

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMÈRI DE TIZI OUZOU  
FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES



**Thèse**

Présentée par

**MERABET Samira**

En vue de l'obtention du titre de

**DOCTEUR EN SCIENCES BIOLOGIQUES**

Spécialité

**Sciences biologiques**

**Intérêt des approches morphométriques, écologiques, parasitaires  
pour une meilleure connaissance des populations de Rongeurs  
Muridés en Kabylie du Djurdjura**

Mr Amroun Mansour	Professeur, UMMTO	Président
Mme Khammes-El homsi Nora	Maître de conférences A, UMMTO	Rapporteur
Mme Milla Amel	Professeur, ENVA	Co-rapporteur
Mr Mouloua Abdelkamel	Maître de conférences A, UMMTO	Examineur
Mr Bounaceur Farid	Professeur, Université Tissemsilt	Examineur
Mr Souttou Karim	Professeur, Université Djelfa	Examineur

Année universitaire 2021/2022

## REMERCIEMENT

Je tiens tout d'abord à remercier chaleureusement Madame Khammes- El Homsy Nora, Maître de conférences à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi- Ouzou, ma directrice de thèse d'avoir accepté de diriger mes recherches, pour son suivi, pour sa disponibilité et pour les encouragements continus qu'elle m'a procuré tout au long de ce travail. Ses judicieux conseils scientifiques et moraux ont toujours répondu présent quand il le fallait. Elle s'est donnée la peine de corriger le manuscrit. Qu'elle trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Je remercie Madame Milla Amel, Professeur à l'Ecole National Vétérinaire d'Alger (ENVA), ma co- directrice de thèse, pour ses encouragements, son soutien, son aide et ses efforts et pour sa gentillesse. Qu'elle trouve ici mes sincères remerciements.

Je remercie Monsieur Amroun Mansour, Professeur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi- Ouzou de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de la thèse. Qu'il trouve ici l'expression de toute ma gratitude.

Monsieur Bounaceur Farid Professeur à l'Université de Tissemsilt a accepté sans hésitation d'être membre de jury de cette thèse. Je le remercie vivement.

Monsieur Souttou Karim, Professeur à l'Université de Djelfa, a bien voulu prendre part à ce jury. Qu'il trouve ici l'expression de mes sincères et cordiaux remerciements.

J'adresse mes remerciements à Monsieur Mouloua Abdelkamel, Maître de conférences à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi- Ouzou, pour ses encouragements et conseils et d'avoir accepté de se joindre à ce jury.

J'ai aussi le devoir d'exprimer mes sincères remerciements et ma gratitude à Mr Aulagnier Stéphane professeur à l'Université Paule Sabatier III Toulouse.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à Monsieur Morand Serge, professeur à l'Université de Montpellier 2, de m'avoir aidé pour initier le travail parasitologique et pour ses précieux conseils.

J'ai le plaisir aussi de remercier le Docteur Alexis Ribas Salvador de l'Université de Pharmacie de Barcelone (Espagne) pour son aide précieuse pour l'identification des espèces parasites.

Egalement j'exprime ma gratitude à tous les enseignants et collègues du département de Biologie de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Pour finir, je tiens à remercier chaleureusement toutes les personnes qui m'ont accompagné et qui ont contribué de près où de loin à la réalisation de ce travail en particulier mes parents (mon père paix à son âme), mes amies et copines, mes frères et ma sœur et leurs petites familles et mon époux, pour leur soutien moral et leur aide qu'ils m'ont accordé et sans leur appui, la réalisation de ce travail n'aurait pas été possible.

## Sommaire

### Liste des figures

### Liste des tableaux

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre I : Modèles biologiques</b> .....	5
<b>1. Présentation du genre <i>Apodemus</i></b> .....	5
1.1. Le mulot sylvestre ( <i>Apodemus sylvaticus</i> ) .....	6
1.1.1. Morphologie .....	6
1.1.2. Répartition .....	7
1.1.3. Habitat .....	8
1.1.4. Régime alimentaire .....	9
1.1.5. Reproduction .....	9
1.1.6. Dynamique et structure des populations .....	10
1.1.7. Comportement .....	11
1.1.8. Parasites .....	12
<b>2. Présentation du genre <i>Mus</i></b> .....	12
2.1. La souris sauvage ( <i>Mus spretus</i> ) .....	13
2.1.1. Morphologie .....	13
2.1.2. Répartition .....	14
2.1.3. Habitat .....	15
2.1.4. Régime alimentaire .....	15
2.1.5. Reproduction .....	16
2.1.6. Dynamique et structure des populations .....	16
2.1.7. Comportement .....	17
2.1.8. Parasites .....	17
<b>3. Présentation du genre <i>Lemniscomys</i></b> .....	18
3.1. Le rat rayé ( <i>Lemniscomys barbarus</i> ) .....	19
3.1.1. Morphologie .....	19
3.1.2. Répartition .....	20
3.1.3. Habitat .....	20
3.1.4. Régime alimentaire .....	20
3.1.5. Reproduction .....	21
3.1.6. Dynamique et structure des populations .....	21
3.1.7. Comportement .....	21

3.1.8. Parasites.....	22
4. Présentation du genre <i>Rattus</i> .....	22
4.1. Le rat surmulot ( <i>Rattus norvegicus</i> ) .....	23
4.1.1. Morphologie .....	23
4.1.2. Répartition .....	25
4.1.3. Habitat .....	25
4.1.4. Régime alimentaire.....	26
4.1.5. Reproduction .....	26
4.1.6. Dynamique et structure des populations.....	27
4.1.7. Comportement .....	27
4.1.8. Parasites.....	28
<b>Chapitre II : Matériel et méthodes</b> .....	29
<b>1. Présentation générale de la Kabylie du Djurdjura</b> .....	29
<b>2. Présentation des stations d'étude</b> .....	30
<b>2.1. Forêt de Mizrana</b> .....	30
2.1.1. Situation géographique.....	30
2.1.2 Composition floristique.....	30
<b>2.2. Boudjima</b> .....	32
2.2.1. Situation géographique.....	32
2.2.2. Composition floristique.....	32
<b>2.3. Milieu semi- urbain</b> .....	33
<b>3. Méthodologie</b> .....	35
<b>3.1. Travail de terrain</b> .....	35
3.2. Protocole d'échantillonnage .....	36
<b>3.3. Travail de laboratoire</b> .....	37
3.3.1. Examen des rongeurs capturés .....	37
a. Sexe et activité sexuelle.....	37
b. Caractéristiques morphométriques.....	39
- Mensurations corporelles .....	39
- Mensurations crâniennes et dentaires .....	39
c. Détermination de l'âge.....	42
d. Recherche des ectoparasites des rongeurs capturés.....	45

3.3.2. Dissection des rongeurs capturés.....	46
a. Prélèvement et conservation des parasites intestinaux .....	47
b. Identification des helminthes .....	48
<b>3.4. Traitement des données et analyses statistiques.....</b>	<b>49</b>
3.4.1. Effort de l'échantillonnage .....	49
3.4.2. Traitement des données parasitaires.....	49
<b>a. La prévalence</b> .....	49
<b>b. Intensité moyenne</b> .....	50
<b>c. Abondance</b> .....	50
3.4.3 Les analyses statistiques .....	50
a. Analyses de la variance (ANOVA) .....	50
b. Test de Tukey .....	50
c. Test du khi-deux .....	51
d. Corrélation de Pearson .....	51
e. Analyse en composantes principales (ACP) .....	51
f. test de Kruskal- Wallis .....	51
<b>Chapitre III : Résultats.....</b>	<b>52</b>
<b>1. Résultats de l'échantillonnage des rongeurs.....</b>	<b>52</b>
<b>2. Effort d'échantillonnage et indice d'abondance .....</b>	<b>53</b>
<b>3. Phénologie des captures des espèces de muridés dans les différentes stations.....</b>	<b>53</b>
3.1. Variations des captures des espèces de muridés au niveau du maquis à Boudjima.....	53
3.2. Variations des captures d' <i>A. sylvaticus</i> dans la forêt de Mizrana.....	55
3.3. Variations des captures des espèces de muridés au niveau du milieu semi-urbain à Boudjima.....	55
<b>4. Phénologie des captures des espèces de rongeurs en liaison avec le sexe.....</b>	<b>56</b>
4.1. Variations des captures des espèces de rongeurs au niveau du maquis à Boudjima en liaison avec le sexe .....	56
4.2. Variations des captures d' <i>Apodemus sylvaticus</i> au niveau de la forêt de Mizrana en liaison avec le sexe .....	58
4.3. Variations des captures au niveau du milieu semi-urbain en liaison avec le sexe .....	58
<b>5. Caractérisation morphométrique et crânienne des rongeurs capturés dans les trois stations de la Kabylie du Djurdjura.....</b>	<b>59</b>

5.1. Biométrie de <i>Lemniscomys barbarus</i> dans le maquis à Boudjima.....	59
5.2. Biométrie d' <i>Apodemus sylvaticus</i> au niveau du maquis à Boudjima.....	62
5.3. Biométrie d' <i>Apodemus sylvaticus</i> dans la forêt de Mizrana .....	64
5.4. Biométrie du rat surmulot <i>Rattus norvegicus</i> capturé dans le milieu semi-urbain.....	66
<b>6. Etude comparative entre les individus d'<i>Apodemus sylvaticus</i> capturés dans les deux stations de la Kabylie (maquis et forêt).</b> .....	<b>69</b>
6.1. Matrice de corrélation de Pearson des variables crâniennes prises sur le mulot sylvestre en Kabylie du Djurdjura .....	69
6.2 Analyse en composantes principales (ACP) appliquée aux différentes variables craniométriques.....	69
6.3. Matrice de corrélation de Pearson des variables mandibulaires prises sur le mulot sylvestre en Kabylie du Djurdjura.....	71
6.4 Analyse en composantes principales (ACP) appliquée aux différentes variables mandibulaires du mulot sylvestre en Kabylie du Djurdjura.....	72
<b>7. Phénologie de la reproduction des quatre espèces de muridés au niveau des trois stations.</b> .....	<b>73</b>
7.1. Age-ratio et activité sexuelle des espèces de muridés capturées au niveau du maquis à Boudjima.....	74
7.2. Évolution mensuelle des différentes classes d'âge d' <i>Apodemus sylvaticus</i> dans la forêt de Mizrana .....	76
7.3. Évolution mensuelle des différentes classes d'âge de <i>R. norvegicus</i> dans le milieu semi-urbain.....	77
<b>8. Résultats des parasites des rongeurs étudiés</b> .....	<b>79</b>
<b>8.1. Les ectoparasites</b> .....	<b>80</b>
<b>8.2. Les endoparasites</b> .....	<b>81</b>
8.2.1. Nématodes .....	81
8.2.2. Cestodes .....	87
<b>8.3. Richesse parasitaire</b> .....	<b>90</b>
<b>8.4. Charge parasitaire totale en fonction des espèces de rongeurs</b> .....	<b>91</b>
<b>8.5. Prévalences et intensités en helminthes parasites des différentes espèces de rongeurs</b> .....	<b>92</b>
<b>8.6. Variation du nombre d'espèces parasites par hôte</b> .....	<b>94</b>
<b>8.7. Prévalence des helminthes parasites en fonction de l'âge, sexe et saisons pour les différentes espèces de rongeurs capturées</b> .....	<b>95</b>

a. En fonction de l'âge de l'hôte .....	95
b. En fonction du sexe de l'hôte .....	97
c. En fonction des saisons .....	98
<b>8.8. Evolution des espèces d'helminthes parasites d'<i>Apodemus sylvaticus</i> au niveau du maquis et de la forêt .....</b>	<b>99</b>
<b>Chapitre IV: Discussion .....</b>	<b>102</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>123</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>128</b>
<b>Annexes</b>	

## Liste des figures

<b>Figure 1 :</b> Le mulot sylvestre <i>Apodemus sylvaticus</i> .....	7
<b>Figure 2 :</b> La souris sauvage <i>Mus spretus</i> .....	14
<b>Figure 3 :</b> Le rat rayé <i>Lemniscomys barbarus</i> .....	19
<b>Figure 4 :</b> Le rat brun <i>Rattus norvegicus</i> .....	24
<b>Figure 5 :</b> Schéma détaillant les différences entre <i>Rattus norvegicus</i> et <i>Rattus rattus</i> .....	24
<b>Figure 6 :</b> Quelques paysages de la forêt de Mizrana (Originale, 2017) .....	31
<b>Figure 7 :</b> Photos prises au niveau du maquis de Boudjima (Originale, 2017) .....	33
<b>Figure 8:</b> Quelques photos du milieu semi-urbain (Originale, 2017) .....	34
<b>Figure 9:</b> Localisation géographique des stations d'étude .....	34
<b>Figure 10:</b> Cages grillagées utilisées pour la capture des différentes espèces de rongeurs (Originale, 2017) .....	36
<b>Figure 11 :</b> Distinction entre mâle et femelle.....	38
<b>Figure 12 :</b> Détermination de l'état sexuel des rongeurs (Gosálbez, 1987) .....	38
<b>Figure 13 :</b> Mensurations corporelles prises sur les différentes espèces de rongeurs .....	39
<b>Figure 14:</b> Préparation des crânes et prise des différentes mensurations crâniennes et dentaires (Originale, 2017) .....	40
<b>Figure 15:</b> Schéma des différentes variables crânio- mandibulaires et dentaires étudiées (Khammes, 2008) .....	41
<b>Figure 16:</b> Stades d'usure des molaires d' <i>Apodemus sylvaticus</i> de la demi-mâchoire supérieure gauche (Birkan, 1968) .....	42
<b>Figure 17:</b> Les stades d'usure de la première molaire supérieure de <i>Lemniscomys barbarus</i> (définis par Van der Straeten, 1980) .....	43
<b>Figure 18 :</b> Stades d'usure des molaires de la souris sauvage, d'une demi- mâchoire supérieure (Palomo et al., 1983) .....	44
<b>Figure 19:</b> La surface molaire de <i>Rattus norvegicus</i> et de <i>Rattus rattus</i> : rangée molaire supérieure et rangée molaire inférieure (Yiğit et al., 1998) .....	45
<b>Figure 20 :</b> Recherche des ectoparasites de rongeurs (originale, 2017) .....	46

<b>Figure 21:</b> Dissection des rongeurs et récupération du tube digestif (Originale, 2017) .....	46
<b>Figure 22:</b> Prélèvement et conservation des helminthes (Originale, 2017) .....	48
<b>Figure 23 :</b> Montage et identification des nématodes sous microscope optique (Originale, 2017) .....	49
<b>Figure 24 :</b> Pourcentages de captures des différentes espèces de rongeurs dans les trois stations.....	52
<b>Figure 25 :</b> Variations mensuelles des captures des trois espèces de muridés au niveau du maquis à Boudjima .....	54
<b>Figure 26 :</b> Variations mensuelles des captures d' <i>A. sylvaticus</i> dans la forêt de Mizrana.....	55
<b>Figure 27:</b> Variations mensuelles des captures au niveau du milieu semi-urbain à Boudjima .....	56
<b>Figure 28 :</b> Variations mensuelles des captures de rongeurs au niveau du maquis à Boudjima en fonction du sexe .....	57
<b>Figure 29:</b> Variations mensuelles des captures d' <i>Apodemus sylvaticus</i> au niveau de la forêt de Mizrana en fonction du sexe .....	58
<b>Figure 30:</b> Variations mensuelles des captures des trois espèces de muridés en fonction du sexe au niveau du milieu semi-urbain.....	59
<b>Figure 31 :</b> Distribution des individus sur les deux premières composantes principales de l'ACP pratiquée sur 15 variables crâniennes du mulot sylvestre de Kabylie du Djurdjura .....	71
<b>Figure 32:</b> Distribution des individus sur les deux premières composantes principales de l'ACP pratiquée sur 7 variables mandibulaires du mulot sylvestre de Kabylie du Djurdjura .....	73
<b>Figure 33 :</b> Variations mensuelles des captures de juvéniles (A), sub-adulte (B) et Adultes (C) dans le maquis à Boudjima.....	74
<b>Figure 34 :</b> Nids de <i>Lemniscomys barbarus</i> (Originale, 2017) .....	76
<b>Figure 35:</b> Évolution mensuelle des différentes classes d'âge d' <i>Apodemus sylvaticus</i> dans la forêt de Mizrana.....	77
<b>Figure 36:</b> Évolution mensuelle des différentes classes d'âge de <i>R. norvegicus</i> dans le milieu semi-urbain .....	78
<b>Figure 37:</b> Nid de <i>Rattus norvegicus</i> (Originale, 2017) .....	78

<b>Figure 38:</b> Quelques ectoparasites de rongeurs observés à l'œil nu (a) et sous une loupe binoculaire (c, d, e) (Originale, 2017) .....	80
<b>Figure 39:</b> <i>H. polygyrus</i> dans l'intestin grêle (a), femelle (c, e), mâle (d), mâle et femelle (b) et des œufs (f) observés sous microscope optique (Originales, 2017) .....	82
<b>Figure 40:</b> <i>Syphacia stroma</i> (Originale, 2017) .....	83
<b>Figure 41:</b> <i>Syphacia frederici</i> (Originale, 2017) .....	84
<b>Figure 42 :</b> <i>Rictularia</i> sp. chez <i>Apodemus sylvaticus</i> et <i>Lemniscomys barbarus</i> sous une loupe binoculaire (Originale, 2017) .....	85
<b>Figure 43 :</b> Nematoda sp1 ind. chez <i>Rattus norvegicus</i> (Originale, 2017) .....	86
<b>Figure 44 :</b> Nematode sp2 ind. chez <i>Rattus norvegicus</i> (Originale, 2017) .....	87
<b>Figure 45 :</b> <i>Hydatigera parva</i> larvae identifiée chez <i>Apodemus sylvaticus</i> observée sous une loupe binoculaire (Originale, 2017) .....	88
<b>Figure 46 :</b> <i>Hymenolepis</i> sp. Prélevés chez <i>Apodemus sylvaticus</i> et <i>Rattus norvegicus</i> (Originale, 2017) .....	89
<b>Figure 47:</b> Acanthocéphale collecté chez <i>Crocidura russula</i> (Originale, 2017) .....	89
<b>Figure 48 :</b> Diagramme de la richesse parasitaire selon les espèces de rongeurs étudiées.....	90
<b>Figure 49 :</b> Charge parasitaire totale en fonction des espèces de rongeurs capturées dans les différents milieux d'étude.....	91
<b>Figure 50 :</b> Prévalence d'helminthes parasites en fonction de l'âge pour les différentes espèces de rongeurs capturées. ....	96
<b>Figure 51:</b> Prévalence des helminthes parasites en fonction du sexe pour les différentes espèces de rongeurs capturées.....	97
<b>Figure 52 :</b> Prévalences d'infestations en fonction des saisons.....	98
<b>Figure 53 :</b> variations mensuelles du nombre d'helminthes parasites d' <i>A. sylvaticus</i> au niveau du maquis (Boudjima) .....	99
<b>Figure 54:</b> Variations mensuelles du nombre d'helminthes parasites d' <i>A. sylvaticus</i> au niveau de la forêt (Mizrana). ....	100



## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Echantillonnage des populations de rongeurs dans les différentes stations de la Kabylie du Djurdjura.....	53
<b>Tableau 2 :</b> Mensurations corporelles et crâniennes de <i>Lemniscomys barbarus</i> dans le maquis à Boudjima en fonction de l'âge des individus déterminé par le stade d'usure dentaire et du sexe et tests de comparaison par Anova à deux facteurs contrôlés. ....	60
<b>Tableau 3 :</b> Mensurations corporelles et crâniennes d' <i>Apodemus sylvaticus</i> dans le maquis à Boudjima en fonction de l'âge des individus déterminé par le stade d'usure dentaire et du sexe et les tests de comparaison par Anova à deux facteurs contrôlés.....	62
<b>Tableau 4 :</b> Mensurations corporelles et crâniennes d' <i>Apodemus sylvaticus</i> capturé au niveau de la forêt de Mizrana en fonction de l'âge des individus déterminé par le stade d'usure dentaire et du sexe et tests de comparaison par Anova à deux facteurs contrôlés .....	64
<b>Tableau 5 :</b> Mensurations corporelles et crâniennes de <i>Rattusnorvegicus</i> capturés en milieu semi- urbain en fonction de l'âge des individus déterminé par le stade d'usure dentaire et du sexe et tests de comparaison par Anova à deux facteurs contrôlés.....	67
<b>Tableau 6:</b> Vecteurs propres standardisés aux valeurs propres pour les 16 variables crâniennes et les 7 variables mandibulaires des deux premières composantes principales des analyses à l'échelle de la Kabylie du Djurdjura .....	70
<b>Tableau 7 :</b> Matrice de corrélation de Pearson appliquée pour les différentes variables mandibulaires prises sur le mulot sylvestre en Kabylie du Djurdjura .....	71
<b>Tableau 8:</b> Liste de parasites prélevés chez les rongeurs étudiés.....	79
<b>Tableau 9 :</b> Prévalence et intensité moyenne des helminthes des rongeurs capturés.....	93
<b>Tableau 10:</b> Nombre d'espèces par hôte et nombre de parasites par espèce pour les différents rongeurs étudiés .....	95

Les Rongeurs sont parmi les petits Mammifères, qui contribuent le plus à la diversité spécifique d'un écosystème. Ils interagissent intensivement avec leur environnement et ont des effets complexes sur les autres organismes (végétaux et animaux). Ils forment un maillon important dans les réseaux trophiques et constituent une ressource alimentaire représentant une proportion non négligeable du gibier. Qu'ils soient commensaux ou non les rongeurs subissent ou profitent de l'impact environnemental de l'Homme. Ils forment le groupe le plus diversifié des mammifères, avec 2277 espèces recensées (Musser et Carleton, 2005). Ils constituent 42 % de la diversité mammalienne. Les rongeurs appartenant à la famille des Muridés sont les plus diversifiés avec 157 genres et 834 espèces, soit un tiers des espèces de Rongeurs (Burgin et *al.*, 2018). Ce sont généralement des animaux terrestres, nocturnes et de petite taille (Duplantier et *al.*, 1984). D'après Musser et Carleton (2005), Wilson et Mittermeier (2016), cette famille est divisée en différentes sous-familles dont celle des Murinés qui regroupe les rats et les souris et compte le plus de genres et d'espèces (126 genres/584 espèces). L'origine des Murinés remonte au Miocène moyen (12-16 Ma), comme le suggère le plus vieux fossile (*Antemus mancharensis*) découvert dans les dépôts du Siwalik (Népal) (Wessels, 2009). A partir de ce foyer est-asiatique, les Murinés se sont étendus vers l'Afrique, l'Inde et jusqu'en Europe de l'ouest, en donnant naissance à de multiples radiations.

En Afrique du Nord, ce groupe de petits mammifères représente un ordre très important de par le nombre, les variétés de familles et les espèces décrites (Rode, 1948; Khidas, 1998).

En Algérie, les rongeurs sont représentés par 7 familles : Muridae, Gerbillidae, Dipodidae, Ctenodactylidae, Sciuridae, Gliridae et enfin les Hystricidae (Rode, 1948 ; Kowalski et Rzebik- Kowalska, 1991) et seulement 6 pour Meunier et *al.*, (2020) qui ont inclus les Gerbillidae dans celle des Muridae. Kowalski et Rzebik- Kowalska (1991) ont dénombré 26 espèces de rongeurs dont la répartition est inégale (Annexe, I). On compte 13 espèces fréquentant les régions méditerranéennes, 11 occupant les milieux désertiques et enfin les 2 dernières sont considérées comme omniprésentes. Cependant, Meunier et *al.*, (2020) ont actualisé la liste des rongeurs d'Algérie et ont recensé 31 espèces soit 5 espèces de plus dont les Muridés constituent le groupe le plus important et compte 10 genres et 23 espèces (incluant celui d'*Arvicantis* qui n'a pas été cité par Kowalski et Rzebik-Kowalska, 1991). Ils occupent tous les différents types de milieux. Certaines espèces sont domestiques ou péri-domestiques, vivant au dépend, autour où à côté de l'homme tels que le surmulot *Rattus norvegicus* et la souris domestique *Mus musculus domesticus* mais la plupart sont des espèces sauvages et ont tendance à éviter l'homme et vivent dans le désert et les forêts dont ils

trouvent nourriture, creusent leur terriers et confectionnent des nids où ils habitent et se reproduisent tel est le cas du mulot sylvestre *Apodemus sylvaticus*. Les rongeurs, notamment le rat et la souris, sont des modèles biologiques qui offrent de nombreux avantages : manipulation aisée des individus, relative facilité pour mener des expérimentations sur le terrain et en laboratoire et le temps de génération court, etc. Les résultats fragmentaires sur la biologie des espèces de rongeurs, nous conduisent à focaliser notre attention principalement sur certaines espèces de muridés présentes en Algérie voire la Kabylie du Djurdjura. Les espèces de rongeurs étudiées dans cette thèse appartiennent toutes à la famille des muridés et plus particulièrement à la sous famille des Murinés.

L'extrême diversité des rongeurs explique la difficulté d'aborder ce groupe zoologique sans s'appuyer sur une classification et une identification. Pour y arriver, force était de se rabattre sur les structures anatomiques classiques (le squelette crânien et mandibulaire). L'analyse des caractères crâniens a pris une importance considérable pour l'identification des rongeurs.

Une des caractéristiques des populations de rongeurs réside dans leur abondance très fluctuante au cours des saisons, qui peut suivre également des cycles pluriannuels chez plusieurs espèces de régions tempérées (Elton, 1924 ; Lambin et *al.*, 2006). Les deux causes majeures de ces fluctuations reposent, d'une part, sur les relations proies-prédateurs et d'autre part, sur des dynamiques dépendantes de la densité des populations (Stenseth, 1996 ; Butet et Spitz, 2001). Si les facteurs de régulation naturels disparaissent ou si la structure du paysage est modifiée, certaines espèces peuvent pulluler, comme le cas du Campagnol des champs *Microtus arvalis* en Europe.

La plupart des espèces de rongeurs sont caractérisées par une faible longévité et une forte fécondité, qui conduit à un renouvellement rapide des populations, elles ont une stratégie démographique de type r (Quéré et Le Louarn, 2011). Certains auteurs considèrent que les femelles sont en compétition entre elles pour les ressources alimentaires qui assureront le succès de la reproduction, alors que les mâles sont en compétition pour les femelles (Wolff, 1993). La distribution, le renouvellement ainsi que les possibilités de défense de ces ressources déterminent la répartition spatiale des femelles, et par conséquent des mâles. Chez les espèces dépendant de ressources alimentaires disséminées et lentement renouvelables, les femelles défendent des territoires qui se superposent à la distribution des ressources.

En matière d'écologie, l'étude des parasites apporte des renseignements utiles sur la dynamique des populations des hôtes. Il existe une relation évidente entre la densité des populations hôtes et les taux d'infestation individuelle ou générale. Les fluctuations pluriannuelles des populations de rongeurs et de leur faune parasitaire ont permis de

démontrer que les helminthes intestinaux constituent de très bons indicateurs qui permettent de donner l'âge de la population (Kisielewska, 1971).

Les recherches menées sur les rongeurs en Algérie et particulièrement en Kabylie sont très fragmentaires et éparées. En effet les études sur la dynamique, l'écologie et la reproduction des populations de rongeurs dans cette région restent peu fréquentes, malgré la diversité de ses écosystèmes. Parmi les travaux réalisés en Algérie et surtout en Kabylie Kowalski (1985) Khidas (1993,1998); Hamdine et Poitevin (1994); Khammes (1998, 2008); Khidas et *al.*, (2002) ; Khammes El Homsî et Aulagnier ( 2007, 2010) ; Amrouche-Larabi et *al.*, (2015).

Cependant aucune étude n'a été menée sur les parasites de rongeurs en Kabylie et en particulier les parasites intestinaux qui nous apportent des informations utiles sur la dynamique des populations de rongeurs et qui permettent parfois même de préciser les niveaux taxonomiques des hôtes comme la sous famille, le genre ou l'espèce.

La présente étude consolidera les données existantes sur les populations de rongeurs en Algérie, permettra d'améliorer les connaissances sur les caractéristiques biologiques, écologiques des rongeurs de la Kabylie et enfin combler de nombreuses lacunes existantes.

L'objectif de ce travail est d'améliorer les connaissances et la compréhension du fonctionnement des populations de muridés dans différents habitats de la Kabylie du Djurdjura. Cette thèse se compose d'un large spectre d'approches combinées : la morphométrie corporelle et crânienne, la phénologie de la reproduction et l'analyse des parasites notamment les parasites gastro-intestinaux. Nous présenterons notre travail de thèse en plusieurs chapitres.

Dans le **chapitre 1** de la thèse, nous nous sommes attachés à décrire en détail les modèles biologiques et le contexte géographique de l'étude, ainsi que leur intérêt par rapport aux objectifs de la recherche.

Dans le **chapitre 2**, nous avons développé les aspects méthodologiques liés à l'échantillonnage des populations de rongeurs et les méthodes mises en œuvre pour les mensurations corporelles et crâniennes des espèces de rongeurs capturées et enfin l'identification à l'échelle spécifique des parasites, et plus particulièrement les helminthes gastro-intestinaux.

Dans le **chapitre 3**, nous nous sommes focalisés sur les résultats des trois approches fondamentales employées dans la thèse :

- Premier volet concerne la phénologie mensuelle des captures des espèces de muridés en Kabylie du Djurdjura.
- Deuxième volet présente les résultats des analyses morphologiques et crâniométriques qui permettent d'identifier et faire ressortir les variables les plus discriminantes à l'aide d'analyses statistiques.
- Troisième porte sur la phénologie de la reproduction des muridés ; Une partie de ce volet s'appuie sur une publication sur la reproduction des rongeurs de Kabylie du Djurdjura (Annexe, VIII).
- Quatrième volet est consacré à l'étude des Prévalences des helminthes parasites en fonction de l'âge, sexe et saisons pour les différentes espèces de rongeurs capturées. Ce volet s'appuie sur une publication sur les parasites des rongeurs de notre région d'étude (Annexe, VIII)
- Dans le **chapitre 4**, nous nous sommes attardés dans la discussion à comparer les résultats en fonction des grands thèmes. Enfin cette étude se termine par une conclusion générale avec des perspectives de travail.

## **Chapitre I: Modèles biologiques**

Les modèles biologiques pris en compte sont des espèces de rongeurs de la famille des muridés. Il s'agit de trois espèces sauvages *Apodemus sylvaticus* (Linnaeus, 1758), *Mus spretus* (Lataste, 1883), *Lemniscomys barbarus* (Linnaeus, 1766) et d'une espèce commensale *Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1769).

Il faut noter que la souris sauvage *Mus spretus* a été prise comme modèle biologique uniquement pour l'étude de la phénologie des captures et de la reproduction.

