout d'abord permis d'identifier 04 espèces de Tiques : *Ixodes ricinus*, *Ixodes hexagonus*, *Rhipicephalus bursa* et *Rhipicephalus turanicus*, et une espèce de Puces : *Archaeopsylla erinacei*, la puce caractéristique du hérisson. Nous avons également comptabilisé 2007 ectoparasites (454 tiques et 1553 puces). Les valeurs élevées des indices parasitaires chez les Hérissons capturés dans la zone de Berrihane résultent non seulement de l'abondance de l'espèce dans ce milieu, mais également de sa proximité avec les animaux d'élevage, ce qui pourrait induire l'émergence ou la réémergence de maladies.

**Mots clés :** *Atelerix algirus*, PNEK, Bio écologie, relation ectoparasites - hôte, urbanisation



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Chadli Bendjedid- El Tarf  
Faculté des sciences de la nature et de la vie  
Département de Biologie  
Laboratoire de Recherche sur la Biodiversité et la Pollution des Écosystèmes



**1<sup>er</sup> Congrès international de Biodiversité, Risques Environnementaux et Santé Publique**  
**-En Ligne Via ZOOM- CIBRESP, les 07 et 08 Avril 2021**

**ATTESTATION DE PARTICIPATION**

La Présidente du Congrès et le Président du Comité Scientifique attestent par la présente que :

Mme/Mlle/Mr. **Boukheroufa Mehdi**, Université Badji Mokhtar Annaba  
a participé au **1<sup>er</sup> Congrès international de Biodiversité, Risques Environnementaux et Santé Publique CIBRESP, En ligne - via Zoom- les 07 et 08 Avril 2021** par une communication orale intitulée :  
« **Intensités parasitaires et tendance à l'urbanisation du Hérisson d'Algérie *Atelerix algirus*** »  
En collaboration avec : **Senaoui C., Belbel F., Sakraoui F**

Le Président du Comité Scientifique  
Pr. Nasri Hichem

Pr. NASRI Hichem  
Professeur et Directeur de Recherche  
Laboratoire de Recherche Biodiversité et  
Pollution des Ecosystèmes  
Faculté SNV, Université Chadli Bendjedid  
W- El-Tarf

La Présidente du Congrès  
Dr. Djabali Nacira

Université Chadli Bendjedid - El-Tarf  
Dr. DJABALI Nacira  
Présidente du 1<sup>er</sup> Congrès International  
"Biodiversité, Risques Environnementaux Et  
Santé Publique CIBRESP", En Ligne Via ZOOM  
Les 07 et 08 Avril 2021