### **1. Présentation du genre *Apodemus***

Le genre *Apodemus* regroupe les espèces de mulots essentiellement les plus fréquentes des forêts de feuillus de la région paléarctique (Rode, 1948 ; Corbet, 1978; Corbet et Hill, 1992). Leur présence dépend fortement de la disponibilité des ressources, telles que les glands et les petits invertébrés notamment les insectes. Ce genre a été subdivisé en trois sous-genres reconnus : *Apodemus* pour l'Europe centrale et l'Asie de l'est ; *Sylvaemus* pour l'ouest de la région paléarctique et *Alsomys* pour l'est (Zimmermann, 1962 ; Musser et al., 1996 ; Michaux et al., 2002). Sur la base d'une étude génétique Serizawa et al. (2000), ont confirmé cette classification, mais ont remplacé le terme "*Sylvaemus* " par "*Sylvaticus*". Ils ont introduit également un quatrième groupe pour l'espèce asiatique *A. gurkha* ("*Gurkha*"). Le sous-genre *Karstomys* (Martino 1939) attribué par quelques auteurs Rietschel et Storch, 1974 et Storch, 1975, n'a pas été vraiment reconnu par d'autres auteurs tels Corbet, 1978 ; Niethammer, 1978 ; Musser et al., 1996.

Le genre *Apodemus* comprend vingt espèces dont certaines présentent une distribution mondiale. Cependant, la présence d'une seule espèce est observée en Afrique (Musser et Carleton, 2005). Plusieurs hypothèses ont été avancées sur la manière dont cette espèce a été introduite en Afrique du Nord. Selon Libois et al. (2001) et Lalis et al. (2016), les populations de mulots sylvestres *Apodemus sylvaticus* sont originaires du sud-ouest de l'Europe et ont colonisé le Maghreb par le détroit de Gibraltar probablement au cours du mésolithique ou peu après. Il est également possible que les activités humaines aient entraîné le transfert d'*A. sylvaticus* de l'Espagne au Maroc, comme indiqué pour plusieurs autres espèces de mammifères (Dobson, 1998).

Suivant les critères morphologiques, Saint Girons et Van Bree (1962) supposent qu'en Afrique du Nord existent trois sous espèces d'*Apodemus sylvaticus* : *A. s. hayi* (Waterhouse, 1837), habitant les régions Méditerranéennes du Maghreb, *A. s. rufescens* habitant les Hauts Plateaux en Algérie et les forêts arides au Maroc et *A. s. ifranensis*, qui se retrouve au Moyen Atlas de l'est

de Khénifra dans les régions d'Oulmes et Ifrane (Saint Girons et van Bree, 1962 ; Saint Girons, 1972). Cependant, Kock et Felten (1980) n'ont trouvé aucune différence entre *A. s. rufescens* et *A. s. hayi* et selon Kowalski et Rzebik-Kowalska (1991) et Filippucci (1992), il n'y a pas de différence parmi les populations nord-africaines d'*A. sylvaticus*.

Libois et *al.* (2001) n'ont pas trouvé de différences génétiques entre les trois sous-espèces d'Afrique du Nord et ont suggéré de combiner *A. s. rufescens* et *A. s. ifranensis* au sein de *A. s. hayi*. On peut ainsi conclure l'existence d'une seule espèce qui représente ce genre en Afrique du Nord. Il s'agit d'*A. sylvaticus* (Linnaeus, 1758). D'après Saint Girons (1973) et Aulagnier (1992), le mulot sylvestre n'est arrivé que tardivement en Afrique du Nord à partir du Proche Orient. En Algérie, la présence d'*A. sylvaticus*, dans la grotte Capélletti (Oued Taga Batna), remonte à environ 2500 à 4000 ans (Stoetzel, 2013).

### **1.1. Mulot sylvestre *Apodemus sylvaticus* (Linnaeus, 1758)**

Phylum : Chordata ; Classe : Mammalia ; Ordre : Rodentia ; Sous-ordre : Myomorpha ; Superfamille : Muroidea ; Famille : Muridae ; Sous-famille : Murinae ; Genre : *Apodemus*

Les auteurs ont désigné cette espèce sous plusieurs appellations : *Mus sylvaticus* Loche (1858, 1867); *Mus dichrurus* Tristram (1860); *Mus sylvaticus hayi* Trouessart (1905); *Apodemus sylvaticus hayi* Joleaud (1918) ; *Apodemus sylvaticus hayi* Allen (1939), Saint Girons & Van Bree (1963); *Apodemus sylvaticus algirus* Pomel (1856), Barret-Hamilton (1900), Trouessart (1905), Rode (1948); *Apodemus sylvaticus dichrurus* Joleaud (1924); *Sylvaemus sylvaticus* Heim de Balsac (1948); *Apodemus sylvaticus ifranensis* Saint Girons & Bree (1962); *Apodemus sylvaticus rufescens* Saint Girons & Bree (1962); *Apodemus sylvaticus* Misonne (1971), Kowalski & Rzebik-Kowalska (1991)

#### **1.1.1. Morphologie**

Le Mulot sylvestre *Apodemus sylvaticus* appelé également souris des bois, est un rongeur de taille moyenne, morphologiquement caractérisé par une tête volumineuse, allongée et un museau pointu. Des oreilles relativement longues bien dégagées de la fourrure se détachant nettement du manteau et de gros yeux saillants ronds, noirs. Les membres postérieurs sont plus développés que les antérieurs (Rode, 1948), ce qui conduit le mulot à se déplacer assez souvent par bonds. Il se distingue de la Souris grise *Mus musculus* par une taille plus grande et un pelage plus clair (dessus gris brun nuancé de jaune, dessous gris blanc) (Fig.1). Selon Aulagnier et Thevenot (1986), la couleur du pelage dorsal diffère d'un biotope à un autre : en haute montagne l'espèce présente un pelage gris foncé qui s'éclaircit et devient plus fauve des les régions sèches. Une tache pectorale de couleur fauve est également observée, généralement petite et arrondie, bien

que parfois plus grande et allongée longitudinalement, mais ne dessinant jamais un collier. Cependant, cette tache peut être absente (Quéré et Le Louarn, 2011).

Le mulot possède une queue de longueur subégale à celle du corps, composée de 130 à 170 anneaux parsemée de poils courts mais ne présente pas de pinceau terminal. Elle est brun foncé dessus et gris blanc dessous. Cette dernière est fragile et le fourreau se détache facilement lorsque l'on tire dessus (Petter et Saint- Girons, 1965) pour permettre à l'animal de s'enfuir s'il est saisi par un prédateur (autotomie). Les molaires, sont de type tuberculeux. Les deux premières molaires supérieures (M1 est supérieure à M2, M2 est supérieure à M3) présentent trois boucles internes d'émail (Rode, 1948; Ellerman 1951). Le degré d'usure de l'émail des tubercules est fréquemment utilisé comme méthode pour la détermination de l'âge des rongeurs.

*A. sylvaticus* est étroitement apparenté avec le mulot à collier *A. falvicollis* (Mechlior, 1834) avec lequel il partage beaucoup de caractéristiques mais ce dernier s'étend plus en Asie Occidentale et il est absent en Afrique du Nord (Montgomery, 1999; Schlitter et al., 2016 ; Amori et al., 2012).



**Figure 1: Mulot sylvestre *Apodemus sylvaticus*** (<https://www.instinct-animal.fr/mulot-sylvestre/>)

### **1.1.2. Répartition**

Le mulot sylvestre est largement répandu dans le Paléarctique occidental depuis L'Islande et la Scandinavie jusqu'aux rivages de la Méditerranée (Montgomery 1999 ; Musser et Carleton, 2005). Il montre une vaste distribution géographique, son aire de répartition s'étend depuis les rivages atlantiques de l'Europe et de l'Afrique du nord jusqu'à l'Altai à l'est et le Liban au sud (Montgomery, 1999).

Selon Montgomery (1999), l'aire de répartition actuelle de ce rongeur est moins importante par rapport à ce qui a été décrit dans des travaux ultérieurs tels ceux de Corbet (1978) ; Macdonald et Barret (1995).

D'après Schlitter et *al.* (2016), le mulot sylvestre s'étend à travers l'Europe et certaines parties de l'Afrique du Nord. Il est observé jusqu'au Nord de l'Algérie et au Maroc et sa présence a été signalée dans la majorité des îles de l'Atlantique, dont l'Islande et de la Méditerranée (Wilson et Reeder, 2005). Kowalski (1985), Aulagnier et Thévenot (1986) signalent la présence de cette espèce au Maroc, Tunisie et en Algérie. Au Maroc, sa distribution va des côtes marines jusqu'au Haut Atlas Occidental (Aulagnier et Thévenot, 1986 ; Saint Girons, 1972). En Tunisie, il n'existe que dans le Nord-Ouest du pays où il est généralement rencontré dans les régions forestières, mais on peut le croiser également dans les terres cultivées (Bernard, 1969). Ce petit rongeur semble avoir son aire de répartition limitée par le Sahara, et est donc absent en Libye et en Égypte (Osborn et Helmy, 1980).

Cette espèce est très répandue en Algérie, elle a été capturée dans les montagnes de l'Atlas saharien et de l'Atlas Tellien (Kowalski, 1985) et dans plusieurs localités au Nord de l'Algérie dont les travaux de Khidas, 1993, Hamdine et Poitevin, 1994, Khammes et Aulagnier, 2007, Khammes, 2008 et Amrouche- Larabi et *al.*, 2015 sont à signaler. Le mulot a été capturé dans différents milieux depuis le niveau de la mer jusqu'à 2000m d'altitude (Fons et *al.*, 1980).

### **1.1.3. Habitat**

Le mulot est une espèce ubiquiste pouvant s'adapter à des milieux très variés avec une préférence pour les milieux fermés (Fons et *al.*, 1988). Ces derniers ne doivent pas être totalement dépourvu de végétation, principalement dans les forêts de feuillus dont il peut se rencontrer dans des endroits avec un sous-bois dense jusqu'à une altitude supérieure à 2000 m d'altitude (Montgomery, 1999 ; Le Louarn et Quéré, 2003 ; Aulagnier et *al.* 2008). Hamdine et Poitevin (1994) ont mentionné que c'est dans les formations de chênes sclérophylles (*Quercus ilex* et *Quercus suber*) et dans les pelouses sommitales que le mulot a été le plus abondant et le mieux capturé. En hiver, cette espèce peut se réfugier dans les étages inférieurs des bâtiments, des habitations et dans les caves montrant ainsi un comportement anthropophile (Gillieron, 2012). Au Maroc, *A. sylvaticus* a été également capturé autour des maisons abandonnées bien que cette espèce n'est pas signalée comme étant une espèce commensale (Denys et *al.*, 2015). Saint Girons (1972) a signalé son absence dans des terrains découverts. Saint Girons, (1972), Kowalski, (1985) et Aulagnier et Thévenot, (1986) ont noté que la présence et l'abondance du mulot est liée étroitement à la présence de végétation arborée parsemée de buissons mais

également par la présence d'une couverture rocheuse. De même, Khidas (1993) et Khidas et *al* (2002) ont mentionné que le mulot sylvestre a été capturé presque dans tous les biotopes prospectés en Kabylie de Djurdjura mais principalement en forêt et montagne et selon eux ce rongeur semble y rechercher en priorité des endroits aux structures hétérogènes avec présence de couvert végétal bas de type buisson, rochers et blocs. Le mulot sylvestre vit exclusivement en forêt, en maquis et en montagne (Kowalski et Rzebik- Kowalski, 1991; Khidas, 1998 et Ahmim, 2019).

#### **1.1.4. Régime alimentaire**

Des études menées dans différentes régions d'Europe montrent une grande variabilité du régime alimentaire du mulot sylvestre (Butet et Paillat, 1985). Cette espèce est granivore, voire omnivore, et adaptée à une alimentation hautement assimilable à faible teneur en cellulose (Hansson, 1971). Des variations de la morphologie et de la longueur de son intestin lui permettent de s'adapter à des changements des ressources alimentaires suivant la saison et l'habitat. Il peut être occasionnellement carnivore. La partie végétale de son alimentation est surtout composée de graines (jusqu'à 70 %) et ce sont les graines du tapis herbacé, des arbustes, des baies de rosacées dans les haies et les taillis. Par manque de ressources notamment en été, le mulot peut inclure des invertébrés (escargots, lombrics, insectes etc.) dans son régime pour compenser le manque de graines. La part des invertébrés peut dépasser 20 % du poids total selon les milieux ou la saison (Quéré et Le Louarn, 2011). Au Maroc Harich et Benazzou (1990), ont montré que le régime alimentaire du mulot est de type omnivore à tendance granivore (60 à 85% du régime sont des graines). En Algérie, Khammes et Aulagnier (2007) ont étudié le régime de cette espèce dans trois différents biotopes en Kabylie de Djurdjura, et ont montré que son régime est fondamentalement granivore dont les graines représentent 99,3% du contenu stomacal et la partie animale est consommée secondairement.

#### **1.1.5. Reproduction**

Le mulot sylvestre montre une plasticité dans son cycle de reproduction qui est assez unique au sein de l'ordre des rongeurs. Le cycle s'adapte remarquablement aux conditions environnementales et notamment trophiques (Fons et Saint Girons, 1992).

Selon Le Louarn et Quéré (2011), le mulot peut se reproduire toute l'année en Europe Occidentale. Les naissances se produisent principalement entre février et juin et entre août et novembre. Tout de même, de nombreux travaux (Fons et Saint Girons 1992, Butet et Paillat 1997, Le louarn et Quéré 2003) ont montré que l'hiver est la saison d'arrêt pour cette espèce. Il

semble que l'activité sexuelle soit en grande partie sous la dépendance des ressources alimentaires. Pour Butet et Paillat (1997), son activité maximale est située entre juin et juillet. Les données recueillies en région méditerranéenne (Afrique du Nord, Corse, Catalogne), montrent que la période de reproduction est inversée où l'activité sexuelle d'*A. sylvaticus* est marquée par un repos au printemps et en été (Bernard 1969, Kowalski 1985, Fons et Saint Girons 1992). La cause la plus évidente pour expliquer le cycle d'abondance et de reproduction d'*Apodemus sylvaticus* dans la région méditerranéenne se trouve dans les changements saisonniers de la disponibilité de la nourriture, généralement pauvre en été (associée à la sécheresse estivale) et elle est abondante en automne-hiver grâce aux précipitations et à la fructification de nombreuses espèces végétales (Soriguer et Amat, 1979). En Algérie, Hamdine et Poitevin 1994 ont montré que la population de mulots du Djurdjura suit un cycle typiquement méditerranéen, avec un arrêt de la reproduction en été. Cependant Kowalski & Rzebik-Kowalska (1991), ont remarqué que dans les montagnes en Algérie, où il y'a de la neige pendant l'hiver, la reproduction se fait au printemps et en été comme en Europe. Kowalski (1985) n'a capturé des femelles gestantes qu'entre octobre et mars avec un nombre de portées moyen de 4,2. De même, en Tunisie (Bernard, 1969) et au Maroc (Harich et Benazzou, 1990), ont noté que la période d'inactivité sexuelle d'*A. sylvaticus* a lieu essentiellement en période sèche. En raison du caractère saisonnier de la reproduction, les effectifs d'*Apodemus sylvaticus* à de basses altitudes augmentent de décembre à avril et diminuent d'avril à septembre car en partie les individus de plus d'un an meurent pendant l'été.

#### **1.1.6. Dynamique et structure des populations**

De nombreux travaux ont montré que la sex-ratio d'*A. sylvaticus* fluctue de manière remarquable au cours des saisons et semble répondre à un schéma assez général. En Kabylie, Khidas (1993) ; Hamdine et Poitevin (1994) ont noté que pendant la période de reproduction les mâles sont généralement abondants et pouvant atteindre le double des femelles puis leur nombre diminue en hiver et un certain équilibre entre les représentants des deux sexes s'établit au printemps. Ces mêmes auteurs ont capturé des mulots de différentes tranches d'âge des adultes, des sub-adultes et des juvéniles et les adultes étaient les mieux capturés avec un maximum au printemps et un minimum en été suivi par les sub-adultes un peu moins abondants. Les juvéniles représentent la classe d'âge la moins capturée avec de très faibles effectifs et une absence de capture en été.

La dynamique de la population de mulot sylvestre se caractérise par des fluctuations importantes tout au long de l'année et en général la même tendance a été observée dans tous les endroits où

elle a été étudiée (Blanco, 1998). Le cycle montre une diminution de la densité au printemps, avec des valeurs basses et stables pendant la saison estivale et une phase de croissance pendant l'automne. Le déclin de la population en période estivale semble également être lié à l'existence de mouvements de dispersion des territoires d'hiver vers les territoires d'été plus favorables à la survie. En général, ce rongeur présente un schéma stable et cohérent, avec une diminution au printemps, le maintien d'une certaine stabilité en été et une croissance à la fin de cette saison pour atteindre des sommets à l'automne. Cependant, il existe de nombreux facteurs écologiques qui pourraient intervenir dans la dynamique de la population des mulots comme la disponibilité de la nourriture, le taux de prédation ou d'autres mécanismes de régulation intrinsèques, et donc la densité de la population connaît de grandes fluctuations saisonnières et interannuelles (Torre et *al.*, 2002).

### **1.1.7. Comportement**

Les mulots ont une activité crépusculaire et nocturne. Ce sont des animaux très agiles, ils se déplacent souvent par bonds, courent vite et grimpent. Au cours de leurs déplacements, les mulots ne suivent pas un schéma bien défini et fixe, ce qui en fait d'eux une proie difficile pour leurs prédateurs (White, 1998). Ce petit rongeur s'installe dans les cavités existantes (trous d'arbres, nichoirs, sous une grosse pierre,...) mais en général, il aménage des terriers peu profonds. Il creuse des galeries complexes avec 2 ou 3 entrées avec des chambres pour les nids et les provisions (Nowak, 1991). Dufour (1978), Khidas et Hansel (1995) ont montré dans leur travail l'importance des facteurs internes et externes intervenant dans la construction des terriers. De même ces auteurs ont constaté que le terrier est plus complexe et le nid est plus profond chez la femelle que chez le mâle. En revanche ces auteurs ont constaté que les mulots ne construisent pas un nid spécialement pour l'élevage mais le nid d'élevage est mieux isolé et adapté à cet effet. La territorialité est peu marquée chez cette espèce, elle s'exprime essentiellement pendant la période de reproduction durant laquelle une certaine hiérarchie de dominance s'installe (Saint Giron, 1960). En hiver, les mulots montrent une grande tolérance intraspécifique et des regroupements d'individus des deux sexes dans un même réseau de galerie s'installent pour exploiter les ressources communes (Butet et Paillat, 1997).

Bien que cette espèce a une grande capacité de prolifération mais elle n'est pas considérée comme étant nuisible pour l'homme. Au contraire, le mulot sylvestre présente une action positive en limitant les populations d'invertébrés et les graines de plantes adventices (Butet et Paillat 1997).

### 1.1.8. Parasites

Comme beaucoup d'autres rongeurs, *Apodemus sylvaticus* peut servir d'hôte pour de nombreuses espèces de parasites notamment des ectoparasites et des parasites digestifs. Les travaux de recherches parasitologiques réalisés dans ce sens sont nombreux notamment en Europe et dans de nombreux pays bordant le bassin méditerranéen.

Le mulot est un hôte commun pour les tiques notamment les larves mais plus rarement les nymphes et les adultes. *Ixodes ricinus* est l'espèce la mieux représentée pour ce groupe d'ectoparasites mais d'autres espèces peuvent être trouvées de façon sporadique telles *Ixodes trianguliceps*, *Rhipicephalus turanicus* et *Haemaphysalis concinna* (Torre et al, 2002).

Le mulot sylvestre peut jouer un rôle de réservoir de zoonoses d'importance particulière en raison de sa relation avec des agents vecteurs (tiques, puces, acariens) de maladies courantes telles que la maladie de Lyme dont l'agent pathogène est la bactérie *Borrelia burgdorferi* et la peste dont l'agent responsable de cette maladie est *Yersinia pestis*. La présence de *Y. pestis* a été détecté, pour la première fois, chez ce petit rongeur sauvage en Algérie à Cap d'Jinet (Malek et al. 2014).

Le mulot peut être parasité par différentes espèces d'endoparasites comme des nématodes, des cestodes, des trématodes digestifs et même les acanthocéphales. De nombreux travaux ont été réalisés sur les helminthes du mulot sylvestre comme ceux de Torregrosa et al. (1987) ; Montgomery et Montgomery (1988) ; Abu-Madi et al. (2000) ; Eira et al., (2006) , Behnke et al., (1999, 2009) ; Fuentes et al., (2004, 2010) ; Bordes et al.,(2012) ; Debenedetti et al., (2015).

En Algérie, la faune parasitaire du mulot sylvestre et notamment les Helminthes restent inconnus.

## 2. Présentation du genre *Mus*

D'après Musser et Carleton (2005), le genre *Mus* regroupe des animaux de petite taille et représenté par trente huit espèces. Schwarz et Schwarz (1943) ont simplifié la taxonomie de ce genre en regroupant toutes les souris à queue courte d'Europe Occidentale et d'Afrique du Nord en une seule espèce *Mus musculus*. Au sein de cette espèce, sur la base de leur diversité morphologique, écologique et géographique, ils ont proposé 15 sous-espèces dont la souris sauvage en tant que *M. m. spretus*. Par la suite, grâce aux diverses études moléculaires, biochimiques et génétiques (Britton et al., 1976 ; Britton et Thaler, 1978 ; Marshall et Sage, 1981 ; Thaler et al., 1981), la souris sauvage *Mus spretus* Lataste 1883 a été identifié comme étant une espèce à part entière. D'après Orsini et al., (1982), la souris d'Afrique du Nord se serait

différenciée au Maghreb puis aurait migrée vers l'Europe de sud-ouest. Elle a réussi à franchir le détroit de Gibraltar qui constitue une barrière infranchissable pour les vertébrés terrestres depuis le pliocène et cela s'est fait grâce à l'intervention de l'homme (transport par bateau et navire).

En Algérie, le genre *Mus* est représenté par une espèce commensale de l'homme *Mus musculus domesticus* et une espèce sauvage ou souris d'Afrique du Nord *Mus spretus*.

### **2.1. La souris sauvage *Mus spretus* (Lataste, 1883)**

Phylum : Chordata ; Classe : Mammalia ; Ordre : Rodentia ; Sous-ordre : Myomorpha ; Superfamille : Muroidea ; Famille : Muridae ; Sous-famille : Murinae ; Genre : *Mus*

Meunier et *al.*, (2020) ont rassemblé les différentes désignations attribuées à cette espèce comme suit: *Mus spicilegus moghrebinus* Joleaud (1918), *Mus spicilegus spretus* Joleaud (1924), *Mus algirus* Joleaud (1918) *Mus spicilegus spretus* Heim de Balsac (1936) ; *Mus bactrianus mogrebinus* Allen (1939) ; *Mus bactrianus rifensis* Allen (1939) ; *Mus bactrianus lynesi* Allen (1939) ; *Mus musculus spretus* Schwarz et Schwarz (1943) ; *Mus musculus magrebinus* Rode (1948) ; *Mus musculus rifensis* Rode (1948) ; *Mus musculus lynesi* Rode (1948) ; *Mus spretus* Saint Girons et Thouy (1978), Kowalski et Rzebik-Kowalska (1991).

#### **2.1.1. Morphologie**

La souris d'Afrique du Nord ou souris à queue courte (*Mus spretus*) est un petit rongeur qui a une taille sensiblement égale ou légèrement plus petite que la souris grise ou domestique (*Mus musculus domesticus*). Son museau arrondi, ses petits yeux noirs et peu saillants et ses oreilles oblongues dépassant nettement le pelage sont les caractéristiques communes avec la souris grise (Khammes et Aulagnier, 2003) (Fig.2). Cependant la souris sauvage se distingue par une tête moins développée, un museau moins allongé et des pattes postérieures courtes (Orsini, et *al.*, 2001, Khammes, 1998). La souris sauvage possède une queue plus courte que la longueur tête plus corps et elle est glabre contrairement à celle du mulot qui est parsemée de poils sur toute sa longueur (Khammes et Aulagnier, 2003 ; Ahmim, 2019). *Mus spretus* possède un pelage court, lisse et doux de couleur gris brunâtre sur le dos avec présence souvent d'une touffe de poils blancs derrière les oreilles. Le pelage ventrale est gris à blanc avec une ligne latérale de démarcation bien nette avec le dos (Palomo et *al.*, 2009 ; Le louarn, 2011). Les juvéniles du mulot sylvestre *Apodemus sylvaticus* ont une coloration similaire à celle des adultes de *M. spretus*, mais les deux espèces peuvent être facilement différenciées par la forme des yeux (plus grands et saillants chez le mulot) et par la longueur de la patte postérieure (Palomo et *al.*, 2009).



Figure 2: Souris sauvage *Mus spretus* (in Palomo et al., 2009)

### 2.1.2. Répartition

L'aire de répartition de la souris sauvage couvre la quasi-totalité de l'Espagne, le Portugal et le sud de la France (Macholan, 1999).

En Afrique du Nord sa distribution géographique est assez vaste occupant le Maroc, la Tunisie, l'Algérie, le Nord de la Libye (Macholan, 1999 ; palomo et al., 2009).

Au Maroc, les montagnes de l'Atlas et le désert du Sahara limitent son extension vers le sud et l'est. Cependant des ossements appartenant à ce rongeur ont été trouvés dans les pelotes de réjection de rapaces en Cyrénaïque (Orsini, 1982). En Tunisie, elle apparaît dans la région méditerranéenne (Gharaibeh, 1997) et au sud elle semble préférer les oasis (Bernard 1969).

Selon Marshall et Sage (1981), *M. spretus* est également présente à Daghalia (Egypte) mais cela n'a pas été complètement prouvé.

En Algérie, *M. spretus* est commune dans le Nord, depuis la mer jusqu'à la partie nord des hauts plateaux et au sud, elle atteint les bordures nord des montagnes des Aurès (Kowalski et Rzebik-Kowalski, 1991). Brahmi et al., (2010) a signalé sa présence dans des localités appartenant à l'étage bioclimatique saharien. Cette espèce a été piégée dans différentes localités du Nord Algérien notamment en Kabylie du Djurdjura en particulier dans les milieux peu perturbés (Khidas 1993 ; Khammes 1998 ; Khidas et al., 2002 ; Khammes 2008, Amrouche-Larabi et al., 2015).

### **2.1.3. Habitat**

La souris sauvage est une espèce non commensale (Macholan, 1999), bien que dans certains cas elle a été trouvée dans des bâtiments abandonnés (Palomo et *al.*, 2009). La sélection de l'habitat est liée à la disponibilité de la nourriture (Noguerales et *al.*, 2015). En raison de ses faibles besoins en eau (Palomo, 2007), elle est bien adaptée aux environnements méditerranéens typiquement sub-humides et arides (Moreno et Barbosa, 1992 ; Torre et *al.*, 1996 ; Palomo, 2007). Cependant, elle n'est pas fréquente dans les zones à forte humidité ou dans les zones où les précipitations annuelles sont supérieures à 1000 mm. Elle a une préférence pour les espaces ouverts, occupant une grande variété d'habitats tels que les zones de broussailles basses, les prairies, les pâturages, les environnements rocheux, les marais, les écotones et les champs de culture (Khidas et *al.*, 2002; Palomo et *al.*, 2009). C'est une espèce très fréquente dans les milieux méditerranéens régénérés après incendie (Torre et Díaz, 2004) ainsi que dans les habitats après brûlage contrôlé, où son abondance augmente entre un et trois ans après l'incendie (Moreno et Rouco, 2013). En Kabylie du Djurdjura (Algérie), la souris sauvage occupe de façon préférentielle les biotopes ouverts et ne semble pas très affectée par l'anthropisation des milieux; le climat serait aussi un autre paramètre déterminant les normes de sélection de l'habitat chez cette espèce (Khidas, 1998).

### **2.1.4. Régime alimentaire**

La souris sauvage a un régime granivore- omnivore basé sur la disponibilité des ressources. Elle se nourrit principalement de graines et de fruits (Khammes, 1998 ; Khidas et *al.*, 2002 ; Palomo 2009). Les invertébrés, principalement les larves d'insectes et les lombrics, semblent constituer une part importante de son régime alimentaire (Khidas et *al.*, 2002 ; Orsini 1982 ; Palomo 2009). En automne, les glands constituent une part importante de son alimentation et elle montre des préférences pour le gland *Quercus ilex* par rapport aux *Quercus suber* et *Quercus coccifera* (Orsini 1982; Pons et Pausas 2007). En l'absence de nourriture, ce qui intervient fréquemment en été en région méditerranéenne, *M. spretus* peut entrer en léthargie (sa température rectale, habituellement voisine de 34°C s'abaisse sans séquelle jusqu'à 16°C, avant de revenir rapidement à la valeur normale après réalimentation (Petter, 1955). Des dommages causés par la souris sauvage aux cultures ont été signalés en Tunisie (Bernard et Gannoun, 1965). La souris sauvage rejette les glands parasités, un comportement qu'elle acquière par apprentissage au cours de la période de disponibilité des ces derniers et elle a tendance à garder la nourriture dans des endroits définis pour la consommer plus tard (Muñoz et Bonal 2007, 2008). Dans des conditions

de laboratoire, *M. spretus* consomme 1,5 fois moins d'eau que *M. musculus* et 2 fois moins que les souris de laboratoire (Sicard et al., 1985).

### **2.1.5. Reproduction**

La période de reproduction de *Mus spretus* est étroitement liée à la disponibilité en eau et au développement de la végétation avec deux possibles périodes de repos en été et/ ou en hiver (Khammes et Aulagnier, 2003). Au sud de la France, la reproduction de *M. spretus* est réduite voire absente en été en raison de manque de ressources alimentaire et elle reprend en automne avec le retour des pluies et la croissance de la végétation (Orsini et al., 1982). L'importance de la glandée et la conservation des glands au sol ont une influence déterminante sur l'intensité et la durée de la période de reproduction; celle-ci semble être bloquée en période estivale et s'étend, en garrigue, de septembre à juin (Orsini et al., 1982).

Vargas et al., (1991) ont étudié la reproduction de *M. spretus* à intervalles mensuels sur une période de 6 ans. Ces auteurs ont constaté que, cette espèce présente des cycles de reproduction saisonniers avec 2 phases bien marquées: une période d'inactivité sexuelle en hiver (novembre-janvier) avec une réduction de la taille des testicules et des vésicules séminales, et une période d'activité sexuelle pendant les mois restants, avec 2 phases d'activité maximale : Avril-Mai et Août-Septembre. Les variations interannuelles observées dans la durée et l'intensité des cycles reproductifs sont liés aux facteurs environnementaux notamment la température et la photopériode où l'activité sexuelle est positivement corrélée avec la température et la durée de la photopériode (Antunez et al., 1990 ; Vargas et al., 1991). La maturité sexuelle est atteinte entre 6 et 7 semaines pour les femelles et à partir de 8 semaines pour les mâles. La gestation est d'environ 19 à 20 jours avec un nombre moyen de portées de  $5.53 \pm 1.37$  (Antunez et al. 1990).

### **2.1.6. Dynamique et structure des populations**

La dynamique de la population de souris sauvage varie tout au long de l'année en fonction du cycle de reproduction et de la mortalité différentielle des sexes (Khammes et Aulagnier, 2003). Au sud de l'Espagne, de février à avril, c'est les adultes qui sont dominants. Ils sont responsables du premier pic de reproduction. Après en mai- juin, il y'a une augmentation sensible du nombre de jeunes et les individus séniles disparaissent entre juillet et octobre. Les individus capturés pendant l'hiver sont des adultes et les jeunes qui sont nés en automne.

La sex- ratio de *M. spretus* varie d'une manière remarquable suivant la localisation géographique et suivant les saisons (Khammes et Aulagnier, 2003). Vargas et al, (1984) ont note qu'à Malaga,

au sud de l'Espagne, la sex-ratio est minimale en pleine saison de reproduction puis remonte en automne.

### **2.1.7. Comportement**

La souris d'Afrique du Nord est essentiellement nocturne, l'activité est maximale tout de suite après le crépuscule et peu avant l'aube (Palomo et *al.*, 2009) et le rythme d'activité est notablement corrélé avec la température et la photopériode. La période d'activité croît proportionnellement avec la durée de la nuit. L'élévation de la température moyenne durant la journée réduit l'activité de cette espèce.

Grâce à ses caractéristiques physiologiques, la souris sauvage est adaptée pour résister aux contraintes de la sécheresse estivale mais elle nécessite tout de même de disposer de réserves assez suffisantes pour faire face à des conditions extrêmes. Pour cela cette espèce recherche un endroit relativement humide où construire un terrier dont la surface est assez grande pour garantir d'importantes réserves de nourriture (Cassaing et Croset, 1985). Les adultes mâles et femelles sont le plus souvent capturés au même endroit, ce qui suggère une relation étroite avec le milieu. Plusieurs indices montrent l'existence d'une certaine organisation territoriale chez cette espèce telle que la sédentarité des mâles notamment les plus âgés au début de la reproduction, l'agressivité élevée dans les populations âgées en faible densité et la disparition d'un certain nombre de mâles en début de période de reproduction (Cassaing 1984 ; Cassaing et Croset 1985). Lorsqu'un seuil de densité est atteint chez cette espèce, la dispersion des jeunes est bloquée et les mâles dominants inhibent la reproduction des autres mâles, en général les plus jeunes et ils se reproduisent avec une seule femelle (Cassaing, 1984 ; Hurst et *al.*, 1997).

Cette espèce ne semble pas causée des dégâts importants pour l'homme puisqu'elle n'est jamais commensale de l'homme. Tout de même, en Tunisie, Bernard et Gannoun (1965) rapporte les dommages causés, par *M. spretus*, aux cultures maraîchères (tomates, fèves, piments).

### **2.1.8. Parasites**

Beaucoup d'espèces d'ectoparasites sont associées à *M. spretus* notamment des puces (Beaucournu et Launay, 1990). Pour les parasites internes de nombreuses espèces d'helminthes ont été identifiées chez cette espèce, des nématodes tels que *Syphacia obvelata*, *Trichuris muris*, *Aspicularis tetraptera*, *Calodium hepaticum*, *Eucoleus bacillatus*, *Gongylonema neoplasticum*, *Heligmosomoides* sp., *Heterakis spumosum*, *Mastophorus muris*, *Nippostrongylus brasiliensis* (Behnke et *al.*, 1993 ; Feliu et *al.*, 1997 ; Fuentes et *al.*, 2000) ; des cestodes *Catenotaenia pusilla*, *Hymenolepis* sp., *Mesocostoides* sp., *Taenia taenia taeniaeformis*, (Behnke et *al.*, 1993)

Des trématodes ont été également identifiés comme : *Brachylaima llobregatensis*, *Corrigia vitta*, etc (Behnke et al., 1993 ; Fuentes et al., 2009).

### **3. Présentation du genre *Lemniscomys***

Le genre *Lemniscomys* (Trouessart, 1881) regroupe des espèces de rongeurs de taille moyenne dont la distribution est principalement subsaharienne. Ce genre contient actuellement 11 espèces reconnues et déterminées essentiellement en fonction de leur morphologie externe (Happold, 2013; Monadjem et al., 2015 ; Denys et al., 2017).

Les espèces appartenant au genre *Lemniscomys* ont été scindées en trois groupes ou complexes d'espèces (*barbarus*, *striatus* et *griselda*) en fonction de la structure du pelage et les rayures sur le dos et les flancs (Hollister 1919; Ellerman 1941 ; Van der Straeten & Verheyen 1980; Monadjem et al, 2015; Hánová et al., 2020). Le Complexe ou groupe d'espèces qui se caractérisent par l'alternance de plusieurs bandes longitudinales pâles et sombres continues représenté par : *L. barbarus* (Linnaeus, 1766) dont le seul représentant se trouve en Afrique du Nord, au nord du Sahara au Maroc, en Algérie et en Tunisie ; *L. zebra* (Heuglin, 1864) se distribue de l'Afrique de l'Ouest à l'Afrique de l'Est (dans les savanes soudanaises) et enfin *L. hoogstraali* (Dieterlen, 1991) dont un seul holotype a été retrouvé au sud du Soudan. Le groupe d'espèces qui se caractérisent par la présence des rayures pâles disposées en courtes lignes ou disposées en points, il renferme 4 espèces : *L. macculus* (Thomas et Wroughton, 1910), dont la répartition englobe les savanes et les prairies de l'Afrique de l'Est ; *L. bellieri* (Van der Straeten, 1975) occupe des habitats similaires en Afrique de l'Ouest; *L. mittendorfi* (Eisentraut, 1968) est une espèce endémique du mont Oku au Cameroun et enfin *L. striatus* (Linnaeus, 1758) est largement distribuée dans divers habitats de la mosaïque forêt tropicale-savane.

Le dernier groupe qui est composé de quatre espèces ; elles sont caractérisées par la présence d'une seule bande médiane noire dorsale. L'espèce la plus répandue étant *L. rosalia* (Thomas, 1904) au Sud et à l'Est de l'Afrique, *L. griselda* qui vit essentiellement en Angola et en Zambie, l'espèce *L. roseveari* (Van der Straeten, 1980) n'a été rencontrée que dans quelques localités au Nord-Ouest de la Zambie et enfin *L. linulus* (Thomas, 1910) vit dans les savanes soudanaises au Nord de la côte d'Ivoire (Monadjem et al, 2015).

Concernant le groupe d'espèces *barbarus*, des mesures de la morphométrie crâniennes et dentaires ont permis de distinguer les espèces sub-sahariennes *L. zebra* (Heuglin, 1864), *L. hoogstraali* (Dieterlen, 1991) et l'espèce nord-africaine *L. barbarus* (Carleton & Van der Straeten, 1997). D'autre part, une révision du genre *Lemniscomys* par l'utilisation de la morphométrie géométrique crânienne a montré une ressemblance entre *L. barbarus* et *L. zebra*

(Ben salem et *al.*, 2017). De même des analyses moléculaires récentes, Ben salem et *al.*, (2018), ont confirmé la présence d'une affinité phylogénétique entre *L. barbarus* et *L. zebra* et que *L. zebra* était l'espèce-sœur de *L. barbarus*.

### **3.1. Le Rat Rayé *Lemniscomys barbarus* (Linnaeus, 1766)**

Phylum : Chordata ; Classe : Mammalia ; Ordre : Rodentia ; Sous-ordre : Myomorpha ; Superfamille : Muroidea ; Famille : Muridae ; Sous-famille : Murinae ; Genre : *Lemniscomys*  
Des appellations différentes lui ont été attribuées selon Meunier et *al.*, 2020 : *Mus barbarus* Duvernoy (1841), Duvernoy et Lereboullet (1842); Loche (1858, 1867); Tristram (1860); Lataste (1885); Regnier (1960) ; *Arvicanthis barbarus* Trouessart (1905), Jordan & Rothschild (1912), Joleaud (1918) et enfin *Lemniscomys barbarus* pour Kowalski et Rzebik-Kowalska (1991).

#### **3.1.1. Morphologie**

Le rat rayé est plus petit que le rat, mais plus gros que le mulot. Il se distingue par son pelage sur le dos et sur les flans, la teinte de fond est fauve claire rayée longitudinalement de 11 lignes brunes et la ligne médio- dorsale étant nettement plus foncée. Le ventre est de couleur blanc crème et la queue porte peu de poils. Les adultes atteignent une longueur de 250 mm, dont 150 mm pour la queue et pèsent environ 60g. La patte postérieure est d'environ 29 mm (Gharaibeh, 1997) (Fig.3).



**Figure 3 : Rat rayé *Lemniscomys barbarus*** (<https://www.biolib.cz/en/image/id97928/>)

### **3.1.2. Répartition**

*Lemniscomys barbarus* a une répartition uniquement africaine. Cette espèce ne semble pas être commune, elle est présente au nord du Sahara depuis le Maroc à la Tunisie et au sud du Sahara, du Soudan et du Kenya vers l'ouest, jusqu'en Gambie (Gharaibeh, 1997).

Le rat rayé est surtout présent dans la bordure méditerranéenne jusqu'à 1150 m dans le Haut Atlas marocain (Happold, 2013; Aulagnier *et al.*, 2008 ; Ben Salem *et al.* 2017 ; Taylor, 2017). Au Maroc, les auteurs s'accordent pour lui attribuer comme habitat les régions arides quoique non dépourvues de végétation (Petter et Saint- Girons, 1965) et en Tunisie, il est limité aux zones herbeuses du nord du pays (Saidi *et al.*, 2010).

En Algérie, sa présence a été signalée dans différentes localités du Nord Algérien où il évite les grands espaces ouverts et les forêts (Kowalski & Rzebik-Kowalska, 1991 ; Khidas, 1993 ; Ahmim, 2019). Les travaux concernant ce rongeur restent rares notamment concernant son écologie et sa biologie. Toute fois, cette espèce a fait l'objet de quelques piégeages notamment en Kabylie du Djurdjura (Khidas 1993 ; Amrouche-Larabi *et al.*, 2015).

### **3.1.3. Habitat**

Ce rongeur diurne fréquente habituellement des milieux peu anthropisés, mais il peut être retrouvé en bordure de vergers ou des champs cultivés (Aulagnier *et al.* 2008).

*Lemniscomys barbarus* vit principalement dans les broussailles, les forêts méditerranéennes et il préfère les zones où l'herbe est dense et où le sol est couvert d'espèces herbacées. Toutefois, cette espèce a été signalée dans divers habitats non forestiers et relativement secs le long de la région côtière du nord-ouest de l'Afrique. En général, elle a été observée à proximité des affleurements rocheux des dunes côtières végétalisées, des broussailles de genévrier, des prairies de sauge argonnaire et des savanes d'argon dans toute leur aire de répartition géographique (Carleton & Van Der Straeten, 1997 ; Lahmam, *et al.*, 2008).

### **3.1.4. Régime alimentaire**

Le rat rayé peut se nourrir de différents types d'aliments (plantes vertes, herbes sèches, graines, etc...). Des feuilles d'*Asphodelus microcarpus*, à forte teneur en eau, ont été retrouvées dans les terriers de *Lemniscomys barbarus* pendant la saison sèche (Cheniti et Sami, 1989 in Happold, 2013).

Selon Tsegaye et Kitessa (2015), le régime alimentaire de *L. barbarus* dans les zones agricoles, au Sud-Ouest de l'Éthiopie, est constitué essentiellement de feuilles. Ces dernières peuvent atteindre plus de 60 % de son régime, suivi par les graines qui représentent 20% du régime. La

partie animale, constituée principalement d'insectes, entre aussi dans le régime mais en proportions relativement faibles par rapport à celles des autres items (moins de 10%).

### **3.1.5. Reproduction**

Lenkiewicz et Saint-Girons (1964) mentionnent que le rat rayé, en captivité, dans un endroit chauffé, peut se reproduire toute l'année. Ces mêmes auteurs ont montré que l'activité du rat rayé varie suivant les saisons et semble être liée à la température.

Au Maroc, Zaime (1985) a eu 20 femelles gestantes parmi les individus capturés de cette espèce dont il a suivi la mise bas au laboratoire. Il a noté que la durée de gestation est de 21 jours  $\pm$  2 avec un nombre de portées de  $5,2 \pm 2$ . En Tunisie, Bernard (1969), a capturé des femelles gestantes en mai, juin et septembre mais il n'a enregistré aucune activité reproductrice entre novembre et janvier. Le nombre de portées variait de 3 à 11 par portée et les mâles adultes étaient actifs toute l'année. Lahmam et *al.*, (2008) ont mentionné que la période de reproduction de cette espèce se déroule essentiellement au printemps et en été. Tsegaye et Kitessa (2015) au Sud-Ouest de l'Ethiopie (Sekoru district) ont montré que les premières femelles gestantes de *L. barbarus* ont été capturées essentiellement en mai-juin avec un maximum en juillet et août et les dernières femelles gestantes ont été capturées en décembre. Le nombre de portées est de  $6,38 \pm 1,70$ . Ces auteurs ont capturé des individus mâles actifs pendant toute la période d'étude de février à décembre.

### **3.1.6. Dynamique et structure des populations**

Nous ne disposons pas de données ou d'études publiées pour expliquer la dynamique et la structure de cette espèce dans le milieu naturel. Nous tentons d'en apporter les premiers éléments concernant cet aspect.

### **3.1.7. Comportement**

Le rat rayé contrairement à beaucoup d'autres rongeurs est diurne quoique particulièrement actif au lever et au coucher du soleil (Sami, 1993 ; Lahmam, 2008 ; Saidi *et al.*, 2010, Daoud et Ouarour, 2017). Il présente un rythme d'activité polyphasique en fonction de la température et de la photopériode. Lenkiewicz et Saint Girons (1964), a constaté que le rat rayé présente trois phases d'activité une au coucher du soleil, une autre, plus courte et fluctuante, au milieu de la nuit et une troisième dans la matinée. L'activité varie selon les saisons et semble être liée à la température (quand la température diminue les phases d'activité sont de courtes durée et morcelées). Ce rongeur est hautement sensible aux variations de la lumière et son activité est étroitement liée à la photopériode (il est nettement plus actif en présence de la lumière) et peut

donc constituer un modèle intéressant pour l'étude du rythme circadien (Lahmam, et al, 2008 ; Chakir et al., 2014 ; Daoud et al., 2017).

Contrairement à beaucoup d'autres espèces de rongeurs tel que *A. sylvaticus*, il semblerait que *L. barbarus* ne creuse pas de terriers mais plutôt il construit lui-même un nid en forme de coque arrondie fait avec des brins d'herbes. Brosset (1960) et Blanc et al. (1962) ont noté que *L. barbarus*, au Maroc, construit un nid soit sous des buissons du Jujubier soit dans un nid formé de végétaux assemblés et placés dans un creux du sol ou entre deux racines. Nous avons fait également le même constat lors de nos différentes sessions de piégeage.

Cette espèce n'est pas commensale de l'homme. Elle est assez discrète et elle vit loin des habitations. Tout de même, Tsegaye et Kiteessa (2015) en Ethiopie, ont montré que cette espèce peut être une source de nuisance pour l'homme en détruisant les cultures.

### **3.1.8. Parasites**

Les études sur les parasites des espèces du genre *Lemniscomys* sont moindres et le seul travail réalisé sur ce genre concerne essentiellement l'étude des helminthes parasites de *L. striatus* au Nssuka (Nigeria) (Ezeudu et al., 2017).

En Algérie, nous ne disposons d'aucune information portant sur les parasites (endoparasites) de *Lemniscomys barbarus* et à notre connaissance, aucun travail n'a été réalisé dans ce sens.

## **4. Présentation du genre *Rattus* (Linnaeus, 1758)**

Les rats sont des animaux très répandus et ils sont originaire des steppes asiatiques et qui ont par la suite envahi le monde entier soit par des invasions naturelles, soit par l'intermédiaire des déplacements de l'homme et ses moyens de transport. Etant commensaux de l'homme, ils posent des problèmes de nuisances et de santé publique (Rode, 1948). De point de vue taxonomique, le genre *Rattus* comprend plusieurs espèces et sous-espèces qui se répartissent à travers le monde et les premiers représentant de ce genre sont apparus il y'a environ trois millions d'années à la fin du Pliocène (Aplin et al, 2003).

D'après Musser et Carleton (2007), le genre *Rattus* est l'un des groupes de rongeur le plus diversifié, il compte 66 espèces classées en sept groupes systématiques. Le premier comporte le groupe *norvegicus* avec comme représentant le surmulot *Rattus norvegicus*; le groupe *exulans* est représenté par la seule espèce *R. exulans* ; le groupe *Rattus* comportant le rat noir *R. rattus* et les espèces étroitement liées; le groupe *Fuscips* ; le groupe *Leucopus* ; le groupe *Xanthurus* et enfin le dernier groupe contient un ensemble d'espèces pour lesquelles les affinités phylogénétiques sont incertaines.

Les trois espèces les plus répandues à travers le monde pour ce genre étant le rat brun ou surmulot (*Rattus norvegicus*), le rat noir (*Rattus rattus*) et le rat polynésien (*Rattus exulans*) et ce dernier n'est présent que dans les régions d'Asie du sud-est (Thomson et al. 2014).

Dans la région paléarctique, Ellerman et Morrison-Scott (1951) ont identifié 3 sous espèces pour *Rattus norvegicus* et 52 sous espèces pour *Rattus rattus*.

En Afrique du Nord, le genre *rattus* est représenté par deux espèces : le rat surmulot et le rat noir avec un pelage noir pour l'espèce type et ses différentes sous- espèces (Rode, 1948). Certains auteurs considèrent ces espèces comme des espèces commensales et des nuisibles obligatoires de l'homme puisqu'elles ont besoin de la présence de l'homme pour maintenir et assurer la pérennité de leur population (Aplin et al, 2003).

#### **4.1. Le surmulot *Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1769)**

Phylum : Chordata ; Classe : Mammalia ; Ordre : Rodentia ; Sous-ordre : Myomorpha ; Superfamille : Muroidea ; Famille : Muridae ; Sous-famille : Murinae ; Genre : *Rattus*

Meunier et al. (2020) ont rassemblé les différentes désignations de cette espèce : *Mus decumanus* Loche (1858, 1867), Lataste (1885), Jentink (1888) ; *Mus norvegicus* Trouessart (1905), Billet (1908), Lheritier (1918), Witas (1932) ; *Epimys decumanus* Lewis (1967) ; *Rattus norvegicus* Kowalski & Kowalska (1991).

Pour certains paléontologues, ce rongeur est originaire du sud-est de la Sibérie et du nord de la Chine où des dépôts fossiles de cette espèce datant de l'Holocène et la fin du Pléistocène auraient été découverts dans des grottes en chine (Nowak, 1999 ; Wilson et Reeder, 2005 ; Denys, 2017c). Actuellement il est cosmopolite, on le rencontre dans le monde entier à l'exception des régions polaires, comme étant une espèce invasive et introduite (Alpin, 2003).

Son nom latin *Rattus norvegicus* lui a été attribué en 1769 par le naturaliste britannique John Berkenhout. L'origine du nom « *norvegicus* » porté par cette espèce n'est pas bien précise et elle n'indique pas l'origine de l'animal (Asie). Il semblerait que Berkenhout a nommé cette espèce en se servant des spécimens dont la provenance était probablement la Norvège (Denys, 2017c). Le rat surmulot est également nommé rat d'égout ou rat brun sauvage

##### **4.1.1. Morphologie**

Le rat surmulot est le plus gros des Murinae présent en Afrique, à pelage dorsal gris à brun, pelage ventral grisâtre, sans délimitation entre pelage dorsal et ventral et il existe des individus entièrement noirs (le mélanisme) (Quéré et Louarn, 2011) (Fig.4).

Son corps mesure entre 21 et 29cm, sa queue est annelée de 17 à 23cm (Grojean, 2001) et elle est toujours moins longue que le corps (à l'inverse du rat noir).Il est caractérisé par sa boîte

crânienne de forme rectangulaire ce qui constitue un caractère décisif dans l'identification (Rode, 1948). Son poids moyen est d'environ 250g, mais certains individus peuvent dépasser 500g (Latteur, 2001). Il possède de courtes oreilles, de petits yeux, un museau obtus avec des vibrisses proéminentes et 16 dents à croissance continue (Grojean, 2001). Ses pieds sont roses, les antérieurs présentent 4 doigts et les postérieurs 5 (Latteur, 2001) (fig. 4). Le dimorphisme sexuel est marqué, le mâle est plus grand et plus lourd que la femelle. Ils se différencient aussi par leur silhouette et leur pelage. La femelle du rat gris a toujours six paires de mamelles contre cinq paires chez la femelle du rat noir (Grojean, 2001). Plusieurs caractères morphologiques permettent de le différencier du Rat noir (Fig. 5).



Figure 4 : Rat brun *Rattus norvegicus* ([https://fr.wikipedia.org/ Rattus norvegicus](https://fr.wikipedia.org/Rattus_norvegicus))

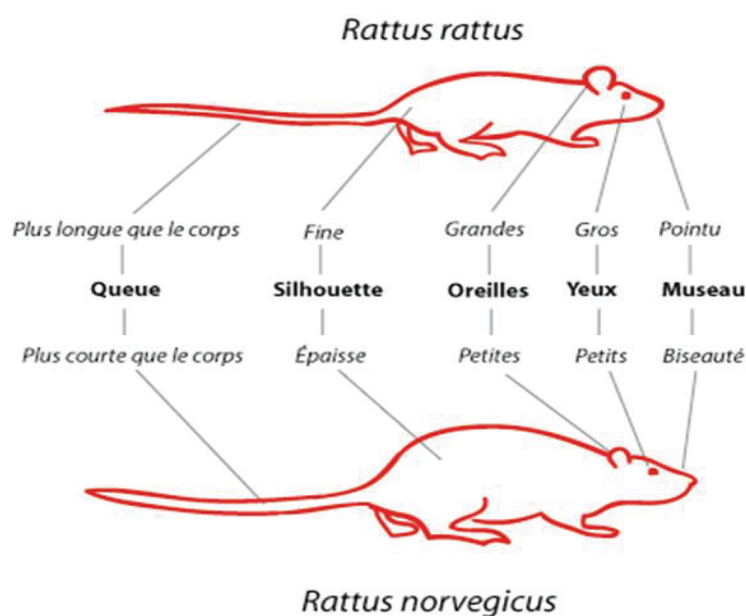


Figure 5 : Schéma détaillant les différences entre *Rattus rattus* et *Rattus norvegicus* (in Zilber, 2015)

#### **4.1.2. Répartition**

*Rattus norvegicus* semble être originaire de Chine et de Mongolie et à partir de cet habitat il s'est répandu dans le monde entier suivant une série d'introductions et d'événements de colonisations. Actuellement, il est devenu le rat prédominant dans l'environnement urbain proche de l'homme (Dupouey et *al.* 2014). Il est mieux adapté aux climats tempérés, il ne peut, en particulier, se passer de boire (même de l'eau salée) ; ceci réduit son aire d'expansion aux habitats humains des zones arides (Ahmim, 2019). En Europe, son arrivée date du 18<sup>ème</sup> siècle. Son expansion est massive et il a colonisé les différents environnements urbains à travers l'histoire (Vigne et Villie, 1995 ; Morand et *al.* 2015). Dans leurs travaux, Puckett et *al.* (2016) ont mis en évidence l'existence d'une diversité génétique remarquable permettant la reconstitution historique et géographique du mouvement des populations de cette espèce.

La présence de ce rat en Afrique s'est faite tardivement. Rode (1948) souligne qu'il est abondant dans tous les ports et les grandes villes de l'Afrique du nord.

Selon Bastos et *al.* (2011), plusieurs séries d'événements ont été avancés pour expliquer la colonisation de l'Afrique mais des analyses plus approfondies sont nécessaires pour avoir plus d'informations sur la population occupant cette région.

Selon Ahmim (2019), en Algérie, cette espèce est rencontrée le long de la zone côtière jusqu'à l'Atlas tellien, mais sa présence a été également signalée au nord du Sahara dans les agglomérations. Elle a été capturée dans plusieurs localités lors de nombreuses campagnes de piégeage visant à l'étude des populations de petits mammifères (Amrouche-Larabi et *al.*, 2015 ; Drouai et *al.*, 2018). Sa présence a été également signalée sous les différents étages bioclimatiques humide, sub-humide, aride et semi- aride (Meunier et *al.*, 2020)

#### **4.1.3. Habitat**

Le rat surmulot est une espèce cosmopolite. Etant commensal de l'Homme, il l'a suivi dans presque partout dans ces déplacements à travers le monde et fréquente essentiellement les biotopes ouverts créés par ce dernier et les milieux perturbés (Banfield, 1977, Aulagnier et *al.* 2008, Quéré et Louarn, 2011). Ce rat est abondant dans l'ensemble des agglomérations, il est présent dans de nombreux habitats dits naturels hors de la zone méditerranéenne, tout particulièrement dans les milieux humides (Pascal et Vigne, 2003).

Contrairement au rat noir qui circule sur des parties élevées du sol (les greniers), le surmulot se déplace sur le sol et affectionne essentiellement les milieux humides et riches en nourriture. Il colonise les habitations, les caves et les réseaux d'égouts, les entrepôts, les exploitations agricoles, et peut aussi vivre complètement indépendant en plein air (Quéré et Louarn, 2011). Il

creuse des terriers et des galeries à proximité d'une source de nourriture et d'un point d'eau (Grojean, 2001). En été, le rat surmulot se retrouve dans les champs mais la plupart des individus reviennent s'abriter dans les bâtiments durant l'hiver (Davis et *al.*, 1949).

#### **4.1.4. Régime alimentaire**

Le rat surmulot est un rongeur opportuniste consommant une grande variété de plantes et d'animaux. Dans les colonies d'oiseaux marins, il pose de graves problèmes de prédatons (Moors, 1983).

Mailhe, (2009) indique que le surmulot est omnivore, il semble rechercher des aliments riches en protéines et en amidon. Il s'alimente surtout de déchets domestiques et de réserves de nourriture mais il peut ronger tout ce qui se trouve sur son passage : papier, bois, tuyaux, câbles électriques, etc (Banfield, 1977). L'adulte consomme pratiquement 10% de son poids par jour de nourriture. Dans la nature, son régime serait plus volontiers carnivore (Emlen et *al.*, 1948 ; Quéré et Louarn, 2011). Le rat d'égout se montre prudent en découvrant toute nouvelle nourriture, peut parfois rester des jours avant de goûter à cette nourriture ou il n'en consomme qu'une petite quantité pour voir l'effet de cet aliment inconnu.

#### **4.1.5. Reproduction**

Le rat surmulot est très prolifique. Lorsque les conditions du milieu sont favorables telles qu'une température douce, un abri assuré et des ressources alimentaires abondantes, les rats peuvent se reproduire pratiquement toute au long de l'année et maintenir une population relativement stable dans le temps (Quéré et Louarn, 2011). Le rat surmulot arrive à sa maturité sexuelle dès trois semaines. Une femelle a de trois à cinq portées par an, avec en moyenne 7 petits par portée (Mailhe, 2009). Dans la nature, la femelle peut donner naissance en moyenne à 24 jeunes par an. Les petits naissent nus et aveugles et les yeux s'ouvrent au bout de 7 à 10 jours. La femelle est très attentive et reste au nid pour s'occuper de ses petits mais elle n'hésite pas à les déplacer en cas de dérangement vers un endroit calme et plus sûr. Chaque jeune devient capable de se reproduire à partir de l'âge de cinq semaines (Denys, 2017c). Le taux de reproduction augmente lorsque la densité de la population diminue à la suite d'une campagne de dératisation ou d'empoisonnement par exemple (Macdonald et Barrett, 1995). L'espérance de vie moyenne du rat surmulot est relativement faible (12 mois) et sa mortalité est élevée (supérieure à 95 %). Ceci permet de réduire la progression et la densité des populations de cette espèce (Denys, 2017c).

#### **4.1.6. Dynamique et structure des populations**

La dynamique du rat surmulot présente des variations annuelles importantes sur la taille et la structure de ses populations qui sont sous la dépendance des différents facteurs tels le taux de croissance, la reproduction associés aux migrations et au taux de mortalité (Glass et *al.*, 1989). Les taux de croissance élevés sont liés principalement à la disponibilité des ressources alimentaires riches en énergie, comme dans les zones résidentielles alors que les taux de mortalité peuvent être liés à la famine, aux prédateurs ou le contrôle des populations de rats par l'homme (Glass et *al.*, 1989). Lorsque les conditions environnementales sont stables, la population des rats reste en équilibre et se stabilise dans le temps (Davis, 1953). Mais si des grands changements s'opèrent (réduction drastique des ressources alimentaires), cet équilibre pourra être rompu et la taille de la population évoluera principalement en raison du taux de la survie des jeunes (Feng et Himsworth, 2013).

#### **4.1.7. Comportement**

*Rattus norvegicus* est relativement nocturne ou crépusculaire mais il peut être observé le jour lorsque la densité des populations est élevée. Il vit en commensalisme avec l'homme (Banfield, 1977, Ahmim, 2019). Son activité maximale est mesurée 2h après le coucher du soleil et 2h avant son lever.

Le surmulot est également un animal social, essentiellement terrestre mais aussi un bon nageur. Il est nidicole et forme des clans ou des colonies. Chaque clan est dominé par un mâle qui dispose d'un harem de femelles qui défendent un territoire (Grogan, 2001). Le renouvellement des populations est important et joue en faveur de leur adaptation aux modifications des milieux. Le surmulot est plus agressif que le rat noir. En cas d'attaque, il pépie ou émet des cris audibles (sifflements) et pousse des cris aigus faisant fuir ses congénères (Quéré et Louarn, 2011).

Le sens de la vue chez le rat surmulot est plutôt faible mais ses yeux sont bien adaptés à la vision nocturne et son ouïe est fine. Les sens du goût, du toucher et de l'odorat sont particulièrement développés (Lateur, 2001). Lorsqu'il a suffisamment de nourriture dans son domaine vital, il reste discret et les rats rencontrés le jour sont généralement des juvéniles où des individus subordonnés qui n'ont pas eu accès à la nourriture la nuit (Denys, 2017c).

Bien qu'ils soient utiles en consommant des tonnes de déchets, nettoyant ainsi les égouts et les canalisations (Denys, 2017c), les rats sont associés à des risques pour la santé publique et pour la santé animale (Webster et *al.*, 1995). Ils présentent des impacts sur l'agriculture, sur les infrastructures et sur la faune indigène et constitue une nuisance pour l'homme en raison de sa

consommation de réserves de nourriture et de ses bris divers (fils électriques et téléphoniques, canalisations d'eau, etc.) (Banfield, 1977).

#### **4.1.8. Parasites**

Le rat surmulot véhicule diverses maladies zoonotiques dont la transmission à l'homme se fait de manière directe ou indirecte. Il est porteur aussi de différents agents pathogènes (ectoparasites, endoparasites, bactéries et virus). Le rat brun est un animal sédentaire, les risques de rencontre directe avec l'homme ne sont pas fréquents et il a tendance à l'éviter. Toutefois, il représente des menaces indirectes pour l'homme essentiellement en souillant son alimentation par ses urines et ses fèces ou déjections. Cela peut entraîner la salmonellose, la trichinose (Banfield, 1977) et la leptospirose également nommée maladie des égoutiers qui est due à une bactérie du genre *Leptospira* (Zilber, 2015)

Les ectoparasites sont essentiellement représentés par des puces notamment *Xynopsella cheopis* porteuse de l'agent responsable de la peste (*Yersinia pestis*), des tiques notamment *Ixodes ricinus* véhiculant l'agent (*Borrelia burgdoferi*) responsable de la maladie de Lyme ou borréliose, des poux et des acariens. Pour les endoparasites, nous rencontrons essentiellement des nématodes (*Syphacia muris*, *Heterakis spumosa*, *Trichuris muris*, *Nippostrongylus brasiliensis...*), des cestodes (*Hymenolepis diminuta*, *Hymenolepis nana*) et des trématodes (*Plagiorchis muris*) (Chelsea et al., 2014; Chagas et al., 2017 ; Ranjbar et al., 2017)

Ce rat a une vitesse de croissance et de reproduction élevée. Il est difficile de l'éradiquer complètement, de même une étude menée au Royaume Uni a montré sa résistance aux rodenticides (Haniza et al., 2015). Bien que, cette espèce ne fasse pas partie des espèces dites nuisibles, les populations étant inféodées à l'habitat humain, font l'objet de campagnes d'éradication et de destructions au moyen d'appâts additionnés à des anticoagulants.

En Algérie, toutes les espèces que nous venons de citer constituent des proies potentielles pour de nombreux oiseaux rapaces tels que le chouette effraie et la chouette hulotte (Kowalski et Rzebik-Kowalska, 1991; Hamdine et al., 1999, Boukhemza et al., 2004). Elles constituent également des proies préférentielles et un apport énergétique important pour de nombreuses espèces de mammifères citant l'exemple de la genette commune et du loup doré (Hamdine, 1993 ; Malil, 2012 ; Amroun et al., 2013 ; Eddine, 2017).

## **II. Matériel et Méthodes**

Dans ce chapitre sont développés, la description de la région d'étude et des stations de collecte des échantillons, puis le matériel et les différentes méthodes utilisées sur le terrain et au laboratoire. Enfin, l'exploitation des résultats, notamment par les méthodes statistiques, sont exposées.

### **1. Présentation générale de la Kabylie du Djurdjura**

La Kabylie du Djurdjura se distingue par la diversité de ses milieux physiques et naturels par rapport au reste des régions d'Algérie. (Meddour, 2010). Elle est située dans le nord Algérien à l'est de la wilaya d'Alger. Cette région est comprise entre 36°22' et 36°55' de latitude Nord et 3°35' et 5°05' de longitude Est. Elle est délimitée au nord par la mer Méditerranée, à l'Ouest par la dépression formée par l'oued Isser, et au Sud/Sud-Est par la chaîne du Djurdjura.

Son climat est méditerranéen, modulé par le relief qui est l'un des plus accidentés et des plus abrupts d'Algérie, peut comporter des hivers rigoureux et des étés arides. La saison hivernale froide et humide, s'étale du mois de décembre jusqu'au mois de février. La pluviométrie moyenne se rapproche des 800 mm par an pour une période d'observation de 20 ans. Les précipitations peuvent varier considérablement d'une année à une autre et les neiges peuvent être abondantes sur le Djurdjura et l'extrémité orientale du massif central. La saison estivale quant à elle est longue sèche et chaude, le mois d'août est le mois le plus chaud de l'année, avec des températures maximales qui dépassent, parfois, les 40 °C notamment entre 12 et 14 heures de la journée dans certains endroits. Les températures sont enregistrées au niveau de la station de Boukhalfa, qui se situe à la périphérie de la ville de Tizi -Ouzou. L'hydrologie de la région est dominée par l'Oued Sebaou qui recueille à travers ses affluents l'essentiel des eaux en provenance du Djurdjura. Le massif central, le Djurdjura et même la chaîne côtière sont littéralement entaillés par de nombreuses rivières: Oued- Boubehir, Oued Djemaa, Oued- Bougdoura, Assif-Ousserdhoun et Assif-El Hammam.

La Kabylie recèle un patrimoine floristique et faunistiques très riche et diversifié. Elle constitue une terre de prédilection des zoologistes et des botanistes. Plusieurs types de formations végétales s'y rencontrent : des forêts à base de Chêne-liège (*Quercus suber*), de Chêne vert (*Quercus ilex*), de Chêne zeen (*Quercus faginea*), de Chêne afarès (*Quercus afares*) et le pin maritime (*Pinus pinaster*) et des maquis constitués d'un mélange d'espèces et des groupements de ces différentes espèces. Compte tenu de la diversité des caractéristiques morphologiques, lithologiques, et climatiques du territoire de la Kabylie, il

en résulte un large éventail de sols dont la formation est conditionnée par la couverture végétale (Khidas, 1998 ; Meddour, 2010 ; Belkaid, 2016).

## **2. Présentation des stations d'étude**

Compte tenu des connaissances acquises sur les différentes espèces de rongeurs à savoir le mulot sylvestre, la souris sauvage, le rat rayé et le rat surmulot telles que décrites dans le chapitre I, nous avons choisis des stations à déterminisme écologique diversifié favorisant la présence et la capture de ces espèces ciblées pour la réalisation de notre travail de recherche. L'objectif de notre étude est non seulement d'actualiser les données déjà acquises sur ces différentes espèces mais également d'apporter de nouveaux éléments permettant ainsi d'enrichir les informations existantes notamment en Kabylie du Djurdjura. Trois stations ont été prises en compte pour l'échantillonnage de ces espèces de rongeurs : une forêt à Mizrana, un maquis et un milieu semi- urbain à Boudjima.

### **2.1. Forêt de Mizrana**

#### **2.1.1. Situation géographique**

La forêt de Mizrana représente l'un des plus grands patrimoines forestiers d'Algérie. Elle est située à 93 km à l'Est d'Alger. Elle est localisée dans la zone littorale méditerranéenne de la Kabylie (36°50' de latitude Nord et 4°4' de longitude Est) et à une altitude qui varie entre 395m et 850 m. Cette forêt est délimitée au nord par la mer Méditerranée, à l'ouest par la wilaya de Boumerdes, à l'est par la commune de Tizirt et au sud par la commune de Makouda (Fig.9). Elle s'étend sur une superficie de 342 ha. Selon la classification d'Emberger (1971), cette station se caractérise par un bioclimat de type subhumide à variante tempérée. L'été est sec et les précipitations sont irrégulières et s'étendent généralement de novembre à mai.

#### **2.1.2 Composition floristique**

Cette zone renferme différentes essences forestières dont le chêne liège (*Quercus suber*) qui est le plus dominant, auquel vient se mélanger parfois le Chêne zeen (*Quercus canariensis*) qui semble avoir une régénération facile et qui trouve des conditions propices pour s'y installer suite aux différents incendies au niveau de la subéraie. On note également la présence quelques pieds du chêne vert (*Quercus ilex*). Un sous bois dense dont la hauteur peut atteindre 6m est également présent. Il est composé essentiellement de Cytise à longues grappes *Cytisus triflorus*, la filaire à feuilles étroites (*Phillyrea angustifolia*), la bruyère (*Erica*

*arborea*), le genêt épineux (*Calycotome spinosa*), l'arbousier (*Arbutus unedo*), l'aubépine monogyne (*Crataegus monogyna*), le myrte (*Myrtus communis*) formant des groupements différents suivant les faciès. Tout de même, nous avons relevé la présence de clairières, des troncs d'arbres coupés, de nombreux affleurements rocheux et des petits plans d'eau. L'action anthropique n'est pas à négliger dans cette zone. Elle se prononce essentiellement par les défrichements et les labours pratiqués par les riverains qui veulent étendre leur territoire mais également par les quelques décharges non contrôlées le long des pistes forestières (Fig.6).

Pour des raisons d'innascibilité, liées au sous bois dense, mais aussi de sécurité, nous avons choisi seulement certaines zones pour l'échantillonnage des petits mammifères.

Une multitude d'espèces mammaliennes fréquentent et vivent au sein de cette forêt. On y trouve essentiellement le sanglier *Sus scrofa*, la genette commune (*Genetta genetta*), la mangouste *Herpestes ichnomon*, l'hérisson d'Algérie *Atelerix algirus*, le mulot sylvestre (*Apodemus sylvaticus*)



**Figure 6:** Quelques paysages de la forêt de Mizrana (Originale, 2017)

## 2.2. Boudjima

### 2.2.1. Situation géographique

Cette station d'étude se trouve dans la commune de Boudjima (36°48' de latitude Nord et de 4°09' de longitude Est) et à une altitude de 295m. Elle se trouve à 21 Km au nord-ouest de la wilaya de Tizi-Ouzou, elle est délimitée au Nord par la commune de Tizirt, à l'ouest par la commune de Makouda, à l'est par la commune de Timizart et au sud par la commune d'Ouaguenoun. Elle s'étend sur une superficie de 34,94 Km<sup>2</sup>(Fig.9). Cette station est classée dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver tempéré (Daget, 1977). La température moyenne varie de 9,9°C en janvier à 29,7 °C en juillet. Des précipitations irrégulières s'étendent de novembre à avril avec un pic généralement en janvier. L'été est généralement sec et juillet est le mois le plus sec.

### 2.2.2. Composition floristique

Cette station est un maquis dense dont la physionomie de la végétation est composée de différentes strates (Fig.7) :

- Une strate arborée composée essentiellement de l'olivier (*Olea europea*), l'oléastre (*Olea oleaster*), le figuier (*Ficus carica*) et le Frêne (*Fraxinus excelsior*).
- Une strate arbustive est relativement dense et constituée essentiellement du Genêt épineux (*Calycotome spinosa*), le pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*), l'Eglantier (*Rosa canina*), la ronce (*Rubus* sp.) et le Roseau *Phragmites australis*.
- Une strate herbacée dominante et variable selon les saisons. Elle est constituée principalement de la Mauve *Malva sylvestris*, les Ombellifères (*Apiaceae* sp.), l'Emex épineux (*Emex spinosa*), les graminées (*Poaceae* sp.), la Bourrache (*Borago officinalis*), le chardon (*Galactites tomentosa*) et le Roman bleuet (*Centaurea napifolia*).





**Figure 7** : Photos prises au niveau du maquis de Boudjima (Originale, 2017)

### **2.3.Milieu semi- urbain**

Cette station est située dans la commune de Boudjima et elle est éloignée du maquis de plusieurs centaines de mètres. Ce site est entouré par des habitations et des parcelles cultivées (Fig. 8). On signale la présence d'une forte densité populationnelle, présence de quelques habitations abandonnées, des poulaillers et des étables ce qui favorise la présence des espèces de rongeurs commensales.





Figure 8: Quelques photos du milieu semi-urbain (Originale, 2017)

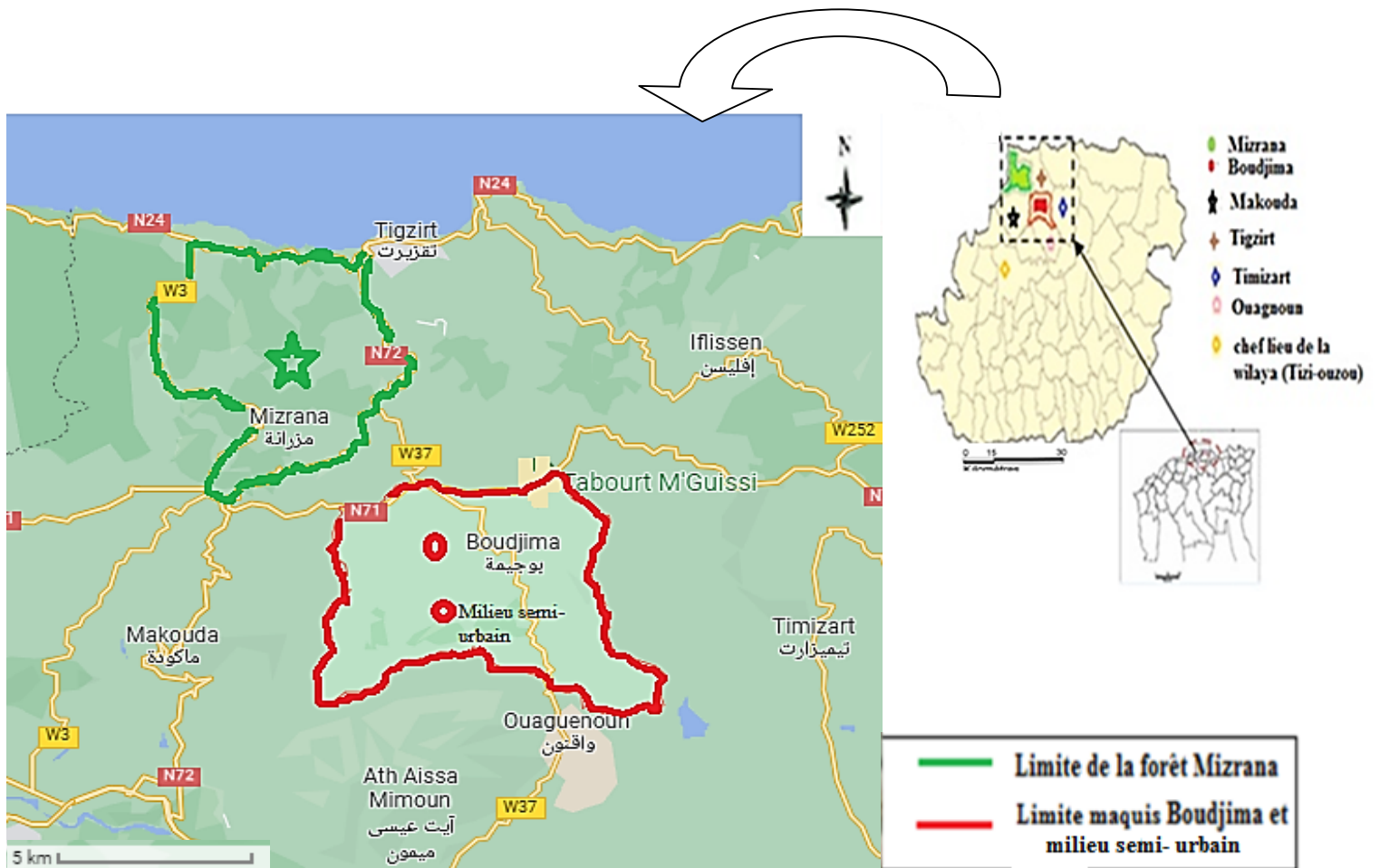


Figure 9: Localisation géographique des stations d'étude

### 3. Méthodologie

Les rongeurs sont généralement des animaux discrets, nocturnes et circulent le plus souvent sous le tapis herbacé. Leur observation directe ne peut être qu'accidentelle. Par ailleurs, leur connaissance est d'un intérêt important et pratique dans de nombreux domaines qui nécessite la capture de l'animal intact en vue de prendre les différentes variables biométriques, physiologiques et parasitaires. Pour la capture des rongeurs, nous avons adopté la méthode de piégeage qui joue un rôle important dans le succès des captures. Le piégeage permet de recenser les espèces qui sont présentes dans une zone donnée. Il nous aide également dans la description avec précision du milieu de vie des animaux capturés mais surtout il nous procure des individus vivants indispensables pour les recherches parasitologiques.

Tout le matériel utilisé pour la réalisation de ce travail est présenté en Annexe II.

#### 3.1. Travail de terrain

Les pièges utilisés pour la capture des rongeurs sont de type cages grillagées. La porte de la cage se maintient ouverte grâce à une tige de fer à laquelle est accroché le port- appât et dès qu'un petit rongeur rentre à l'intérieur et touche l'appât, la porte se referme automatiquement et l'animal se retrouve ainsi coincé à l'intérieur. Ce type de piège permet de capturer l'animal vivant et de le garder à l'abri des prédateurs (Fig. 10).

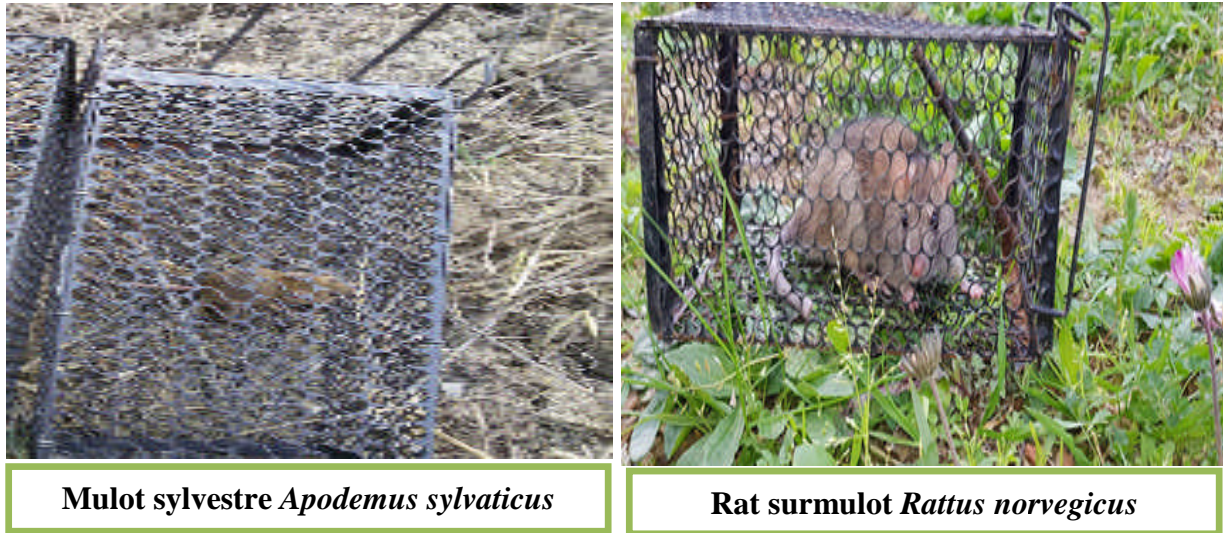
Il faut noter que nous avons utilisé plusieurs appâts mais le plus efficace est constitué essentiellement d'un mélange de pain imbibé dans du thon à l'huile.



Cage grillagée mise en place



Rat rayé *Lemniscomys barbarus*



**Figure 10:** Cages grillagées utilisées pour la capture des différentes espèces de rongeurs  
(Originale, 2017)

### 3.2. Protocole d'échantillonnage

L'échantillonnage a été effectué pendant 17 mois, de janvier 2017 à mai 2018 dans les trois stations précédemment décrites (forêt, maquis et milieu semi-urbain).

Pour la capture des rongeurs, nous avons adopté un protocole d'échantillonnage qui est le piégeage en ligne. La technique est fort usitée, légère à appliquée et considérée comme suffisamment fiable. C'est une méthode exhaustive qui consiste à établir une relation de proportionnalité entre la densité du peuplement piégé et la densité des captures le long de la ligne de pièges (Spitz, 1969 ; Spitz et *al.*, 1974 ; Orsini, 1981 ; Kowalski, 1985 ; Saint Girons et Fons, 1986).

Une trentaine de pièges (espacés de 5 m) ont été mis en place suivant une ligne pendant 2 à 4 nuits consécutives (selon les conditions météorologiques) par station (maquis et forêt) et par session de piégeage. Cette méthode a été couramment utilisée dans différentes localités du Nord Algérien notamment en Kabylie du Djurdjura par Hamdine et Poitevin (1994) ; Khidas et *al.* (1999, 2002) et Khammes (2008).

Une quinzaine de pièges, en cages grillagées, ont été placés également pendant 2 à 4 nuits consécutives de manière aléatoire dans des endroits jugés favorables, durant l'année 2017, dans le milieu semi-urbain à Boudjima pour la capture des espèces commensales qui vivent à proximité de l'homme. Les pièges sont laissés sur place et visités chaque 24 heures.

### **3.3. Travail de laboratoire**

#### **3.3.1. Examen des rongeurs capturés**

Les individus capturés ont été examinés séparément et toutes les données collectées sont enregistrées, en précisant la date et le lieu de capture. Les rongeurs capturés vivants ont été sacrifiés par dislocation cervicale qui consiste en l'utilisation d'un coton imbibé avec un peu de chloroforme (Herbreteau et *al.*, 2011). Une fois la détermination spécifique est confirmée, les données sur le sexe, l'activité sexuelle, le poids (à l'aide d'une balance de précision) et des mesures morphométriques sont également enregistrées. La récupération des ectoparasites qui peuvent être présents dans le pelage, dans d'autres cavités et l'existence éventuelle de lésions externes ont été également notées.

##### **a. Sexe et activité sexuelle**

Une fois au laboratoire, le sexe est déterminé par l'observation externe des organes génitaux et, plus précisément, par l'examen de la distance entre l'organe génital et l'anus (Fig. 11). Cette distance est plus courte chez les femelles que chez les mâles. Ensuite pour chaque spécimen, tous les signes relatifs à une activité sexuelle sont enregistrés. Il faut noter également que tous les individus ont été disséqués pour confirmer l'activité sexuelle de chacun.

Dans le cas des mâles : En période de reproduction, les mâles actifs sont décelés extérieurement car les testicules sont bien apparents et font saillie vers l'extérieur. La taille des testicules (longueur et largeur) et l'état de développement des vésicules séminales ont été examinés (Herbreteau et *al.*, 2011). Selon Kowalski (1985), les mâles considérés comme actifs sont ceux dont le diamètre des testicules dépasse 10 mm et les vésicules séminales sont développées.

Dans le cas des femelles : l'activité sexuelle est évaluée par des caractéristiques telles que la perforation ou pas de l'entrée du canal vaginal et les mamelles visibles ou pas (lactante ou pas). Nous avons observé aussi l'aspect de l'utérus, le nombre et l'état de développement des embryons. Nous n'avons retenu comme actives que des femelles gestantes, allaitantes-gestantes et allaitantes (Birkan, 1968 ; Kowalski, 1985 ; Herbreteau et *al.*, 2011) (Fig. 12).

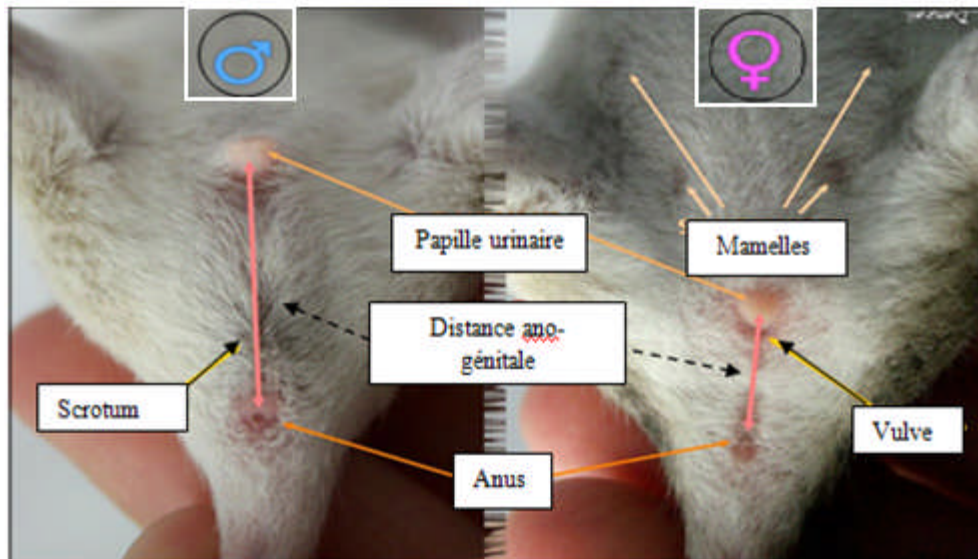


Figure 11 : Distinction entre mâle et femelle (<https://www.dfm-mousery.com/articles/reproduction/sexage/>)

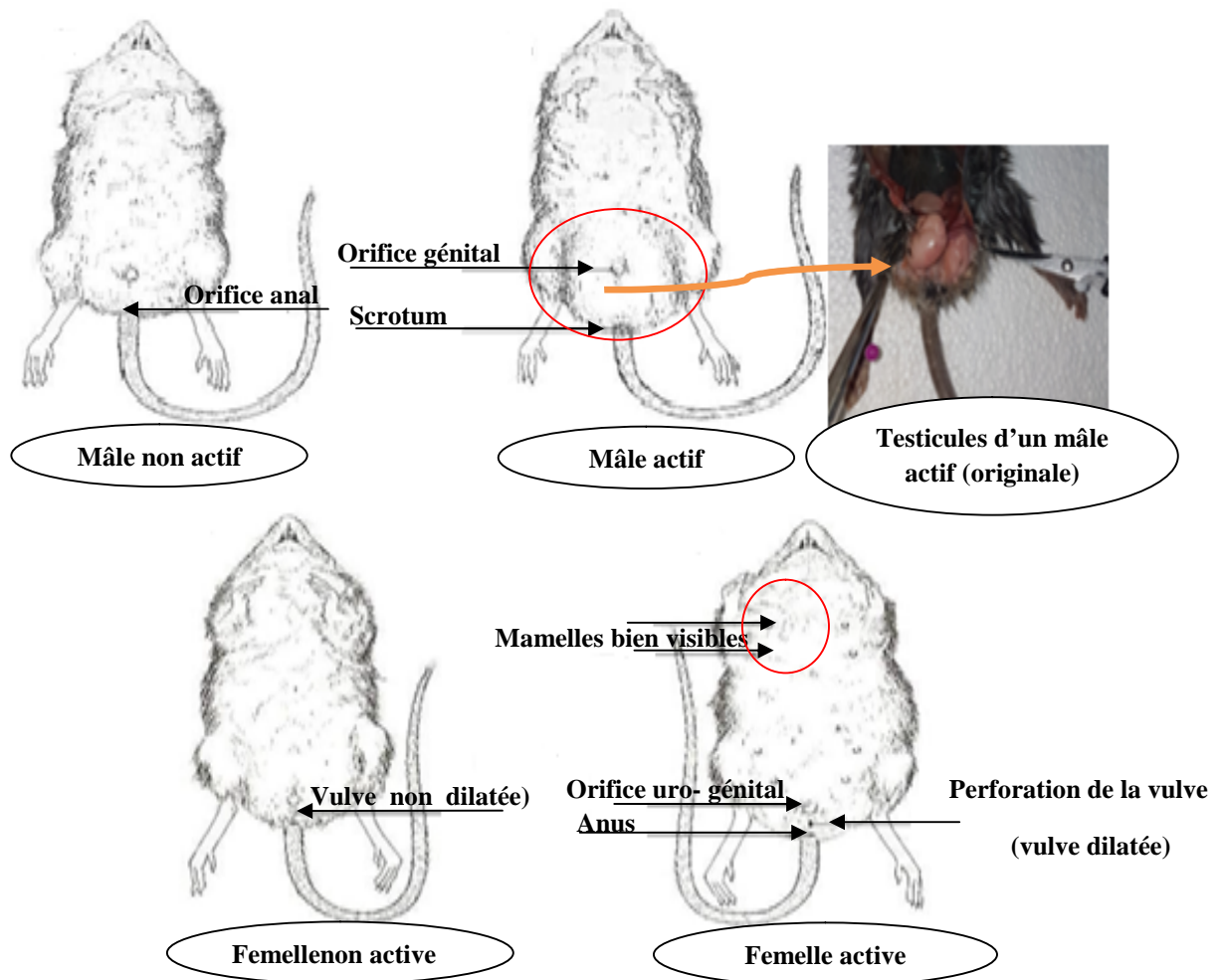


Figure 12 : Détermination de l'état sexuel des rongeurs d'après Gosálbez (1987)

### b. Caractéristiques morphométriques

Plusieurs mesures corporelles et crâniennes ont été prises sur les espèces de rongeurs capturées.

#### - Mensurations corporelles

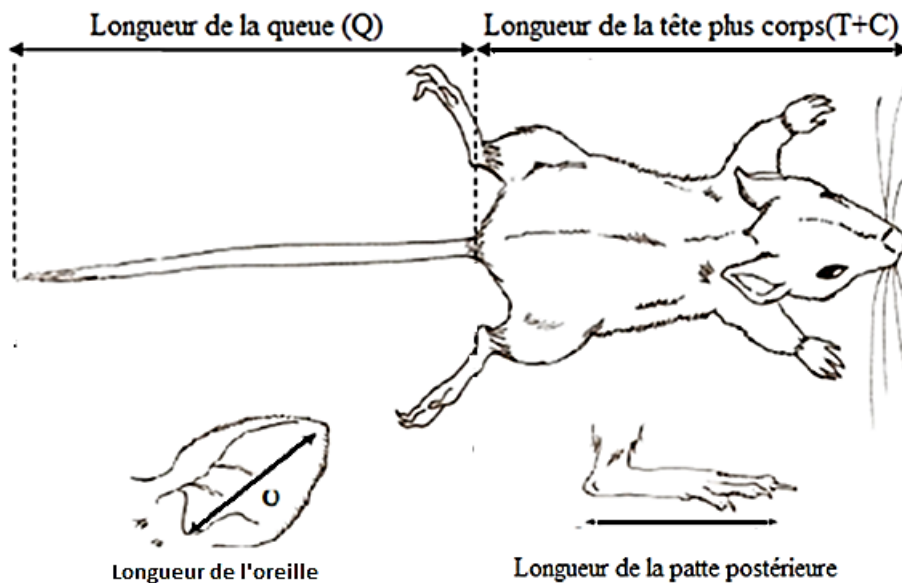
Les mensurations corporelles ont été prises sur l'animal maintenu à plat ventre à l'aide d'un pied à coulisse manuel et les mesures (en mm) relevées sont :

Longueur de la tête et du corps (T+C) : elle est prise du museau à l'orifice anal

Longueur de la queue (Q) : elle est prise de l'orifice anal jusqu'au bout de la queue

Longueur de la patte postérieure (Pp) : du talon à la pointe de l'orteil central, sans inclure la griffe.

Longueur de l'oreille (Or) : elle est prise de la base de la brèche de l'oreille jusqu'à la marge la plus éloignée du pavillon (Fig.13).



**Figure 13** : Mensurations corporelles prises sur les différentes espèces de rongeurs

#### -Mensurations crâniennes et dentaires

Les crânes ont été récupérés, bouillis et débarrassés de toute la chair qui les couvre pour pouvoir effectuer les mensurations crâniennes et dentaires (Ekue et al.2002). Les crânes sont ensuite mis dans de l'eau de javel pour quelques temps (5 à 10 minutes) puis séchés et conservés pour une prise ultérieure des mesures permettant la détermination de l'âge. Ces mensurations ont permis de confirmer l'espèce et de déterminer l'âge de chaque individu. Les mensurations craniométriques et dentaires ont été effectuées à l'aide d'un pied à coulisse électronique au 1/100 mm et sous une loupe binoculaire munie d'un micromètre au 1/100 mm

pour les mensurations dentaires afin de déterminer l'espèce et l'âge de chaque individu (Fig.14).

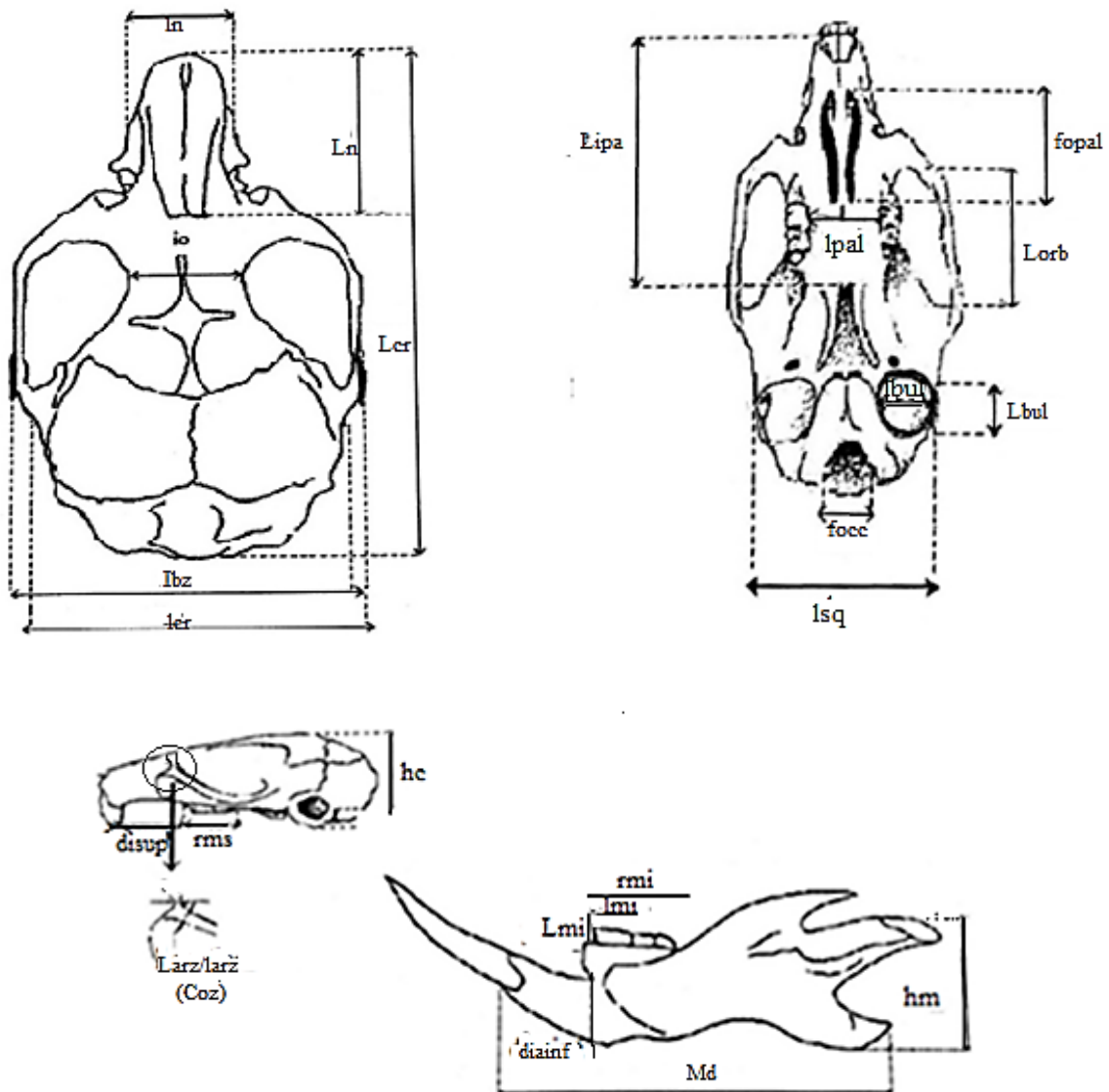


**Figure 14:** Préparation des crânes et prise des différentes mensurations crâniennes et dentaires (Originale, 2017)

Vingt-quatre variables crâniennes et dentaires ont été relevées. Les mesures prises ont été inspirées des travaux de Van der Straeten (1980), Carleton et Van der Straeten (1997), Khammes (2008) et Ben Salem et *al.* (2017).

Les mesures prises sont : longueur du crâne (Lcr), largeur du crâne (lcr), longueur et largeur du nasal (Ln, ln), largeur bizygomatique (lbz), largeur interorbitale (io), largeur bisquamosale (lsq), largeur du foramen occipital (focc), longueur et largeur de la bulle tympanique (Lbul,

lbul), hauteur du crâne (hcr), longueur du foramen palatin (fopal), largeur du palais (lpal), longueur et largeur du ramus dorsal de l'arcade zygomatique (Lraz, laz), longueur incisivo-palatine (de l'avant des incisives à l'arrière du palais) (Lipa), longueur de l'orbite (Lorb), longueur du diastème supérieur (diasup), longueur du diastème inférieur (diainf), longueur et largeur de la rangée dentaire supérieure et inférieure (rms, rmi), longueur de la mandibule (Md), hauteur de la mandibule (hm), longueur et largeur de la première molaire (Lmi, lmi) et le coefficient zygomatique ( $coz = Lraz/laz$ ), (Fig.15).



**Figure15:** Schéma des différentes variables crânio- mandibulaires et dentaires étudiées (Khammes, 2008)

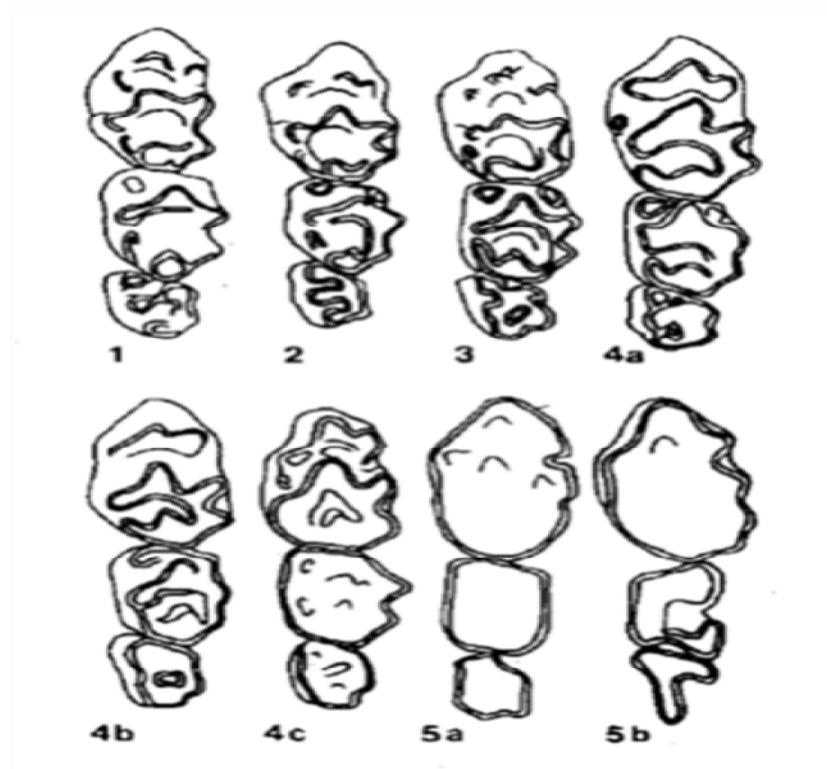
**c. Détermination de l'âge**

La détermination de l'âge des rongeurs peut se faire en se basant sur les critères d'usure des molaires supérieures et/ ou par la pesée du cristallin. De nombreux auteurs ont adopté ces méthodes pour la détermination de l'âge de différentes espèces de rongeurs (Le Louarn, 1971 ; Poulet, 1980 ; Quéré et al, 1994).

Pour l'estimation de l'âge de nos animaux, nous avons opté pour la méthode de l'usure des molaires supérieures. Les surfaces d'usures des molaires ont été comparées avec des clés d'identification suivant les différentes espèces.

Pour le mulot sylvestre, nous avons utilisé les tables d'usure dentaire de Birkan (1968) qui a établie 4 classes d'âge (juvéniles, sub-adultes, adultes et vieux) (Fig.16) et celle de Felten (1952). Ce dernier a établie cinq classes d'usures (I à V) (Annexe III).

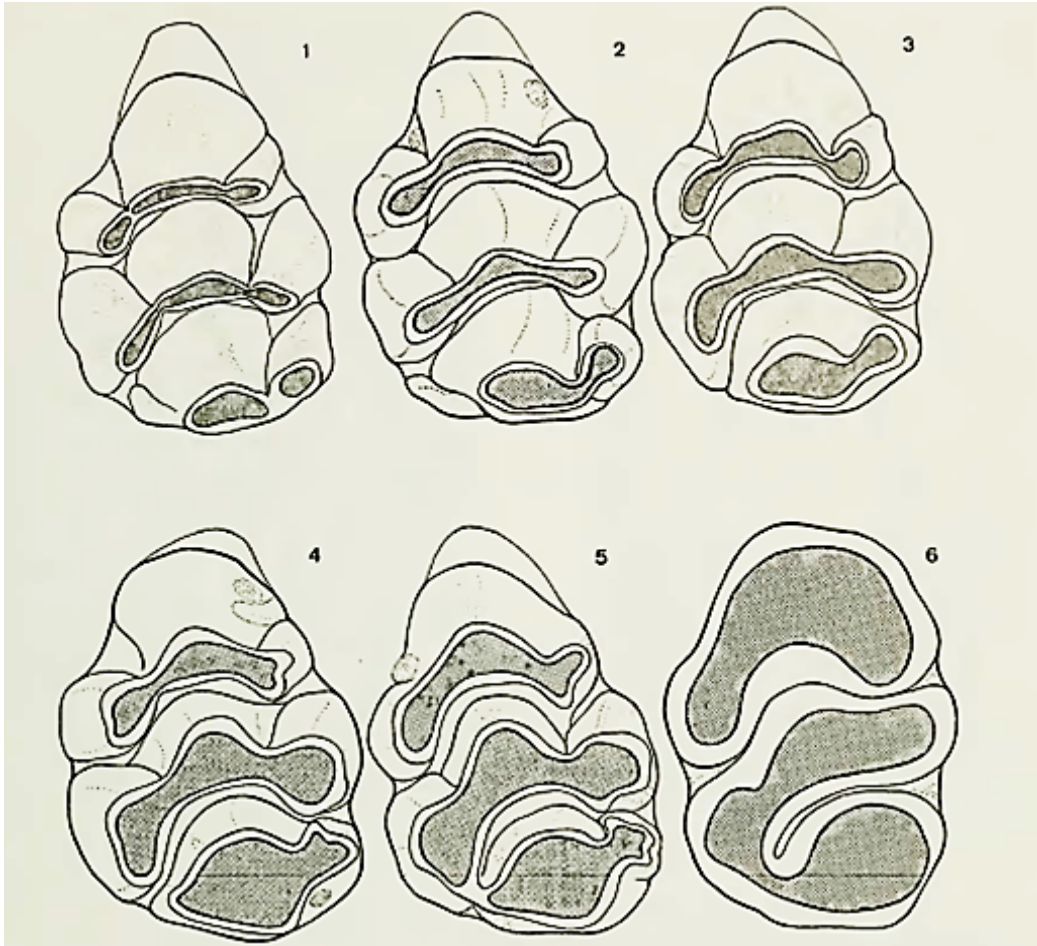
Saint Girons (1972) identifie les classes I et II comme étant des juvéniles, ceux de la classe III des sub-adultes et IV et V des adultes.



**Figure16:** Stades d'usure des molaires d'*Apodemus sylvaticus* de la demi-mâchoire supérieure gauche (Birkan, 1968)

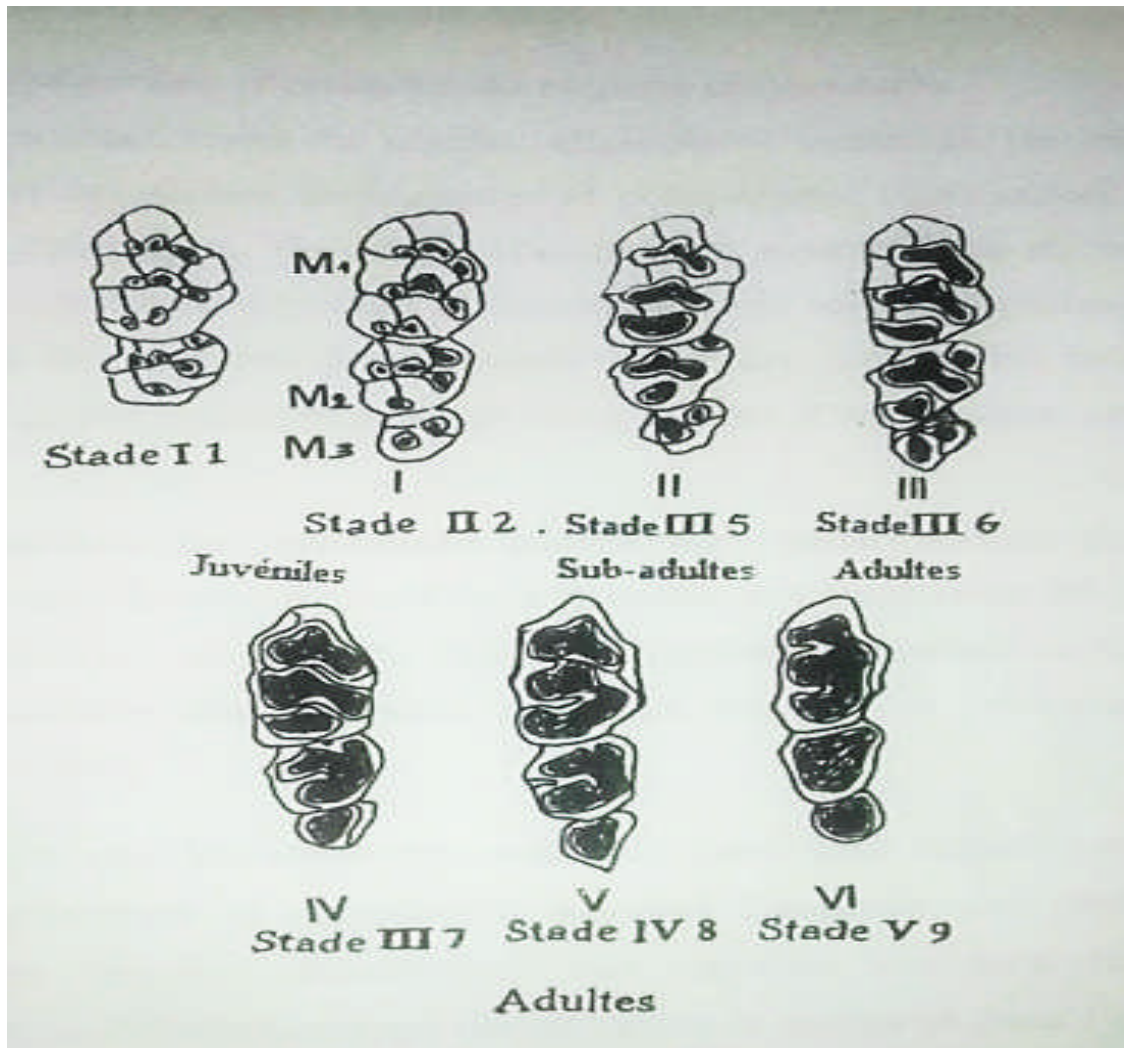
Pour le Rat rayé, nous nous sommes basés sur la table de Van der Straeten (1980) (Fig.17). Cet auteur a définie 6 classes d'âge appartenant à 4 stades d'usures dentaires

(1 : juvéniles, 2,3 : sub-adultes ; 4,5 : adultes ; 6 : vieux) suivant la progression de la première molaire supérieure. D'autre part, nous avons pu établir une table de classification à partir de nos spécimens on s'inspirant de celle de Van der Straeten (1980). Nous avons défini trois classes d'âge correspondant aux juvéniles, sub-adultes et adultes (Annexe, IV).



**Figure17:** Les stades d'usure de la première molaire supérieure de *Lemniscomys barbarus* définis par Van der Straeten (1980)

Pour la souris sauvage, nous avons utilisé la table d'usure dentaire de Palomo et *al.*, (1983) (Fig. 18, Annexe V)



**Figure 18** : Stades d'usure des molaires de la souris sauvage, d'une demi- mâchoire supérieure (Palomo et *al.*, 1983)

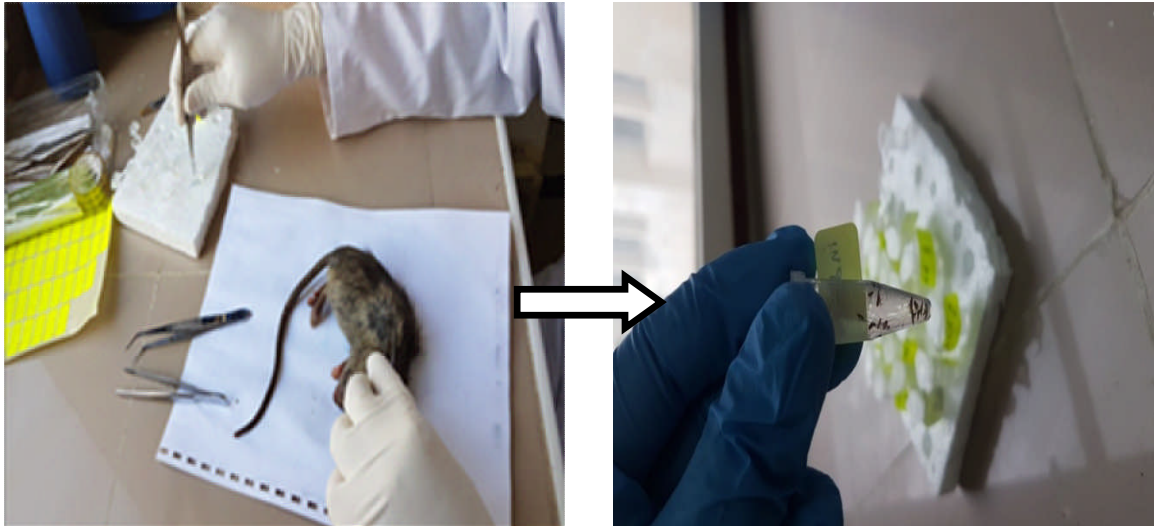
Pour le rat surmulot, nous avons utilisé la table d'usure dentaire de Yiğit *et al.* (1998) établie pour le genre *Rattus* (Fig.19).



**Figure 19:** la surface molaire de *Rattus norvegicus* et de *Rattus rattus*. **a** : *R. norvegicus* (adulte). **b** : *R. norvegicus* (vieux.) **c** : *R. rattus* (adulte). **1** : rangée molaire supérieure **2** : rangée molaire inférieure (Yiğit et al., 1998)

#### **d. Recherche des ectoparasites des rongeurs capturés**

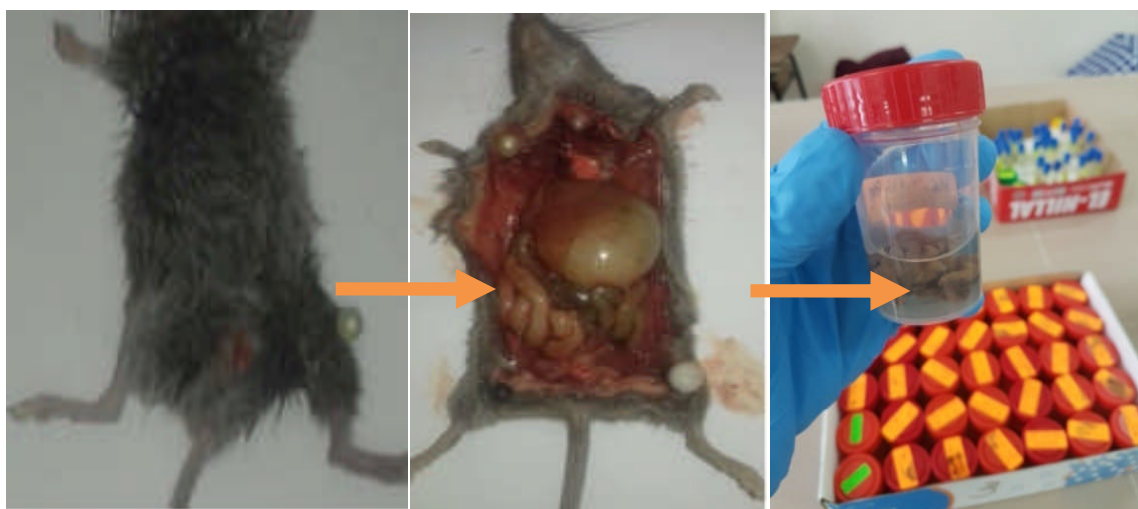
Avant de passer à la dissection nous avons procédé à la recherche minutieuse et à la récupération des ectoparasites sur chaque individu capturé. Les ectoparasites ont été mis dans des micro-tubes type Eppendorf remplis d'alcool à 70% pour une détermination ultérieure (Fig.20). Il faut noter que pour chaque rongeur sacrifié un frottis sanguin a été réalisé et les lames ont été préparées, fixées et gardées pour une identification ultérieure des hémoparasites.



**Figure 20** : Recherche des ectoparasites de rongeurs (Originale, 2017)

### 3.3.2 Dissection des rongeurs capturés

Une fois les ectoparasites récupérés et conservés, l'animal est placé sur le dos pour une dissection par incision ventrale. Les organes (cœur, poumons, foie, rate, reins et le canal alimentaire) ont été isolés et mis séparément dans des boîtes de Pétri. Chaque organe a été conservé soit par congélation soit dans de l'éthanol selon les objectifs recherchés et pour des études ultérieures. Pour notre étude, nous nous sommes intéressés particulièrement à la recherche des helminthes contenus dans le tube digestif mais tout de même tous les parasites repérés au cours de la dissection ont été récupérés et conservés pour une identification ultérieure (Fig.21).



**Figure 21**: Dissection des rongeurs et récupération du tube digestif (Originale, 2017)

Il est important de signaler que la dissection doit se faire le plutôt possible (juste après la capture des individus) pour éviter la décomposition des rongeurs et ainsi éviter une perte éventuelle de leurs parasites. Lorsque, il nous était impossible d'effectuer la dissection des rongeurs immédiatement, nous les avons soit congelés à -20°C soit conservés dans de l'éthanol. Pour une meilleure conservation, il faut ajouter 4 volumes d'éthanol pour 1 volume de viscère. Les boîtes de conservations doivent être hermétiques pour éviter l'évaporation de l'alcool et sur chaque boîte sont mentionnés le nom de l'espèce, le numéro de l'individu, la partie concernée de l'intestin et la date de capture (Ribas et *al.*, 2011).

#### **a. Prélèvement et conservation des parasites intestinaux**

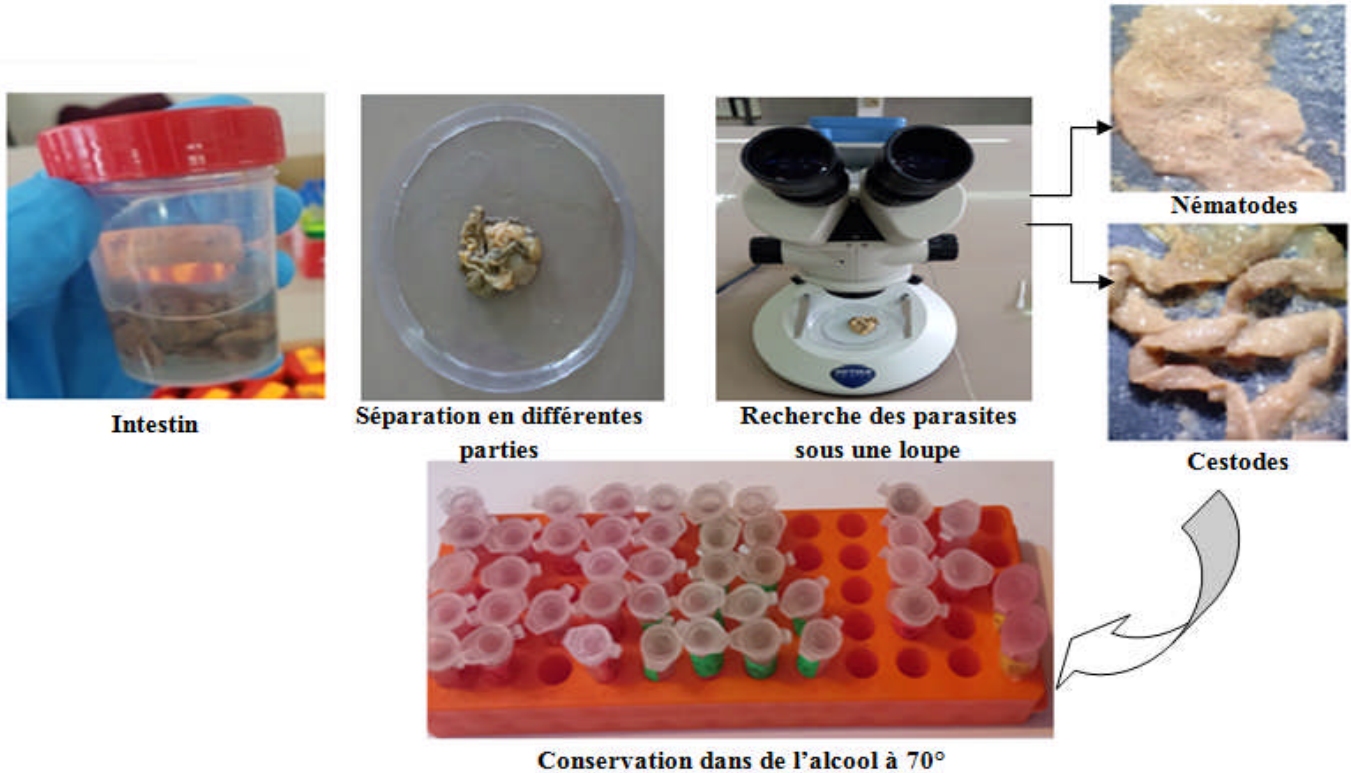
Dans notre étude, nous nous sommes basés essentiellement sur les helminthes parasites des différentes espèces de rongeurs capturées.

Pour faciliter la recherche des parasites, le tube digestif une fois récupéré a été divisé en plusieurs parties: estomac, duodénum, intestin grêle, gros intestin y compris le caecum.

Chaque partie a été isolée et mise dans une boîte de Pétri qui contient une solution saline pour maintenir l'hydratation et faciliter la dissection. L'examen de chaque partie sous une loupe binoculaire (Lab-20 stéréomicroscope Italy), nous a permis de repérer, de récupérer et de compter les parasites.

Tous les parasites trouvés dans chaque partie de l'intestin ont été prélevés et préservés dans de l'éthanol à 70°C pour une identification ultérieure (Fig.22).

I

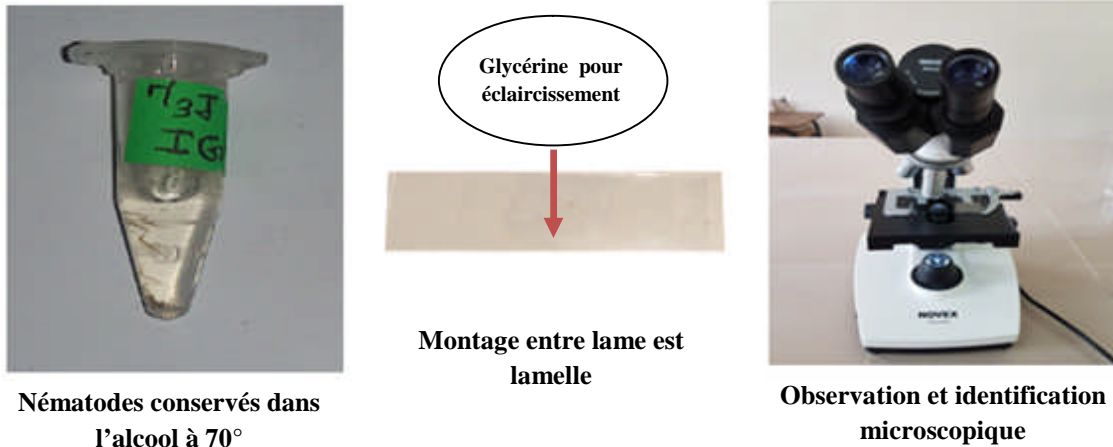


**Figure 22:**Prélèvement et conservation des helminthes (Originale, 2017)

### **b. Identification des helminthes**

Les nématodes sont généralement examinés sans colorations. L'identification se fait après éclaircissement dans du lactophénol (Protocole adopté dans la plupart des travaux consultés) ou par la glycérine (Jrijer, 2016). Les cestodes par contre doivent être colorés pour les identifier (Fig.23). Dans le cas de notre étude, les nématodes ont été préparés et montés entre lames et lamelles et observés sous microscope (optika<sup>R</sup> microscope Italy) pour une première identification.

Les échantillons de cestodes et de nématodes récupérés ont été envoyés à l'Université de Pharmacie de Barcelone (Espagne) pour une identification spécifique et confirmation par un systématicien dans le domaine de la parasitologie le Docteur Alexis Ribas salvador.



**Figure 23** : Montage et identification des nématodes sous microscope optique (Originale, 2017)

### 3.4. Traitement des données et analyses statistiques

#### 3.4.1. Effort de l'échantillonnage

L'effort de l'échantillonnage pour la capture des rongeurs ou effort de piégeage correspond au nombre de pièges posés multiplié par le nombre de nuits.

Effort de piégeage (**EP**)= nombre de pièges utilisés x nombre de nuits de piégeage.

Selon Hamdine (2000), le succès du piégeage ou l'indice d'abondance se calcule comme suit :

$$IA = Ni / (NNP) \times 100$$

IA : indice d'abondance

Ni : nombre de spécimens

NNP = (nombre de nuits pièges) = nombre de pièges x nombre de nuits

#### 3.4.2. Traitement des données parasitaires

Pour le traitement des données de la partie parasites, différents indices (Bush et *al.*, 1997) ont été pris en compte pour mettre en valeur les résultats obtenus.

##### a. La prévalence

La prévalence représente le pourcentage d'individus d'une population hôte hébergeant un parasite donné :

$$P = n/h \times 100$$

P : prévalence

n : nombre d'hôtes parasités

h : effectifs de l'échantillon (nombre d'hôtes)

**b. Intensité moyenne**

L'intensité moyenne est le rapport du nombre de parasites sur le nombre d'individus parasités d'un échantillon d'une espèce hôte :

$$IM = P/N$$

IM : intensité moyenne

P : effectif de parasites récoltés

N : nombre d'hôtes parasités

**c. Abondance**

L'abondance représente le nombre de parasites de chaque espèce parasite par rapport au nombre total de toutes les espèces parasites :

$$A = P/h$$

A: abondance

P : nombre de parasites de chaque espèce parasites

h : nombre total de parasites de toutes les espèces parasites

**3.4.3. Les analyses statistiques**

Pour les analyses statistiques, nous avons utilisé l'analyse de variance (ANOVA) pour les données normales, le test de Tukey et le khi-deux. Pour détecter les relations qui existent entre les paramètres biométriques, nous avons utilisé la corrélation de Pearson, ainsi que l'analyse en composantes principales (ACP).

Toutes les analyses statistiques sont réalisées à l'aide du logiciel MINITAB.12.2.

**a. Analyse de la variance (ANOVA)**

La variance d'une série statistique ou d'une distribution de fréquence est la moyenne arithmétique des carrés des écarts par rapport à la moyenne (Dagnelie, 1975).

C'est un test paramétrique qui permet de comparer globalement entre deux ou plusieurs variables entre elles et permet de confirmer s'il existe une différence significative entre elles

(Dress, 2007). Dans notre cas, l'ANOVA à deux facteurs contrôlés est utilisée.

**b. Test de Tukey**

En statistique, le test des étendues de Tukey appelé aussi test de Tukey, méthode de Tukey, est un test statistique permettant d'effectuer une comparaison multiple en une seule étape. Il peut être utilisé dans le cadre d'une ANOVA ou bien sur des données brutes pour évaluer par exemple si des moyennes sont significativement différentes l'une de l'autre.

**b. Test du khi-deux**

Un test du khi-deux est une méthode de test des hypothèses. Deux tests du khi-deux courants impliquent de vérifier si les fréquences observées dans une ou plusieurs catégories correspondent aux fréquences attendues.

**d. Corrélation de Pearson**

La corrélation de Pearson mesure la force et la direction (décroissante ou croissante, en fonction du signe) d'une relation linéaire entre deux variables X et Y (Ahlgren et *al.*, 2003).

**e. Analyse en composantes principales (ACP)**

L'analyse en composantes principales est l'une des méthodes de base des analyses multidimensionnelles. Elle a pour objectif de présenter sous une forme graphique le maximum d'information contenue dans un tableau de données et son fondement mathématique est très robuste (Philippeau, 1992).

**f. Test de Kruskal- Wallis**

Le test de Kruskal-Wallis permet de faire l'étude des liaisons entre un caractère quantitatif et un caractère qualitatif à k classes. C'est donc un équivalent non paramétrique de l'analyse de variance. Ce test est vivement recommandé dans tous les cas où on ignore la loi de distribution d'une variable, où on possède un petit échantillon et où on veut comparer plusieurs groupes d'individus dans l'échantillon.

## Chapitre III : Résultats

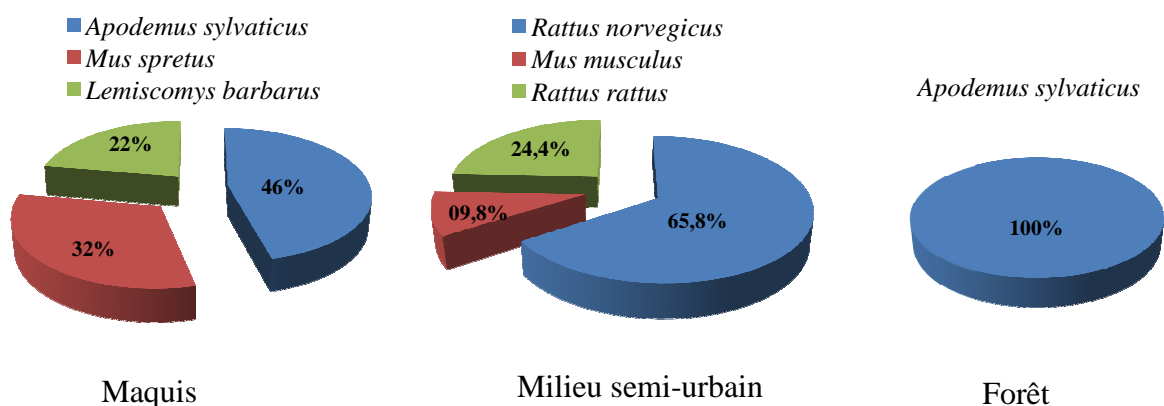
Ce chapitre est consacré à l'exploitation des résultats. Il est subdivisé en plusieurs volets. Le premier point traite l'analyse des résultats de l'échantillonnage effectué. Il est suivi par la description de la biométrie morphologique, dentaire et crânienne des différentes espèces prises en compte lors de notre étude. Un autre volet s'intéresse à l'étude de la biologie de la reproduction des principales espèces échantillonnées. Enfin, le dernier volet examine les parasites notamment les helminthes des espèces de muridés étudiées.

### 1. Résultats de l'échantillonnage des rongeurs

Durant la période d'échantillonnage de 17 mois, allant de janvier 2017 à mai 2018, dans les trois stations de la Kabylie du Djurdjura (forêt, maquis et milieu semi-urbain), différentes espèces de petits mammifères ont été capturées: deux insectivores la musaraigne musette *Crocidura russula*, le hérisson d'Algérie *Atelerix algirus* et quatre espèces de rongeurs à savoir : le mulot sylvestre *Apodemus sylvaticus*, la souris sauvage *Mus spretus*, le rat rayé *Lemniscomys barbarus* pour la station maquis à Boudjima, le rat surmulot *Rattus norvegicus*, la souris domestique *Mus musculus domesticus* et le rat noir *Rattus rattus* au niveau du milieu semi-urbain et seulement une seule espèce a été capturée au niveau de la forêt de Mizrana qui est le mulot sylvestre.

Au terme de cette période d'échantillonnage, 291 rongeurs ont été capturés au niveau des trois milieux.

Le nombre d'individus des différentes espèces capturées au niveau du maquis à Boudjima est de 83 mulots sylvestres, 57 souris sauvages et 40 rats rayés. Dans le milieu semi-urbain à Boudjima, nous avons capturé 27 surmulots, 04 rats noirs et 10 souris domestiques. Au niveau de la forêt de Mizrana, 70 mulots ont été piégés (Fig.24).



**Figure 24 :** Pourcentages de captures des différentes espèces de rongeurs dans les trois stations

## 2. Effort d'échantillonnage et indice d'abondance

L'effort d'échantillonnage dans les trois stations totalise 3600 nuits-pièges. L'examen du tableau 1 montre que le nombre de relevés nuits-pièges est le même dans les deux stations (Forêt et maquis). Il représente 1530 nuits pièges pour chaque station et 540 nuits pièges pour le milieu semi-urbain.

L'indice d'abondance permet de comparer les résultats des piégeages obtenus dans les trois stations échantillonnées. Il est de 23,92% pour l'ensemble des milieux étudiés, soit 11,76% pour le maquis à Boudjima, 4,57 % pour la forêt de Mizrana et 7,59 % pour le milieu semi-urbain.

**Tableau 1** : Echantillonnage des populations de rongeurs dans les différentes stations de la Kabylie du Djurdjura

Stations	Effort d'échantillonnage (nuit-pièges)	Nombre d'individus capturés	Indice d'abondance*(I.A.) (%)
Maquis (Boudjima)	1530	180	11,76
Forêt (Mizrana)	1530	70	4,57
Milieu semi-urbain	540	41	7,59
<b>Total</b>	<b>3600</b>	<b>291</b>	<b>8,08</b>

\*Indice d'abondance (I.A. %)

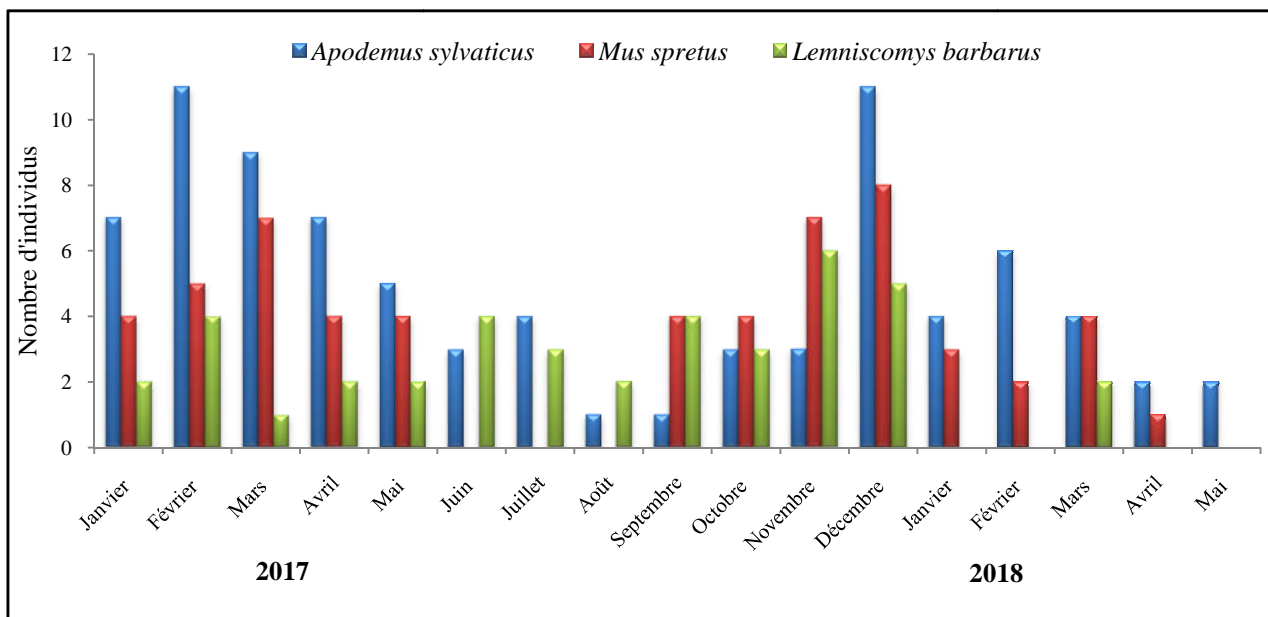
Il ressort que le succès de piégeage maximal s'observe dans le maquis et suivi par le milieu semi-urbain et la forêt est manifestement la station où le succès de piégeage est le plus faible (Tab.1).

## 3. Phénologie des captures des espèces de muridés dans les différentes stations

Cette partie est consacrée à la présentation des principaux résultats de l'évolution mensuelle des différentes espèces de rongeurs capturées dans les différents milieux étudiés.

### 3.1. Variations des captures des espèces de muridés au niveau du maquis à Boudjima

Dans la figure 25 sont regroupées les variations mensuelles des captures des différentes espèces de rongeurs dans le maquis à Boudjima durant les 17 mois d'échantillonnage.



**Figure 25 :** Variations mensuelles des captures des trois espèces de muridés au niveau du maquis à Boudjima

Le nombre d'individus capturés de chaque espèce varie au cours de la période d'étude de 17 mois, avec un maximum en hiver (décembre-février) et un minimum en été (juin-septembre) pour au moins deux espèces.

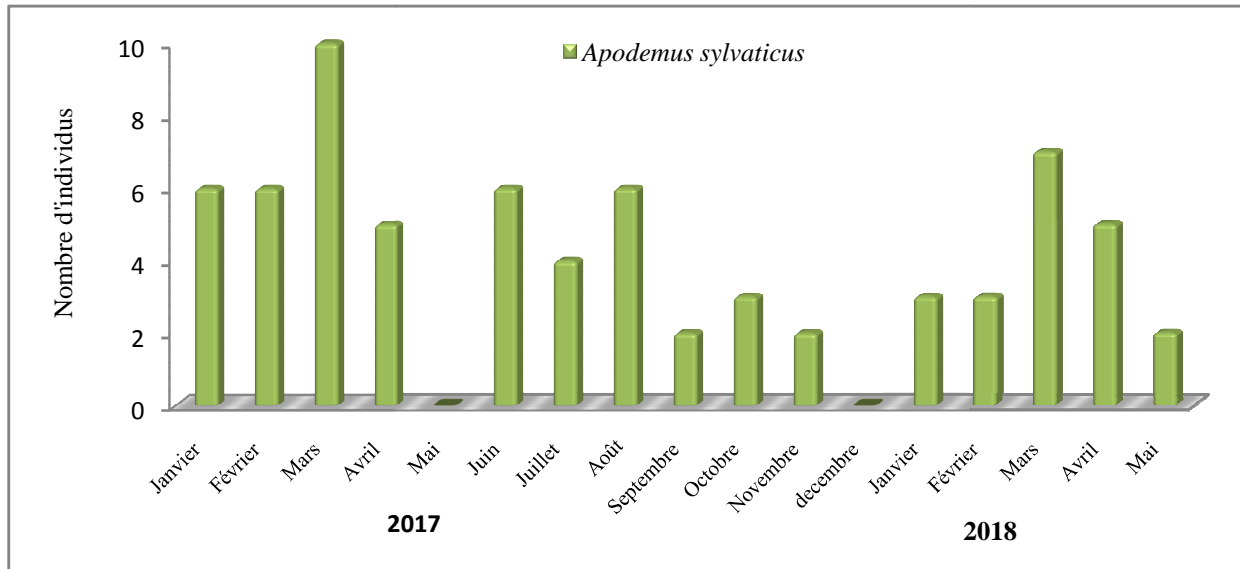
Le mulot sylvestre *Apodemus sylvaticus* est capturé pendant tous les mois de la période de piégeage, il est également le rongeur le plus abondant avec un maximum de 11 individus aux mois de février et décembre 2017 et un minimum d'un seul individu aux mois d'août et septembre.

La souris d'Afrique du Nord *Mus spretus* n'a pas été capturée de juin à août 2017 et mai 2018. Pour les autres mois, les effectifs varient entre 01 et 08 individus avec un maximum au mois de novembre.

Le rat rayé *Lemniscomys barbarus* est capturé chaque mois durant toute l'année 2017 et seulement 01 individu a été capturé en mars 2018. Le nombre de captures, toujours faible, varie peu au cours de l'année avec un maximum de 06 individus au mois de novembre et un minimum d'un seul individu au mois de mars 2017et 2018.

### 3.2. Variations des captures d'*A. sylvaticus* dans la forêt de Mizrana

La figure, ci-dessous, montre l'évolution mensuelle des captures d'*A. sylvaticus* dans la forêt de Mizrana.

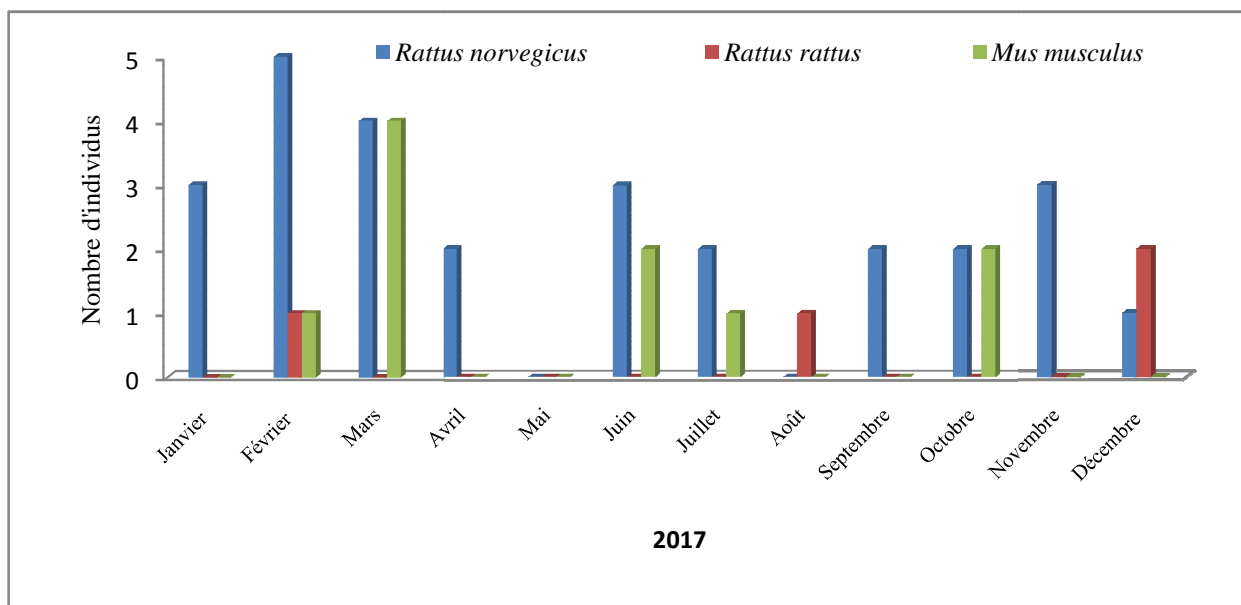


**Figure 26 :** Variations mensuelles des captures d'*A. sylvaticus* dans la forêt de Mizrana

Comme il a été déjà signalé, *A. sylvaticus* est la seule espèce capturée en forêt avec un maximum de captures en mars 2017 avec 10 individus et un minimum aux mois de novembre 2017 et mai 2018 avec seulement 02 individus. Pour les autres mois, le nombre de capture fluctue entre 03 individus aux mois d'octobre 2017, janvier et février 2018 et 07 individus au mois de mars 2018 (Fig. 26).

### 3.3. Variations des captures des espèces de muridés au niveau du milieu semi-urbain à Boudjima

La figure 27 montre les variations mensuelles des captures des espèces commensales au niveau du milieu semi-urbain



**Figure 27:** Variations mensuelles des captures au niveau du milieu semi-urbain à Boudjima

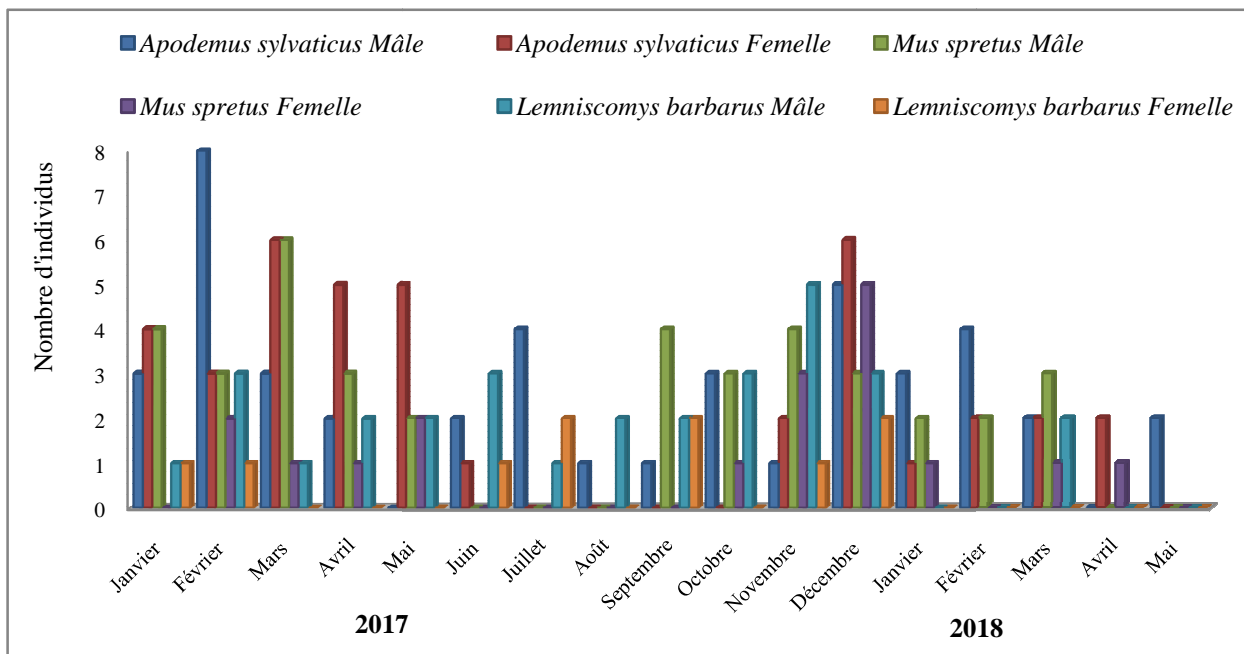
Le rat surmulot *R. norvegicus* a été capturé la plupart du temps durant les sessions de piégeages. Le nombre d'individus capturés varie en fonction des mois. Le nombre le plus élevé a été relevé en février avec 05 individus et le plus faible est signalé en décembre avec seulement 01 individu. En mai et août aucune capture n'a été enregistrée (Fig.27). Le rat noir *R. rattus* et la souris domestique *M. musculus domesticus* sont rarement pris aux pièges. Le nombre de capture par mois est relativement faible et ce pour tous les mois d'étude. Le maximum de captures est enregistré en décembre pour *R. rattus* et au mois de mars pour *M. musculus domesticus*.

#### 4. Phénologie des captures des espèces de rongeurs en liaison avec le sexe

Cette partie présente les résultats de l'évolution mensuelle des différentes espèces de rongeurs capturées dans les différents milieux étudiés en fonction du sexe.

##### 4.1. Variations des captures des espèces de rongeurs au niveau du maquis à Boudjima en liaison avec le sexe

La figure 28 représente les variations mensuelles des captures de rongeurs au niveau du maquis à Boudjima en fonction du sexe pendant les 17 mois de piégeage.



**Figure 28 :** Variations mensuelles des captures de rongeurs au niveau du maquis à Boudjima en fonction du sexe

Pour *A. sylvaticus*, le nombre total de mâles capturés est de 44 individus et il est sensiblement égal à celui des femelles avec 39 individus. Le test du  $\chi^2$  n'a pas révélé une différence significative entre les mâles et les femelles ( $\chi^2 = 0.015$ , ddl = 1,  $p < 0.95$ ). Pour *M. spretus*, le nombre de mâles capturés est de 39 et il est nettement supérieur à celui des femelles avec 18 individus. Le test du  $\chi^2$  a révélé une différence hautement significative entre les mâles et les femelles ( $\chi^2 = 8.15$ , ddl = 1,  $p < 0.005$ ).

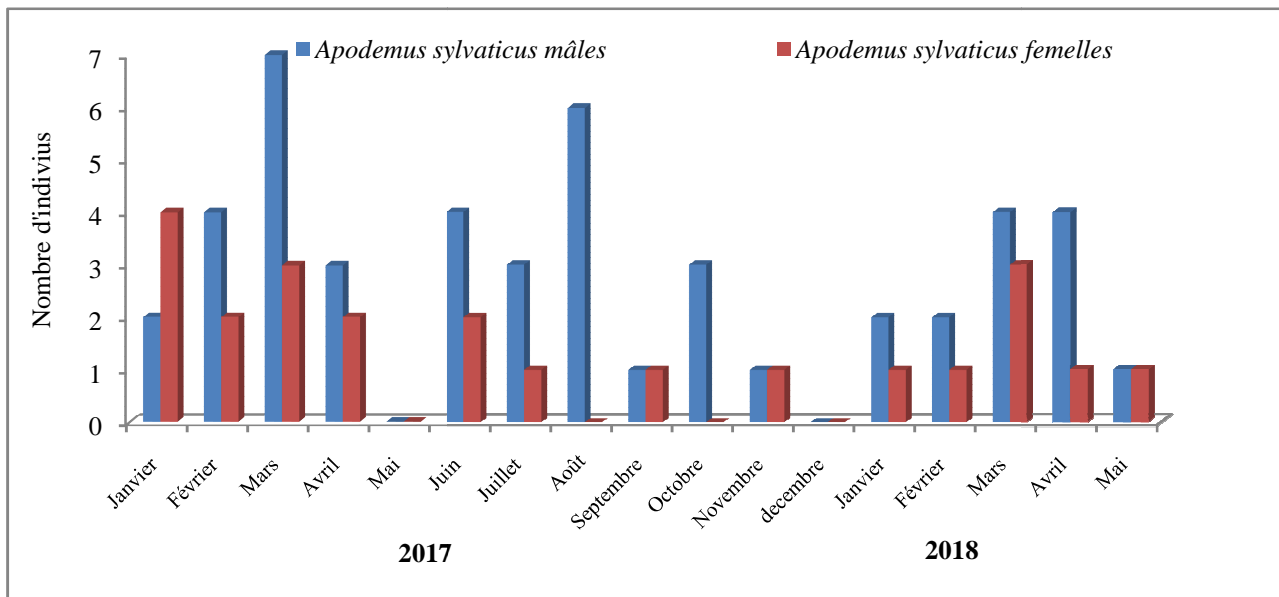
Un résultat semblable est enregistré pour *L. barbarus* avec un nombre de mâles de 30 individus et le nombre de femelles capturées de 10 individus. Le test du  $\chi^2$  a révélé une différence hautement significative entre les mâles et les femelles ( $\chi^2 = 8.51$ , ddl = 1,  $p < 0.005$ ).

La sex-ratio varie selon les mois d'une espèce à une autre. Pour *A. sylvaticus*, le ratio le plus élevé a été enregistré au mois de février 2017 en faveur des mâles ( $\sigma/\varphi = 8/3$ ) et au mois de mai 2017 pour les femelles ( $\sigma/\varphi = 0/5$ ). Aucune femelle n'a été piégée entre juillet et octobre de l'année 2017. Pour *M. spretus*, la sex-ratio est en faveur des mâles au mois de mars 2017 ( $\sigma/\varphi = 6/1$ ), en faveur des femelles en décembre ( $\sigma/\varphi = 3/5$ ). Pour *L. barbarus*, la plus grande sex-ratio en faveur des mâles a été enregistrée au mois de novembre ( $\sigma/\varphi = 5/1$ ). Les mâles ont été capturés tous les mois de la période de piégeage alors qu'aucune femelle n'a été

capturée pendant les mois de mars, avril, mai, août et octobre au cours de l'année 2017 et durant l'année 2018.

#### 4.2. Variations des captures d'*Apodemus sylvaticus* au niveau de la forêt de Mizrana en liaison avec le sexe

La figure 29 représente les variations mensuelles des captures du mulot sylvestre au niveau de la forêt de Mizrana en fonction du sexe pendant les 17 mois.

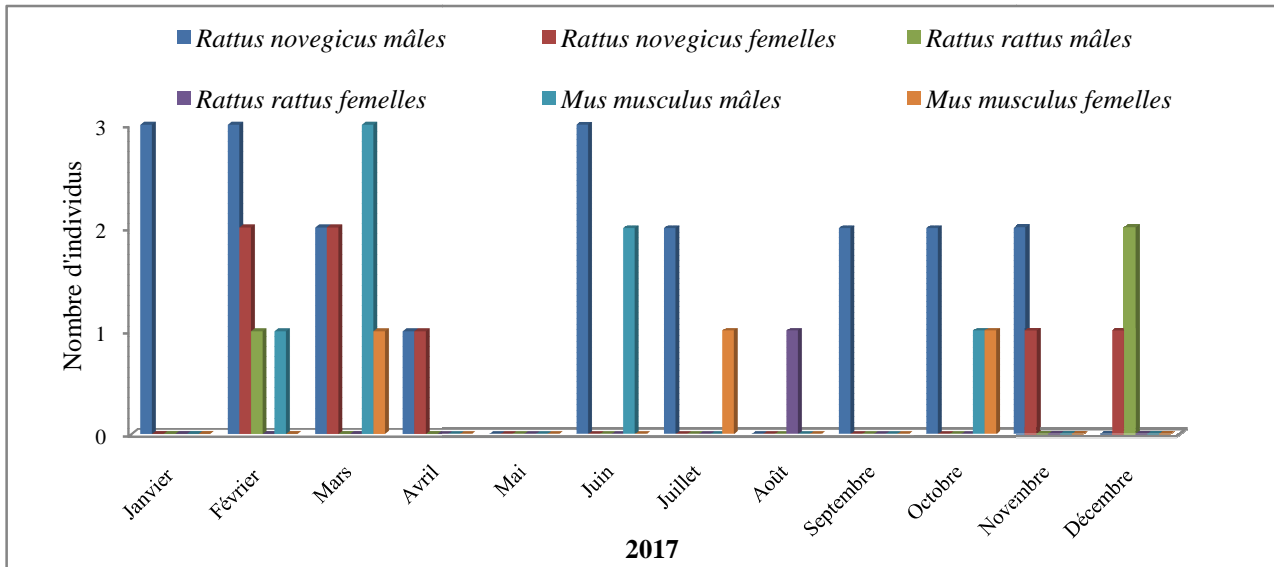


**Figure 29:** Variations mensuelles des captures d'*Apodemus sylvaticus* au niveau de la forêt de Mizrana en fonction du sexe

D'après la figure 29, le nombre total des mâles d'*A. sylvaticus* en forêt est de 47 individus et il est nettement supérieur à celui des femelles avec seulement 23 individus. Le test du  $\chi^2$  a révélé une différence significative entre les mâles et les femelles ( $\chi^2=8,23$ , ddl = 1,  $p < 0.01$ ). Un nombre maximal de mâles est capturé en mars avec 7 individus et un minimum aux mois de septembre, novembre 2017 et au mois de mai 2018 avec seulement un seul individu. Pour les femelles, le maximum de captures est enregistré en janvier 2017 et pour les autres mois les effectifs varient de 1 à 3 individus. Il est à noter qu'aucun mâle n'a été piégé au mois de décembre et aucune femelle n'a été capturée aux mois de décembre, d'août et d'octobre.

#### 4.3. Variations des captures au niveau du milieu semi-urbain en liaison avec le sexe

La figure 30 expose les données des variations des espèces de rongeurs capturées, au niveau du milieu semi-urbain, en fonction du sexe.



**Figure 30:** Variations mensuelles des captures des trois espèces de muridés en fonction du sexe au niveau du milieu semi-urbain

Chez *R. norvegicus*, le nombre total de mâles est de 20 individus et il est largement supérieur à celui des femelles avec seulement 07 individus. Le test du  $\chi^2$  a révélé une différence hautement significative entre les mâles et les femelles ( $\chi^2 = 6,26$ , ddl = 1,  $p < 0.01$ ). En fonction des mois, la sex-ratio la plus élevée en faveur des mâles est notée au mois de janvier, février et juin ( $\sigma/\varphi = 3/0$ ). Le ratio des mâles est égal à celui des femelles au mois de mars ( $\sigma/\varphi = 2/2$ ) et au mois d'avril ( $\sigma/\varphi = 1/1$ ). Pour *M. musculus* et *R. rattus*, la sex-ratio est en faveur des mâles mais le test du  $\chi^2$  n'a pas révélé une différence significative entre les mâles et les femelles (Fig. 30).

## 5. Caractérisation morphométrique et crânienne des rongeurs capturés dans les trois stations de la Kabylie du Djurdjura

Dans cette partie, des mesures biométriques et crânio-dentaires caractéristiques des individus mâles et femelles des différentes espèces de rongeurs capturées ont été relevées et d'identifier les points de convergence et/ou de divergence intra-spécifiques et inter-spécifiques d'une part et entre les différentes tranches d'âge d'autre part en se basant sur ces mesures.

### 5.1. Biométrie de *Lemniscomys barbarus* dans le maquis à Boudjima

Le rat rayé *Lemniscomys barbarus* est la seule espèce du genre en Afrique du Nord. Ce petit rongeur diurne est facile à être repérer par la présence de rayures foncées et claires sur le dos. Dans cette partie, les différentes mensurations morphométriques et craniométriques en

fonction des différents stades d'usure dentaire, en fonction de sexe et des tests de comparaison par Anova à deux facteurs contrôlés sont développées. L'étude des mensurations crâniennes a été effectuée sur 38 individus de *L. barbarus* capturés au cours de la période d'étude.

Les mensurations corporelles et crâniennes de *L. barbarus* à Boudjima sont présentées dans le tableau 2.

**Tableau 2 :** Mensurations corporelles et crâniennes de *Lemniscomys barbarus* dans le maquis à Boudjima en fonction de l'âge des individus déterminé par le stade d'usure dentaire et du sexe et tests de comparaison par Anova à deux facteurs contrôlés.

J: Juvénile, SA: Sub-adulte, A: Adulte, N: effectif, F: Valeur du test avec ddl/N, P: Probabilité associée, ddl=degrés de liberté.

Variables		Anova								
		Usure dentaire			Usure		Sexe		Usure*sexe	
		J	SA	A	F	P	F	P	F	P
T+C	N	5	12	21	35,91	<b>0,000</b>	0,48	0,492	14,40	0,000
	Moyenne	88,600	95,64	103,75	2/38					
	Ecart-type	0,894	3,98	4,06						
Q	N	5	12	21	27,66	<b>0,000</b>	0,03	0,874	10,94	0,000
	Moyenne	107,60	119,20	126,74	2/38					
	Ecart-type	4,34	4,87	5,35						
Pp	N	5	12	21	5,00	<b>0,013</b>	0,53	0,473	2,61	0,045
	Moyenne	23,600	25,091	25,650	2/38					
	Ecart-type	0,894	1,221	1,226						
Or	N	5	12	21	0,71	0,406	0,14	0,871	0,27	0,893
	Moyenne	12,800	12,750	13,316	2/38					
	Ecart-type	1,304	1,389	1,765						
Pds	N	5	12	21	28,33	<b>0,000</b>	0,29	0,591	12,10	0,000
	Moyenne	25,60	35,164	40,55	2/38					
	Ecart-type	2,86	2,232	4,63						
Ln	N	5	12	20	17,36	<b>0,000</b>	0,01	0,912	7,15	0,000
	Moyenne	9,690	10,640	11,381	2/37					
	Ecart-type	0,414	0,375	0,713						
ln	N	5	12	20	12,43	<b>0,000</b>	4,06	0,052	7,02	0,000
	Moyenne	4,248	4,5833	4,7130	2/37					
	Ecart-type	0,231	0,1276	0,1837						
io	N	5	10	19	2,06	0,146	0,36	0,553	0,92	0,482
	Moyenne	4,538	4,5600	4,6858	2/34					
	Ecart-type	0,051	0,1672	0,2079						
Lcr	N	5	9	16	20,22	<b>0,000</b>	0,09	0,772	7,88	0,000
	Moyenne	26,600	28,709	30,285	2/30					
	Ecart-type	0,636	0,606	1,001						
lcr	N	3	9	15	5,08	<b>0,015</b>	8,06	<b>0,009</b>	6,43	0,0001
	Moyenne	12,080	12,587	12,654	2/37					
	Ecart-type	0,425	0,178	0,278						
lbz	N	4	10	16	7,94	<b>0,002</b>	0,05	0,825	3,27	0,022
	Moyenne	13,153	13,734	14,001	2/30					
	Ecart-type	0,283	0,523	0,459						
hc	N	3	10	16	0,96	0,395	1,12	0,299	0,64	0,675
	Moyenne	10,580	10,523	10,667	2/29					
	Ecart-type	0,317	0,203	0,314						
Lipa	N	5	12	20	9,35	<b>0,0001</b>	0,00	0,989	4,30	<b>0,004</b>
	Moyenne	14,452	15,925	16,343	2/37					
	Ecart-type	1,184	0,551	0,878						
Ipal	N	5	12	19	4,65	<b>0,017</b>	0,00	0,951	3,33	<b>0,016</b>
	Moyenne	2,1440	2,400	2,4416	2/36					

	Ecart-type	0,0723	0,1806	0,2028						
<b>Fopal</b>	N	5	12	19	11,21	<b>0,000</b>	0,61	0,442	5,80	<b>0,001</b>
	Moyenne	4,924	5,2917	5,7111	2/36					
	Ecart-type	0,242	0,2458	0,4173						
<b>Lorb</b>	N	5	9	18	4,70	<b>0,017</b>	0,04	0,834	2,22	0,083
	Moyenne	7,778	8,124	8,803	2/32					
	Ecart-type	1,036	0,805	0,599						
<b>Lbul</b>	N	2	10	15	8,93	<b>0,001</b>	1,31	0,264	4,24	<b>0,008</b>
	Moyenne	4,885	4,9980	5,3173	2/27					
	Ecart-type	0,233	0,2709	0,1661						
<b>lbul</b>	N	2	10	15	0,90	0,421	1,37	0,254	1,52	<b>0,0225</b>
	Moyenne	4,995	5,2180	5,3287	2/27					
	Ecart-type	0,658	0,3008	0,3584						
<b>Focc</b>	N	2	8	15	0,13	0,881	0,27	0,607	0,46	0,798
	Moyenne	5,2950	5,2187	5,2367	2/25					
	Ecart-type	0,0354	0,1835	0,2389						
<b>lsq</b>	N	3	10	15	2,40	0,112	1,42	0,244	2,46	0,065
	Moyenne	10,340	10,766	11,044	2/28					
	Ecart-type	0,662	0,495	0,585						
<b>Md</b>	N	5	11	19	3,46	<b>0,044</b>	2,88	0,100	2,56	<b>0,046</b>
	Moyenne	13,490	14,783	14,833	2/34					
	Ecart-type	0,362	0,646	1,051						
<b>hm</b>	N	4	10	19	4,98	<b>0,014</b>	2,08	0,160	2,58	<b>0,050</b>
	Moyenne	7,198	7,520	7,9384	2/33					
	Ecart-type	0,563	0,545	0,3995						
<b>diainf</b>	N	5	12	20	5,45	<b>0,000</b>	0,41	0,525	2,71	<b>0,038</b>
	Moyenne	2,5500	2,6342	2,8345	2/37					
	Ecart-type	0,1253	0,1722	0,2334						
<b>diasup</b>	N	4	12	20	12,29	<b>0,000</b>	0,04	0,848	5,00	<b>0,002</b>
	Moyenne	5,3000	6,130	6,4235	2/36					
	Ecart-type	0,1488	0,401	0,4199						
<b>rmi</b>	N	4	12	21	1,01	0,374	0,01	0,914	0,38	0,855
	Moyenne	5,0750	5,1200	5,0348	2/36					
	Ecart-type	0,0645	0,1512	0,1803						
<b>rms</b>	N	4	12	21	1,63	0,210	0,72	0,210	0,98	0,446
	Moyenne	5,0850	5,1008	5,0457	2/37					
	Ecart-type	0,0493	0,093	0,0953						
<b>Lmli</b>	N	5	12	21	2,47	0,100	2,16	0,151	1,13	0,363
	Moyenne	2,0980	2,1642	2,1819	2/38					
	Ecart-type	0,0789	0,1030	0,0852						
<b>lmli</b>	N	5	12	21	0,63	0,538	0,88	0,355	0,63	0,681
	Moyenne	0,8420	0,8400	0,8638	2/38					
	Ecart-type	0,1119	0,0600	0,600						
<b>Coz</b>	N	4	12	21	1,70	0,198	0,00	0,954	0,88	0,506
	Moyenne	0,500	0,6283	0,6200	2/37					
	Ecart-type	0,0668	0,0952	0,1280						

Le test de comparaison multiple révèle des différences significatives pour l'ensemble des variables corporelles à l'exception de l'oreille. Elles augmentent toutes avec l'âge (déterminé par le stade d'usure dentaire) (Tab.2).

Sur les 24 mesures crâniennes étudiées, 14 augmentent significativement avec l'âge : la longueur et la largeur du nasal (Ln, ln), la longueur et la largeur du crâne (Lcr, lcr), la largeur bizygomatique (lbz), la longueur incisivo-palatine (Lipa), la longueur du foramen palatin (fopal), la largeur du palais (lpal), la longueur de l'orbite (Lorb), la longueur de la bulle tympanique (Lbul), la longueur de la mandibule (Md), la hauteur de la mandibule (hm), la longueur du diastème supérieur (diasup) et la longueur de diastème inférieur (diainf).

Le test de comparaisons de Tukey, plus conservateur, révèle des différences significatives seulement pour 12 variables crâniennes. L'augmentation est significative entre sub-adultes et adultes pour ln (Q = 2.70), Lcr (Q = 3.11), fopal (Q=2.47), Lbul (Q = 2.80) et diainf (Q=2.48), entre juvéniles et sub-adultes pour Md (Q=2.65), entre juvéniles et adultes pour ln (Q=4.15), Ln (Q=3.52), Lcr (Q=2.88), lbz (Q=3.00), Lipa (Q=2.99), fopal (Q=3.53), Lbul (Q = 2.29), Md (Q=2.97), hm (Q=2.50),diainf (Q=2.64) et diasup (3.43).

La largeur du crâne (lcr) de *Lemniscomys barbarus* est la seule mesure qui varie significativement en fonction du sexe (Tab.2). L'analyse de la variance avec l'usure\*sexe a montré des différences significatives pour les variables corporelles sauf pour l'oreille (Or). 14 variables crâniennes et mandibulaires présentent des différences significatives avec l'usure\*sexe (Tab.2)

**5.2. Biométrie d'Apodemus sylvaticus au niveau du maquis à Boudjima**

Les mensurations corporelles et crâniennes d'*Apodemus sylvaticus* de Boudjima en fonction de l'âge des individus déterminé par le stade d'usure dentaire, du sexe et les tests de comparaison par Anova à deux facteurs contrôlés sont portées dans le tableau 3.

**Tableau 3 :** Mensurations corporelles et crâniennes d'*Apodemus sylvaticus* dans le maquis à Boudjima en fonction de l'âge des individus déterminé par le stade d'usure dentaire et du sexe et les tests de comparaison par Anova à deux facteurs contrôlés.

J : Juvénile, SA: Sub-adulte, A : Adulte, N: effectif, F : Valeur du test avec ddl/N, P : Probabilité associée, ddl=degrés de liberté.

Variables	83	Anova								
		Usure dentaire			Usure		Sexe		Usure*sexe	
		J	SA	A	F	P	F	P	F	P
<b>T+C</b>	N	16	24	43	48,86 2/83	<b>0,000</b>	1,06	0,306	19,48	<b>0,000</b>
	Ecart-type	9,26	9,03	7,11						
	Moyenne	62,69	80,71	86,21						
<b>Q</b>	N	16	24	43	53,41 2/83	<b>0,000</b>	0,13	0,719	21,27	<b>0,000</b>
	Ecart-type	11,28	7,81	8,54						
	Moyenne	66,19	86,00	93,00						
<b>Pp</b>	N	16	24	43	19,23 2/83	<b>0,000</b>	0,15	0,697	7,89	<b>0,000</b>
	Ecart-type	4,16	2,777	1,776						
	Moyenne	17,00	21,167	21,814						
<b>Or</b>	N	16	24	43	12,53 2/83	<b>0,000</b>	0,02	0,891	6,08	<b>0,000</b>
	Ecart-type	4,65	1,972	1,845						
	Moyenne	11,25	14,905	15,537						
<b>Pds</b>	N	16	24	43	130,28 2/83	<b>0,000</b>	2,35	0,130	25,50	<b>0,000</b>
	Ecart-type	2,866	1,878	3,695						
	Moyenne	10,504	18,847	24,894						
<b>Ln</b>	N	16	24	43	73,34 2/83	<b>0,000</b>	0,06	0,813	30,94	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,587	0,3571	0,3516						
	Moyenne	7,992	9,0358	9,4460						
<b>ln</b>	N	16	24	42	40,58 2/82	<b>0,000</b>	0,01	0,922	15,96	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,1920	0,1998	0,1523						
	Moyenne	3,2963	3,6908	3,7567						
<b>io</b>	N	16	24	42	0,23 2/79	0,797	0,90	0,345	0,48	0,788
	Ecart-type	0,2319	0,2029	0,2126						
	Moyenne	4,1900	4,1592	4,1507						
	N	16	23	41	159,39 2/78	<b>0,000</b>	1,48	0,228	62,64	<b>0,000</b>
	Ecart-type	1,163	0,766	0,841						

<b>Lcr</b>	Moyenne	20,559	24,733	25,142						
<b>lcr</b>	N	14	22	40	126,05	<b>0,000</b>	0,99	0,323	49,68	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,434	0,446	0,358	2/77					
	Moyenne	9,637	11,267	11,593						
<b>lbz</b>	N	15	20	38	49,70	<b>0,000</b>	0,11	0,740	19,42	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,643	0,575	0,326	2/73					
	Moyenne	10,957	12,224	12,396						
<b>hc</b>	N	14	23	39	5,31	<b>0,007</b>	0,08	0,778	1,87	0,111
	Ecart-type	0,2870	0,3685	0,3518	2/76					
	Moyenne	9,0950	9,4752	9,2969						
<b>Lipa</b>	N	16	24	42	116,06	<b>0,000</b>	0,18	0,671	48,77	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,448	0,495	0,306	2/82					
	Moyenne	11,729	12,848	13,506						
<b>lpal</b>	N	16	24	42	2,67	0,075	0,08	0,774	1,75	0,133
	Ecart-type	0,477	0,2332	0,2964	2/82					
	Moyenne	2,2787	2,3887	2,3593						
<b>Fopal</b>	N	16	23	41	7,53	<b>0,001</b>	4,36	<b>0,040</b>	3,37	<b>0,008</b>
	Ecart-type	0,512	0,3395	0,2953	2/80					
	Moyenne	4,424	4,6761	4,7893						
<b>Lorb</b>	N	16	24	42	60,27	<b>0,000</b>	0,26	0,611	24,32	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,1590	0,1356	0,1483	2/82					
	Moyenne	5,572	6,5467	6,7200						
<b>Lbul</b>	N	14	24	40	32,15	<b>0,000</b>	0,16	0,694	12,90	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,421	0,3872	0,3739	2/78					
	Moyenne	4,3436	4,7254	4,6572						
<b>lbul</b>	N	13	24	40	5,39	<b>0,007</b>	0,66	0,419	2,12	0,073
	Ecart-type	0,0952	0,2756	0,1999	2/77					
	Moyenne	3,988	4,1887	4,3727						
<b>Focc</b>	N	13	20	38	1,14	0,327	1,38	0,244	0,80	0,557
	Ecart-type	0,3349	0,2283	0,223	2/71					
	Moyenne	4,7254	4,6425	4,7121						
<b>lsq</b>	N	13	20	38	46,21	<b>0,000</b>	1,46	0,231	18,86	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,223	0,676	0,533	2/71					
	Moyenne	9,0100	9,7200	9,7568						
<b>Md</b>	N	11	20	38	41,18	<b>0,000</b>	0,52	0,473	16,37	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,539	0,2763	0,2821	2/69					
	Moyenne	10,898	11,456	11,898						
<b>hm</b>	N	14	18	37	21,17	<b>0,000</b>	0,01	0,921	8,50	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,1166	0,2663	0,2920	2/69					
	Moyenne	5,106	5,6722	5,8184						
<b>diainf</b>	N	16	24	41	13,05	<b>0,000</b>	0,03	0,873	5,14	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,596	0,4815	0,4428	2/81					
	Moyenne	2,3812	2,7921	2,7154						
<b>diasup</b>	N	16	24	42	15,27	<b>0,000</b>	0,47	0,494	5,98	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,1196	0,1184	0,0992	2/82					
	Moyenne	4,913	5,7242	5,6074						
<b>rmi</b>	N	16	24	41	11,99	<b>0,000</b>	1,26	0,264	5,35	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,2322	0,1127	0,1153	2/81					
	Moyenne	3,6281	3,7967	3,7469						
<b>Rms</b>	N	16	24	42	20,52	<b>0,000</b>	0,04	0,843	8,43	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,0929	0,0440	0,0537	2/82					
	Moyenne	3,4881	3,7654	3,7345						
<b>Lmli</b>	N	16	24	41	11,22	<b>0,000</b>	0,04	0,845	4,48	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,2322	0,1127	0,1153	2/81					
	Moyenne	1,5463	1,6338	1,6224						
<b>lmli</b>	N	16	24	40	17,15	<b>0,000</b>	1,33	0,253	7,19	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,1002	0,0698	0,0833	2/80					
	Moyenne	0,5694	0,7233	0,6893						
<b>Coz</b>	N	16	24	42	0,03	0,966	1,04	0,306	1,59	0,174
	Ecart-type	0,1998	0,1150	0,1165	2/82					
	Moyenne	0,8042	0,8042	0,8110						

Le test de comparaison à deux facteurs (Anova) révèle des différences significatives avec l'âge pour l'ensemble des variables corporelles chez *Apodemus sylvaticus* au niveau du maquis à Boudjima. Elles varient toutes avec l'âge (déterminé par le stade d'usure dentaire).

Sur les 24 mesures crâniennes étudiées, 20 variables varient significativement avec l'âge et quatre variables largeur inter-orbitaire (io), largeur du palais (lpal), largeur du foramen occipital (focc) et coefficient zygomatique (coz) ne varie pas significativement avec l'âge.

Le test de Tukey, plus conservateur, montre des différences significatives seulement pour neuf variables crâniennes entre les trois stades d'usures dentaires. La différence est significative entre sub-adultes et adultes pour ln (Q = 1.70 ), lcr (Q = 5.78), lorb (Q=3.92), lbul (Q = 4.22) et Lmli (Q=0.26), entre juvéniles et sub-adultes pour hc (Q=6.28), lpal (2.24) et Lmli (1.34), entre juvéniles et adultes pour hc (Q=4.57), lpal (Q=1.84), fopal (Q=5.04), rmi (Q=1.95) et Lmli (Q=1.19).

Chez le mulot sylvestre du maquis, la variable foramen palatin (fopal) est la seule mesure qui varie significativement en fonction du sexe.

L'analyse de la variance avec l'usure\*sexe a montré des différences significatives pour l'ensemble des variables corporelles. 19 variables crâniennes présentent des différences significatives avec l'usure\*sexe (Tab.3)

### 5.3. Biométrie d'*Apodemus sylvaticus* dans la forêt de Mizrana

Les mensurations corporelles et crâniennes d'*Apodemus sylvaticus* dans la forêt de Mizrana en fonction de l'âge des individus déterminé par le stade d'usure dentaire, du sexe et les tests de comparaison par Anova à deux facteurs contrôlés sont portées dans le tableau 4.

**Tableau 4 :** Mensurations corporelles et crâniennes d'*Apodemus sylvaticus* capturé au niveau de la forêt de Mizrana en fonction de l'âge des individus déterminé par le stade d'usure dentaire et du sexe et tests de comparaison par Anova à deux facteurs contrôlés.

J: Juvénile, SA: Sub-adulte, A : Adulte, N: effectif, F : Valeur du test avec ddl/N, P : Probabilité associé, ddl=degrés de liberté.

Variables	Anova									
	Usure dentaire				Usure		Sexe		Usure*sexe	
	70	J	SA	A	F	P	F	P	F	P
<b>T+C</b>	N	15	15	40	13,89 2/70	<b>0,000</b>	1,76	0,189	6,19	0,000
	Ecart-type	8,60	5,88	13,20						
	Moyenne	64,47	77,33	82,62						
<b>Q</b>	N	15	15	40	105,92 2/70	<b>0,000</b>	3,05	0,085	47,97	<b>0,000</b>
	Ecart-type	8,34	6,71	4,847						
	Moyenne	62,73	83,60	89,700						
<b>Pp</b>	N	15	15	39	19,90 2/69	<b>0,000</b>	1,70	0,196	9,09	<b>0,000</b>
	Ecart-type	2,463	1,000	1,657						
	Moyenne	18,267	22,00	21,205						
<b>Or</b>	N	15	15	37	11,40 2/67	<b>0,000</b>	0,65	0,424	4,92	<b>0,001</b>
	Ecart-type	1,807	1,944	2,437						
	Moyenne	12,533	16,067	15,297						
<b>Pds</b>	N	15	15	40	67,34 2/70	<b>0,000</b>	0,71	0,404	30,67	<b>0,000</b>
	Ecart-type	4,59	3,158	3,284						
	Moyenne	13,18	19,701	25,652						
<b>Ln</b>	N	15	15	40	59,60 2/70	<b>0,000</b>	7,26	<b>0,026</b>	26,44	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,2412	0,2977	0,3807						
	Moyenne	8,2560	8,6307	9,2430						
	N	15	15	40	9,03 2/70	<b>0,001</b>	0,04	<b>0,009</b>	8,31	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,1022	0,1602	0,1225						

Chapitre III Résultats

<b>In</b>	Moyenne	3,4440	3,3833	3,6187						
<b>io</b>	N	15	15	40	1,25	0,294	0,02	0,882	0,49	0,783
	Ecart-type	0,1410	0,1214	0,1937	2/70					
	Moyenne	0,2073	4,1480	4,2312						
<b>Lcr</b>	N	15	13	34	45,50	<b>0,000</b>	0,11	0,742	23,22	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,396	0,646	0,729	2/32					
	Moyenne	23,123	23,905	24,991						
<b>lcr</b>	N	15	14	37	23,20	<b>0,000</b>	4,26	<b>0,043</b>	10,47	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,189	0,283	0,273	2/36					
	Moyenne	11,067	11,240	11,583						
<b>lbz</b>	N	15	11	35		<b>0,000</b>	0,04	0,851	46,40	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,375	0,393	0,322	99,86					
	Moyenne	11,128	12,192	12,680	2/61					
<b>hc</b>	N	15	14	38	0,70	0,500	0,57	0,453	0,48	0,790
	Ecart-type	0,1884	0,2211	0,2872	2/67					
	Moyenne	9,3127	9,1521	9,2837						
<b>Lipa</b>	N	15	15	40	34,98	<b>0,000</b>	0,14	0,705	14,45	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,425	0,705	0,530	2/70					
	Moyenne	12,029	12,186	13,429						
<b>lpal</b>	N	15	15	39	3,55	<b>0,034</b>	0,99	0,323	1,87	8,112
	Ecart-type	0,1169	0,1251	0,0988	2/69					
	Moyenne	2,2367	2,3180	2,3195						
<b>Fopal</b>	N	15	14	39	10,90	<b>0,000</b>	0,01	0,907	4,80	<b>0,001</b>
	Ecart-type	0,2330	0,3514	0,2573	2/68					
	Moyenne	4,3340	4,6921	4,7846						
<b>Lorb</b>	N	15	14	39	4,53	<b>0,014</b>	0,11	0,742	2,26	<b>0,059</b>
	Ecart-type	0,2573	0,382	0,3236	2/68					
	Moyenne	6,2487	6,489	6,5503						
<b>Lbul</b>	N	15	13	36	8,62	<b>0,001</b>	3,65	0,061	4,79	<b>0,001</b>
	Ecart-type	0,1730	0,2346	0,3048	2/64					
	Moyenne	4,1713	4,1438	4,4503						
<b>lbul</b>	N	15	14	36	0,08	0,919	0,00	0,971	0,17	0,971
	Ecart-type	0,1374	0,1835	0,1603	2/65					
	Moyenne	4,5627	4,5871	4,5722						
<b>Focc</b>	N	13	9	35	1,00	0,373	0,03	0,856	2,02	0,092
	Ecart-type	0,0715	0,1221	0,0990	2/57					
	Moyenne	4,7515	4,7044	4,7566						
<b>lsq</b>	N	13	10	32	4,23	<b>0,020</b>	3,45	0,066	2,34	<b>0,055</b>
	Ecart-type	0,582	0,432	0,2977	2/55					
	Moyenne	9,410	9,568	9,7359						
<b>Md</b>	N	14	15	34	44,48	<b>0,000</b>	0,50	0,480	18,20	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,357	0,714	0,383	2/63					
	Moyenne	10,607	11,315	11,839						
<b>hm</b>	N	12	15	38	1,45	0,243	1,04	0,312	1,57	0,182
	Ecart-type	0,3416	0,604	0,2664	2/65					
	Moyenne	6,0058	5,938	6,1376						
<b>diainf</b>	N	12	15	38	10,12	<b>0,000</b>	2,79	0,100	4,88	<b>0,001</b>
	Ecart-type	0,2744	0,3483	0,2412	2/65					
	Moyenne	2,8650	2,6620	3,0171						
<b>diasup</b>	N	15	15	39	22,79	<b>0,000</b>	0,02	0,883	10,30	<b>0,000</b>
	Ecart-type	0,3140	0,3451	0,3616	2/69					
	Moyenne	4,9987	5,9987	5,7149						
<b>rmi</b>	N	12	15	38	1,38	0,258	2,64	0,109	1,93	0,102
	Ecart-type	0,0596	0,0826	0,1294	2/64					
	Moyenne	3,6575	3,6840	3,7108						
<b>rms</b>	N	15	15	39	7,80	<b>0,001</b>	0,07	0,795	4,13	<b>0,003</b>
	Ecart-type	0,0803	0,0863	0,1148	2/69					
	Moyenne	3,6013	3,6753	3,7259						
<b>Lm1i</b>	N	10	15	38	1,06	0,352	0,30	0,588	1,05	0,400
	Ecart-type	0,0877	0,0889	0,0778	2/63					
	Moyenne	1,4890	1,5340	1,5292						
<b>lm1i</b>	N	12	15	38	2,25	0,114	1,17	0,285	1,33	0,264
	Ecart-type	0,0682	0,0812	0,0905	2/65					
	Moyenne	0,7850	0,8500	0,8374						
<b>Coz</b>	N	15	15	39	0,16	0,855	2,78	0,100	0,81	0,544
	Ecart-type	0,1317	0,1524	0,1451	2/69					
	Moyenne	0,8093	0,8373	0,8126						

Le test de comparaison à deux facteurs (Anova) révèle des différences significatives pour l'ensemble des variables corporelles. Elles varient toutes avec l'âge (déterminé par le stade d'usure dentaire).

Sur les 24 mesures crâniennes et mandibulaires étudiées, 15 montrent des différences significatives avec l'âge : la longueur et la largeur du nasal (Ln, ln), la longueur et la largeur du crâne (Lcr, lcr), la largeur bizygomatique (lbz), la longueur incisivo-palatine (Lipa), la longueur du foramen palatin (fopal), la longueur de l'orbite (Lorb), la longueur de la bulle tympanique (Lbul), la longueur de la mandibule (Md), la hauteur de la mandibule (hm), la longueur du diastème supérieur (diasup) et la longueur de diastème inférieur (diainf).

Chez le mulot sylvestre de la forêt de Mizrana, les variables longueur du nasal (Ln), largeur du nasal (ln) et Largeur du crâne sont les trois variables qui varient significativement en fonction du sexe.

L'analyse de la variance avec l'usure\*sexe a montré des différences significatives pour l'ensemble des variables corporelles. 14 variables crâniennes et mandibulaires présentent des différences significatives avec l'usure\*sexe (Tab.4)

Le test de comparaisons deux à deux de Tukey, plus conservateur, révèle des différences significatives seulement pour 09 variables crâniennes et mandibulaires. La variation est significative entre sub-adultes et adultes pour Focc (Q = 1.40), diasup (Q = 5.68) et rms (Q=1.25), entre juvéniles et sub-adultes pour lpal (Q=1,76), Fopal (Q=6.39), Lorb (Q= 5.18), rms (Q=1.63) et Lm1i (Q=1.25), entre juvéniles et adultes pour lpal (Q=1.62), lsq (Q=6.46), rms (Q=1.99) , lmi (Q=0.15) et Lm1i (Q=1.10).

#### **5.4. Biométrie du rat surmulot *Rattus norvegicus* capturé dans le milieu semi-urbain**

Pour le rat surmulot, le poids est souvent utilisé pour la détermination de l'âge des individus (Davis, 1949) mais la recherche a montré que cette relation n'est qu'approximative et souvent inexacte, en particulier pour les rats les plus jeunes et les plus âgés d'une population (Feng et Himsworth, 2013). Dans cette partie, les différentes mensurations morphométriques et craniométriques en fonction des différents stades d'usure dentaire, du sexe et des tests de comparaison par Anova à deux facteurs contrôlés sont développées. L'étude des mensurations corporelles et crâniennes ont été effectuées sur 27 individus de *R. norvegicus* capturés au cours de la période d'étude.

Les quatre variables corporelles avec le poids et les 24 variables craniométriques prises sur les surmulots capturés dans le milieu semi-urbain sont représentées dans le tableau 5.

**Tableau 5 :** Mensurations corporelles et crâniennes de *Rattus norvegicus* capturés en milieu semi-urbain en fonction de l'âge des individus déterminé par le stade d'usure dentaire et du sexe et tests de comparaison par Anova à deux facteurs contrôlés.

J : Juvénile, SA: Sub-adulte, A : Adulte N: effectif, F : Valeur du test ddl /N, P : Probabilité associée, ddl=degrés de liberté.

Variables		Usure dentaire			Anova					
		J	SA	A	Usure		Sexe		Usure*sexe	
	27				F	P	F	P	F	P
<b>T+C</b>	N	5	15	7						
	Moyenne	151,60	178,27	198,29	13,01	<b>0,000</b>	2,97	0,546	7,10	<b>0,001</b>
	Ecart-type	20,06	17,41	5,82	2/27					
<b>Q</b>	N	5	15	7	14,49	<b>0,000</b>	0,61	0,443	9,07	<b>0,000</b>
	Moyenne	138,80	168,07	189,00	2/27					
	Ecart-type	21,44	15,79	9,35						
<b>Pp</b>	N	5	15	7	54,76	<b>0,000</b>	1,97	0,174	23,95	<b>0,000</b>
	Moyenne	30,20	32,400	41,29	2/27					
	Ecart-type	2,39	1,549	2,93						
<b>Or</b>	N	5	15	7	7,41	<b>0,003</b>	5,25	<b>0,031</b>	4,20	<b>0,000</b>
	Moyenne	21,800	23,867	21,857	2/27					
	Ecart-type	1,643	1,302	1,676						
<b>Pds</b>	N	5	15	7	118,822/27	<b>0,000</b>	0,58	0,454	49,84	<b>0,000</b>
	Moyenne	70,19	130,37	218,90						
	Ecart-type	17,57	17,93	13,36						
<b>Ln</b>	N	5	15	7	15,36	<b>0,000</b>	0,37	0,546	6,78	<b>0,001</b>
	Moyenne	12,460	13,501	16,684	2/27					
	Ecart-type	1,283	0,345	2,614						
<b>ln</b>	N	5	15	7	9,89	<b>0,001</b>	0,56	0,464	4,76	<b>0,005</b>
	Moyenne	5,040	5,4880	6,229	2/27					
	Ecart-type	0,441	0,2503	0,776						
<b>io</b>	N	5	15	7	17,16	<b>0,000</b>	1,54	0,227	11,78	<b>0,000</b>
	Moyenne	5,250	5,4593	6,119	2/27					
	Ecart-type	0,425	0,0766	0,437						
<b>Lcr</b>	N	5	15	7	36,62	<b>0,000</b>	0,00	0,961	13,48	<b>0,000</b>
	Moyenne	33,152	38,357	45,58	2/27					
	Ecart-type	1,229	1,131	4,58						
<b>lcr</b>	N	5	15	7	19,93	<b>0,000</b>	0,56	0,464	10,06	<b>0,000</b>
	Moyenne	15,400	16,262	16,794	2/27					
	Ecart-type	0,473	0,372	0,276						
<b>lbz</b>	N	5	15	7	35,46	<b>0,000</b>	0,30	0,588	24,85	<b>0,000</b>
	Moyenne	16,652	18,485	19,839	2/27					
	Ecart-type	1,050	0,348	0,764						
<b>hc</b>	N	5	15	7	11,64	<b>0,000</b>	1,97	0,174	6,68	<b>0,001</b>
	Moyenne	12,970	13,788	14,276	2/27					
	Ecart-type	0,664	0,381	0,472						
<b>Lipa</b>	N	5	15	7	13,49	<b>0,000</b>	0,73	0,400	7,22	<b>0,000</b>
	Moyenne	19,21	21,939	25,84	2/27					
	Ecart-type	2,29	2,920	3,76						
<b>lpal</b>	N	5	15	7	12,31	<b>0,000</b>	3,37	0,079	6,30	<b>0,001</b>
	Moyenne	2,860	3,2773	3,659	2/27					
	Ecart-type	0,256	0,1925	0,434						
<b>Fopal</b>	N	5	15	7	16,09	<b>0,000</b>	0,84	0,368	9,44	<b>0,000</b>
	Moyenne	5,668	6,4860	7,027	2/27					
	Ecart-type	0,525	0,2215	0,593						
<b>Lorb</b>	N	5	15	7	16,94	<b>0,000</b>	0,54	0,472	4,07	<b>0,010</b>
	Moyenne	9,528	10,731	12,516	2/27					
	Ecart-type	0,838	0,281	1,591						
<b>Lbul</b>	N	5	15	7	10,33	<b>0,001</b>	0,58	0,454	9,48	<b>0,003</b>
	Moyenne	5,888	6,1593	6,993	2/27					
	Ecart-type	0,529	0,3209	0,641						
<b>lbul</b>	N	5	15	7	17,11	<b>0,000</b>	4,00	0,057	5,29	<b>0,003</b>
	Moyenne	6,108	6,4407	6,8829	2/27					
	Ecart-type	0,295	0,2206	0,2472						
<b>Focc</b>	N	5	15	7	8,34	<b>0,002</b>	0,92	0,348	17,49	<b>0,000</b>
	Moyenne	6,182	6,5687	6,786	2/27					

	Ecart-type	0,300	0,1391	0,377						
<b>lsq</b>	N	5	15	7	27,65	<b>0,000</b>	0,78	0,386	7,47	<b>0,000</b>
	Moyenne	12,986	14,517	15,624	2/27					
	Ecart-type	0,925	0,396	0,701						
<b>Md</b>	N	5	15	7	16,92	<b>0,000</b>	0,46	0,502	8,31	<b>0,000</b>
	Moyenne	17,628	20,065	23,79	2/27					
	Ecart-type	1,636	0,682	3,28						
<b>hm</b>	N	5	15	7	17,60	<b>0,000</b>	0,00	0,967	4,25	<b>0,008</b>
	Moyenne	8,526	9,629	11,407	2/27					
	Ecart-type	0,637	0,614	1,311						
<b>diainf</b>	N	5	15	7	9,59	<b>0,001</b>	0,74	0,399	9,25	<b>0,000</b>
	Moyenne	4,466	4,9633	6,014	2/27					
	Ecart-type	0,443	0,2193	1,178						
<b>diasup</b>	N	5	15	7	17,85	<b>0,000</b>	0,72	0,405	2,88	<b>0,039</b>
	Moyenne	7,692	9,1933	10,983	2/27					
	Ecart-type	1,100	0,2565	1,610						
<b>rmi</b>	N	5	15	7	7,37	<b>0,003</b>	0,00	0,990	2,88	<b>0,039</b>
	Moyenne	8,214	6,1687	6,597	2/27					
	Ecart-type	0,296	1,1997	1,610						
<b>rms</b>	N	5	15	7	8,28	<b>0,002</b>	0,50	0,486	3,87	<b>0,012</b>
	Moyenne	6,092	6,2280	6,847	2/27					
	Ecart-type	0,302	0,2499	0,569						
<b>Lmli</b>	N	5	15	7	10,32	<b>0,001</b>	0,83	0,371	4,13	<b>0,009</b>
	Moyenne	2,4100	2,4420	2,6757	2/27					
	Ecart-type	0,0992	0,0948	0,1744						
<b>lmi</b>	N	5	15	7	8,42	<b>0,002</b>	0,01	0,935	3,61	<b>0,016</b>
	Moyenne	1,454	1,5960	1,979	2/27					
	Ecart-type	0,1135	0,1538	0,398						
<b>Coz</b>	N	5	15	7	2,70	0,088	0,74	0,397	1,65	0,190
	Moyenne	0,8140	0,9580	0,8543	2/27					
	Ecart-type	0,0783	0,1447	0,1403						

Le test de comparaison à deux facteurs (Anova) révèle des différences hautement significatives pour l'ensemble des variables corporelles. Elles varient toutes avec l'âge (déterminé par le stade d'usure dentaire). Pour les variables crâniennes étudiées, seul le coefficient zygomatique (coz) quine varie pas en fonction de l'âge et en fonction de l'usure\* sexe.

Le test de comparaisons deux à deux de Tukey, plus conservateur, révèle des différences significatives seulement pour huit variables crâniennes et mandibulaires. La variation est significative entre sub-adultes et adultes pour hcr (Q = 1.01), lpal (Q = 7.03), entre juvéniles et sub-adultes pour lpal (Q=7.81), Lorb (Q=2.35), Focc (Q=7.07), lbul (Q=6.43), Md (Q=4.81) et hm (Q=2.19) et enfin entre juvéniles et adultes pour rmi (Q=7.38).

En fonction du sexe, on a relevé l'existence de différences significatives seulement pour longueur de l'oreille (Or) pour les variables corporelles et la largeur de la bulle tympanique (lbul) pour les variables crâniennes. Pour les autres variables les variations ne sont pas significatives.

## **6. Etude comparative entre les individus d'*Apodemus sylvaticus* capturés dans les deux stations de la Kabylie (maquis et forêt).**

### **6.1. Matrice de corrélation de Pearson des variables crâniennes prises sur le mulot sylvestre en Kabylie du Djurdjura**

La matrice de corrélation établie pour les différentes mesures crâniennes prises sur le mulot sylvestre en Kabylie du Djurdjura dans la forêt de Mizrana et le maquis à Boudjima (voir tableau annexe VI).

La plupart des caractères craniométriques sont corrélés positivement entre eux. Notamment la largeur du nasal (ln) est corrélée avec 12 variables (la longueur du nasal (Ln), la largeur inter-orbitaire (io), la longueur et la largeur du crâne (Lcr, lcr), la largeur bizygomatique (lbz), la longueur incisivo-palatine (Lipa), la largeur du palais (lpal), la longueur du foramen palatin (fopal), la longueur de l'orbite (Lorb), la longueur et la largeur de la bulle tympanique (Lbul, lbul) et la largeur bisquamosale (lsq) ; La longueur de l'orbite (Lorb) est corrélée également avec 12 variables (la longueur et la largeur du nasal (Ln, ln), la largeur inter-orbitaire (io), la longueur et la largeur du crâne (Lcr, lcr), la largeur bizygomatique (lbz), la hauteur du crâne (hcr), la longueur incisivo-palatine (Lipa), la largeur du palais (lpal), la longueur du foramen palatin (fopal), la longueur de la bulle tympanique (Lbul) et la largeur bisquamosale (lsq) .

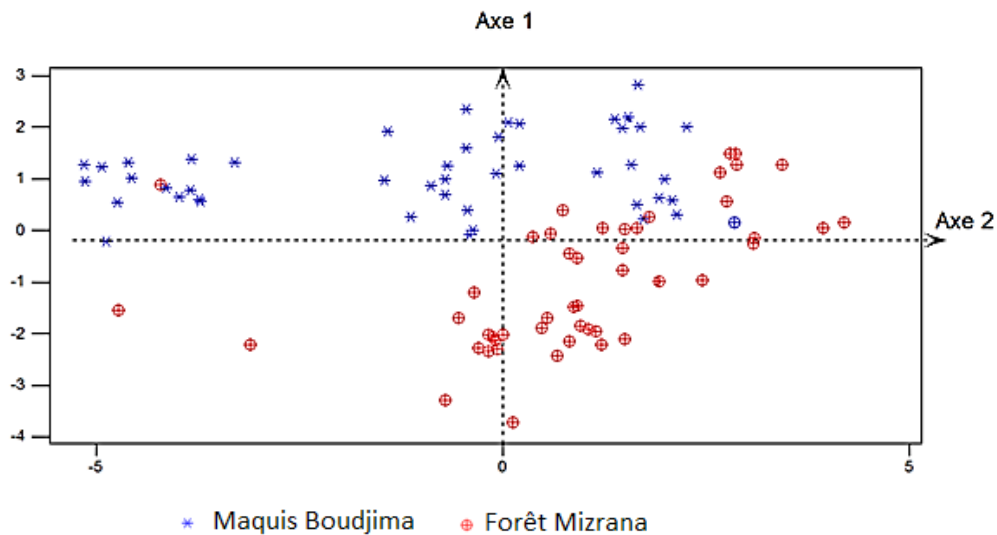
### **6.2 Analyse en composantes principales (ACP) appliquée aux différentes variables craniométriques**

L'analyse en composantes principales réalisée sur 98 individus du mulot sylvestre des deux stations de Kabylie du Djurdjura a dégagé un premier axe qui, avec 32.3 % de la variance, est essentiellement lié à la taille des animaux. La majorité des variables sont positivement corrélées à l'axe 1.

Les mesures expliquant le plus cet axe sont : la largeur de l'inter-orbital (io), largeur bizygomatique (lbz), la longueur orbitale (Lorb), la largeur du crâne (lcr), la longueur du foramen palatin (fopal), la longueur et la largeur du nasal (Ln,ln) (Tableau 1). L'axe 2, avec 14.0 % de la variance, représente des variables "fonctionnelles", comme la largeur de bulle tympanique (lbul), Longueur du Foramen occipital (Focc) (Fig.31).

**Tableau 6:** Vecteurs propres standardisés aux valeurs propres pour les 16 variables crâniennes et les 7 variables mandibulaires des deux premières composantes principales des analyses à l'échelle de la Kabylie du Djurdjura.

Variables Crâniennes	Kabylie du Djurdjura		Variables mandibulaires	Kabylie du Djurdjura	
	CP1	CP2		CP1	CP2
Ln	<b>0,304</b>	-0,171	Hm	-0,053	<b>0,558</b>
Ln	0,297	-0,148	diainf	-0,199	<b>0,506</b>
Io	<b>0,382</b>	0,079	diasup	<b>-0,530</b>	0,107
Lcr	0,023	0,046	rmi	-0,362	-0,324
Lc	<b>0,309</b>	0,194	rms	<b>-0,452</b>	-0,226
Lbz	<b>0,340</b>	0,118	Lmli	-0,401-	-0,333
Hcr	0,104	0,004	Md	<b>-0,424</b>	<b>0,391</b>
Lipa	<b>0,292</b>	0,027			
Lpal	0,205	-0,010			
Fopal	<b>0,304</b>	0,170			
Lorb	<b>0,310</b>	0,107			
Lbul	<b>0,261</b>	-0,251			
Lbul	0,009	<b>0,472</b>			
Focc	0,039	<b>0,383</b>			
Lsq	0,165	-0,081			
Coz	0,039	0,161			



**Figure 31** : Distribution des individus sur les deux premières composantes principales de l’ACP pratiquée sur 15 variables crâniennes du mulot sylvestre de Kabylie du Djurdjura

L’ACP met en évidence une certaine différenciation des populations. Schématiquement, le premier axe oppose les individus de la Forêt de Mizrana globalement plus grands, à ceux du maquis à Boudjima, plus petits avec la largeur de la bulle tympanique plus petite. Le deuxième axe contribue faiblement à la variabilité des populations de mulot de Kabylie (Fig.31).

### 6.3. Matrice de corrélation de Pearson des variables mandibulaires prises sur le mulot sylvestre en Kabylie du Djurdjura

La matrice de corrélation établie pour les différentes mesures mandibulaires prises sur le mulot sylvestre en Kabylie du Djurdjura.

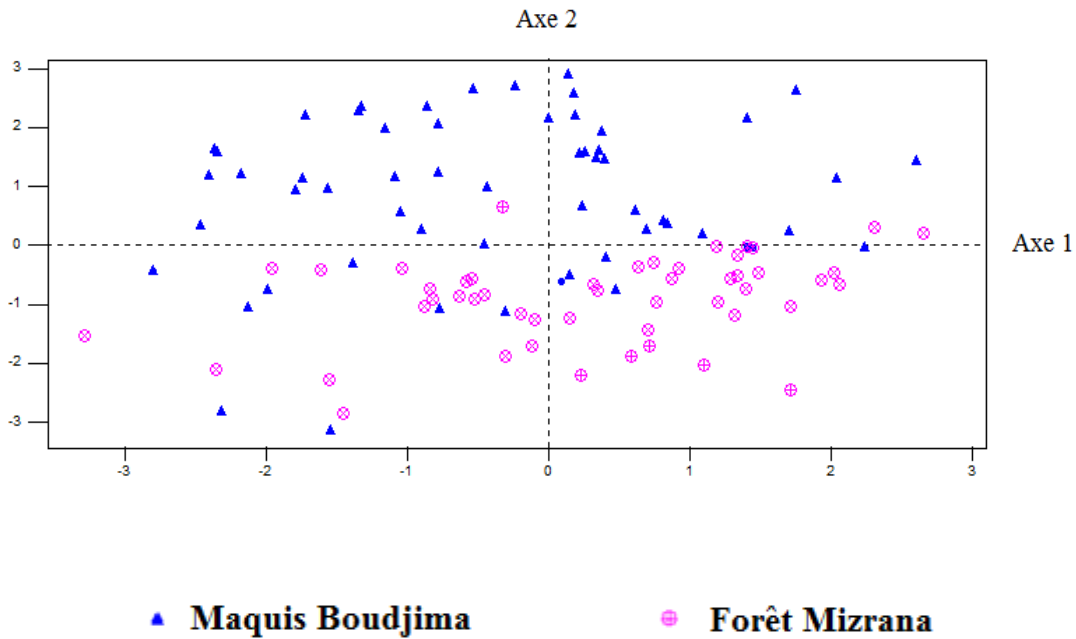
**Tableau 7** : Matrice de corrélation de Pearson appliquée pour les différentes variables mandibulaires prises sur le mulot sylvestre en Kabylie du Djurdjura

	hm	diainf	diasup	rmi	rms	Lmli	Md
Diainf	<b>0,291</b> <b>0,001</b>						
Diasup	0,016	0,174					
Rmi	-0,088	-0,026	0,249				
Rms	0,332	0,769	<b>0,004</b>				
Lmli	-0,064	0,090	0,329	0,425			
Md	0,479	0,303	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>			
	-0,129	-0,048	0,253	0,286	0,312		
	0,159	0,586	<b>0,004</b>	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>		
	0,198	0,220	0,458	0,020	0,111	0,150	
	0,031	<b>0,015</b>	<b>0,000</b>	0,824	0,221	0,102	

Le tableau 7 présente la matrice de corrélation établit pour les différentes mesures mandibulaires du mulot sylvestre capturé dans la forêt de Mizrana et le maquis à Boudjima. La plupart des caractères mandibulaires sont corrélés positivement entre eux. La longueur du diastème supérieur (diasup) est positivement corrélée avec notamment la longueur du diastème inférieur ( $r = 0,174$  ;  $p = 0,046$ ), la longueur de la rangée molaire inférieure ( $r = 0,249$  ;  $p = 0,004$ ), la longueur de la rangée molaire supérieure ( $r = 0,329$  ;  $p < 0,000$ ), la longueur de la première molaire inférieure ( $r = 0,253$  ;  $p = 0,004$ ) et la longueur de la mandibule ( $r = 0,458$  ;  $p = 0,000$ ). Par contre, il n'y a aucune corrélation avec la hauteur de la mandibule.

#### **6.4. Analyse en composantes principales (ACP) appliquée aux différentes variables mandibulaires du mulot sylvestre en Kabylie du Djurdjura**

L'analyse en composantes principales est réalisée sur 116 individus du mulot sylvestre des deux stations de Kabylie du Djurdjura. L'analyse a été effectuée sur sept variables mandibulaires et dentaires. Elle a identifié une première composante principale qui explique 28% de la variation totale. Elle ordonne les animaux selon la taille globale du diastème supérieur (diasup), la longueur de la rangée molaire supérieure (rms) et la longueur de la mandibule (Md) et enfin la taille de la première molaire inférieure (Lm1i). L'axe 2, 22,0 % de la variation totale, est principalement défini par les variables, la hauteur de la mandibule (hm) et le diastème inférieur (diainf) (Tab.07)



**Figure 32:** Distribution des individus sur les deux premières composantes principales de l'ACP pratiquée sur 7 variables mandibulaires du mulot sylvestre de Kabylie du Djurdjura.

Il ressort que les mulots de la forêt ont une mandibule plus grande que celles des mulots du maquis de Boudjima (Fig.32).

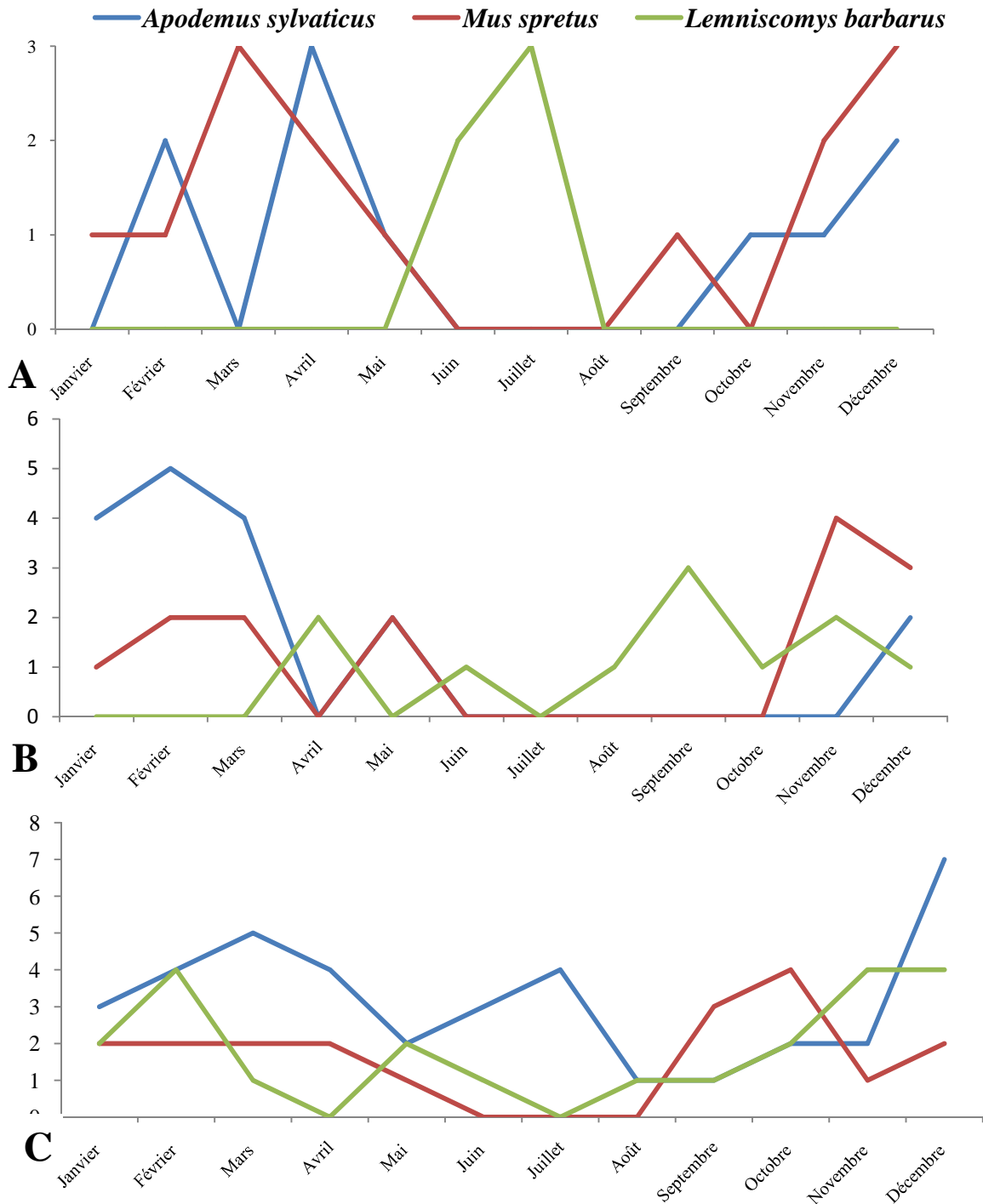
### 7. Phénologie de la reproduction des quatre espèces de muridés au niveau des trois stations

L'étude du cycle annuel de reproduction d'*A. sylvaticus*, de *M. spretus*, de *L. barbarus* et de *R. norvegicus*, capturés de janvier à décembre 2017, nous a permis d'apporter des informations sur leur phénologie de reproduction. L'accent est porté notamment sur la comparaison du cycle reproductif de *L. barbarus* avec ceux d'*A. sylvaticus* et de *M. spretus* capturés dans le même milieu (maquis), à la même période, en fonction des classes d'âges et de l'activité sexuelle de chacun de ces rongeurs.

Un effort d'échantillonnage de 2520 nuits-pièges, durant l'année 2017, a permis la capture de 150 individus des quatre espèces de muridés confondues. Soient, 65 individus d'*A. sylvaticus* (43,3%), 47 individus de *M. Spretus* (31,3%) et 38 *L. barbarus* (25,3%), au niveau du maquis, 50 individus d'*A. sylvaticus* (100%) dans le milieu forestier et 27 individus de *R. norvegicus* (65,8%) pour le milieu semi urbain.

**7.1. Age-ratio et activité sexuelle des espèces de muridés capturées au niveau du maquis à Boudjima**

Dans les figures, ci-dessous, sont présentées les variations mensuelles des captures de juvéniles (A), sub-adulte (B) et Adultes (c) dans le maquis à Boudjima.



**Figure 33 :** Variations mensuelles des captures de juvéniles (A), sub-adulte (B) et Adultes (C) dans le maquis à Boudjima

Les juvéniles sont faiblement capturés pour les trois espèces : 10 individus d'*A. sylvaticus*, 14 individus de *M. spretus* et 5 individus de *L. barbarus*. Des juvéniles de *L. barbarus* n'ont été capturés qu'aux mois de juin et juillet (Fig. 33A), contrairement aux juvéniles des deux autres espèces qui ont été capturés de février à mai et d'octobre à décembre pour *A. sylvaticus*; de janvier à mai et de septembre à décembre pour *M. spretus*.

Les sub-adultes sont plus nombreux. Nous avons capturé 17 individus d'*A. sylvaticus*, 14 individus de *M. spretus* et 11 individus de *L. barbarus*. Des sub-adultes de *L. barbarus* ont été capturés à partir du mois d'avril et jusqu'au mois de décembre (Fig. 33B), ce qui suggère que la reproduction a débuté en février pour s'achever en septembre-octobre avec une période d'arrêt de novembre à janvier, qui correspond aux mois les plus froids. Aucun animal classé sub-adulte d'après l'usure dentaire n'était sexuellement actif. Pour *A. sylvaticus* et *M. spretus* aucun sub-adulte n'a été capturé de juin à octobre et aucune activité sexuelle n'a été constatée chez les adultes à cette période.

Les adultes sont les plus nombreux avec 38 *A. sylvaticus*, 19 *M. spretus* et 22 *L. barbarus* (Fig. 33C).

Pour *A. sylvaticus*, des mâles sexuellement actifs et des femelles gestantes ont été capturés en février, mars et avril. Une reprise de l'activité reproductrice est notée à partir du mois de septembre pour les mâles, alors que la première femelle gestante a été capturée en décembre. Pour *M. spretus* aucune activité sexuelle n'a été notée chez les adultes capturés. Parmi les mâles adultes de *L. barbarus*, des individus sexuellement actifs ont été capturés d'avril à octobre. Aucune femelle sexuellement active n'a été capturée.

Bien que la taille de l'échantillon étudié soit relativement réduite, un résultat important ressort qui suggère principalement l'existence d'une synchronisation bien apparente dans le déroulement de la reproduction des deux espèces *A. sylvaticus* et *M. spretus* qui a lieu essentiellement en hiver avec une période d'inactivité sexuelle en été d'une part et d'autre part *L. barbarus* se reproduit essentiellement au printemps/ été.

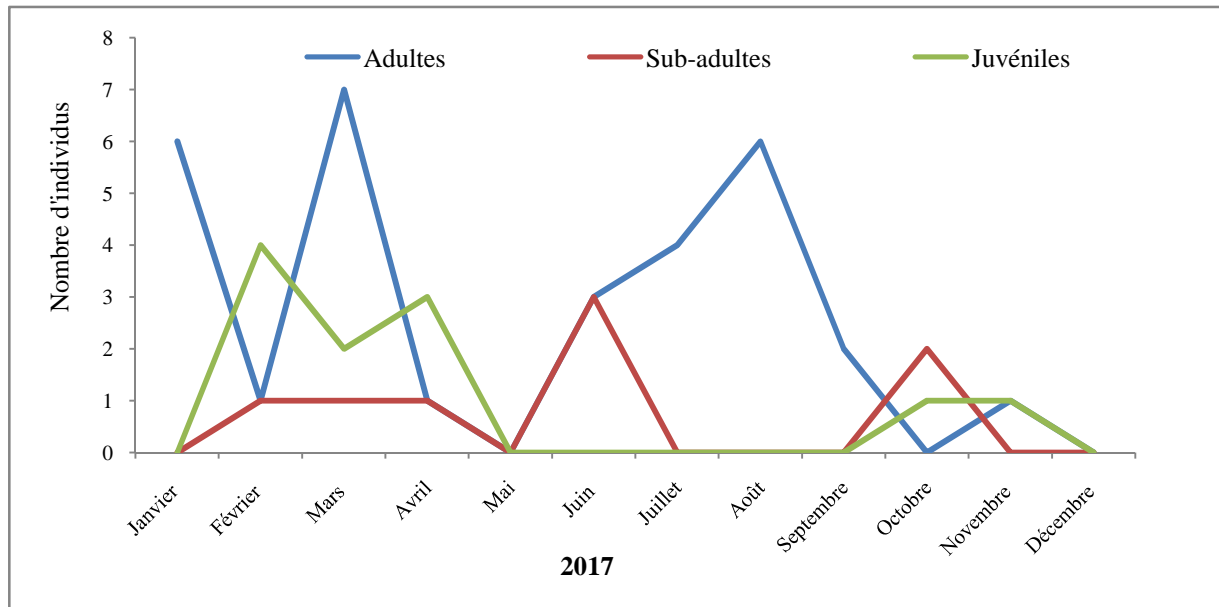
Des nids de *L. barbarus* ont été retrouvés en été au niveau de la région de Mekla à 36 Km de notre station maquis. Le nombre de petits dans un nid varie de 6 à 8 petits (Fig.34).



**Figure 34** : Nids de *Lemniscomys barbarus* (Originale, 2017)

### **7.2. Évolution mensuelle des différentes classes d'âge d'*Apodemus sylvaticus* dans la forêt de Mizrana**

Dans la figure 35 sont regroupées les variations mensuelles d'*Apodemus sylvaticus* en fonction de l'âge au niveau de la forêt de Mizrana.



**Figure 35:**Évolution mensuelle des différentes classes d’âge d’*Apodemus sylvaticus* dans la forêt de Mizrana

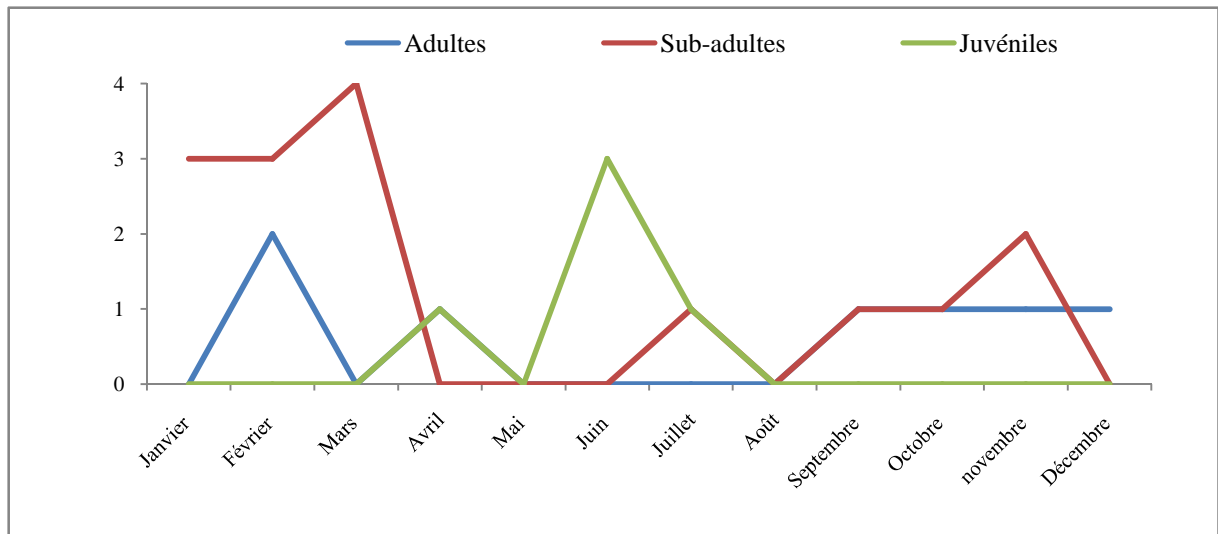
Tout comme dans le maquis, les adultes sont les mieux représentés avec 31 individus avec un taux de 62%. Les juvéniles et les sub-adultes sont faiblement capturés avec respectivement des taux de 24% et 14% (Fig. 35).

Aucun juvénile n’a été capturé en été (juin à août) mais leur capture a été signalée pendant le reste de la période d’étude ce qui implique que les adultes sont en phase stationnaire en été. Les adultes sont présents presque toute l’année et la plupart des mâles et femelles adultes capturés étaient actifs. Des femelles gestantes ont été capturées en janvier, février, mars, septembre et novembre. Les mâles adultes capturés ont été pour la plupart actifs mais aucune activité sexuelle n’a été signalée chez les individus sub-adultes et juvéniles.

En été aucune activité reproductrice n’a été enregistrée et cette dernière ne reprend qu’à partir de la fin août. Nous avons piégé la première femelle gestante qu’au mois de septembre.

### 7.3. Évolution mensuelle des différentes classes d’âge de *R. norvegicus* dans le milieu semi- urbain

La figure 36 regroupe les données des variations mensuelles de *R. norvegicus* en fonction des différentes classes d’âge dans le milieu semi-urbain.



**Figure 36:**Évolution mensuelle des différentes classes d'âge de *R. norvegicus* dans le milieu semi-urbain

Des femelles gestantes ont été capturés au mois de février et décembre avec un nombre de portées de 9. Les sub-adultes est la classe d'âge la mieux représentée, ils ont été capturés presque toute au long de l'année. Les adultes et les juvéniles ont été faiblement capturés dans nos pièges. Un maximum de juvéniles a été capturé en été ce qui laisse penser que la reproduction a eu lieu principalement en cette période mais la présence des sub- adultes pendant presque toute la période d'étude montre que la reproduction a débuté bien avant. De manière générale et d'après les résultats obtenus, nous pouvons dire que cette espèce peut se reproduire toute l'année (Fig.36).

La photo, ci-dessous montre un nid *R. norvegicus* avec des petits à l'intérieur et quelques feuilles rassemblées pour construire un nid où la femelle a mis ses petits.



**Figure 37:**Nid de *Rattus norvegicus* (Originale, 2017)

### 8. Résultats des parasites des rongeurs étudiés

Les rongeurs exploitent leurs hôtes de différentes manières. Ils peuvent être trouvés sur l'animal (ectoparasites) où à l'intérieur de l'animal occupant ainsi différentes cavités (endoparasites). Les résultats de notre étude concernent essentiellement les endoparasites notamment les parasites intestinaux. Les ectoparasites ont été présentés brièvement car ils font l'objet d'une étude complémentaire à cette étude et les données seront présentées dans un autre travail apart.

La recherche des parasites a été effectuée sur les 153 mulots (83 capturés en maquis et 70 capturés en forêt), 40 rats rayés (maquis) et 27 surmulots (milieu semi- urbain). La liste des espèces rencontrées chez les différentes espèces de rongeurs étudiée figure dans le tableau 8.

Le tableau 8 regroupe les ectoparasites et les endoparasites trouvés sur les différentes espèces de rongeurs.

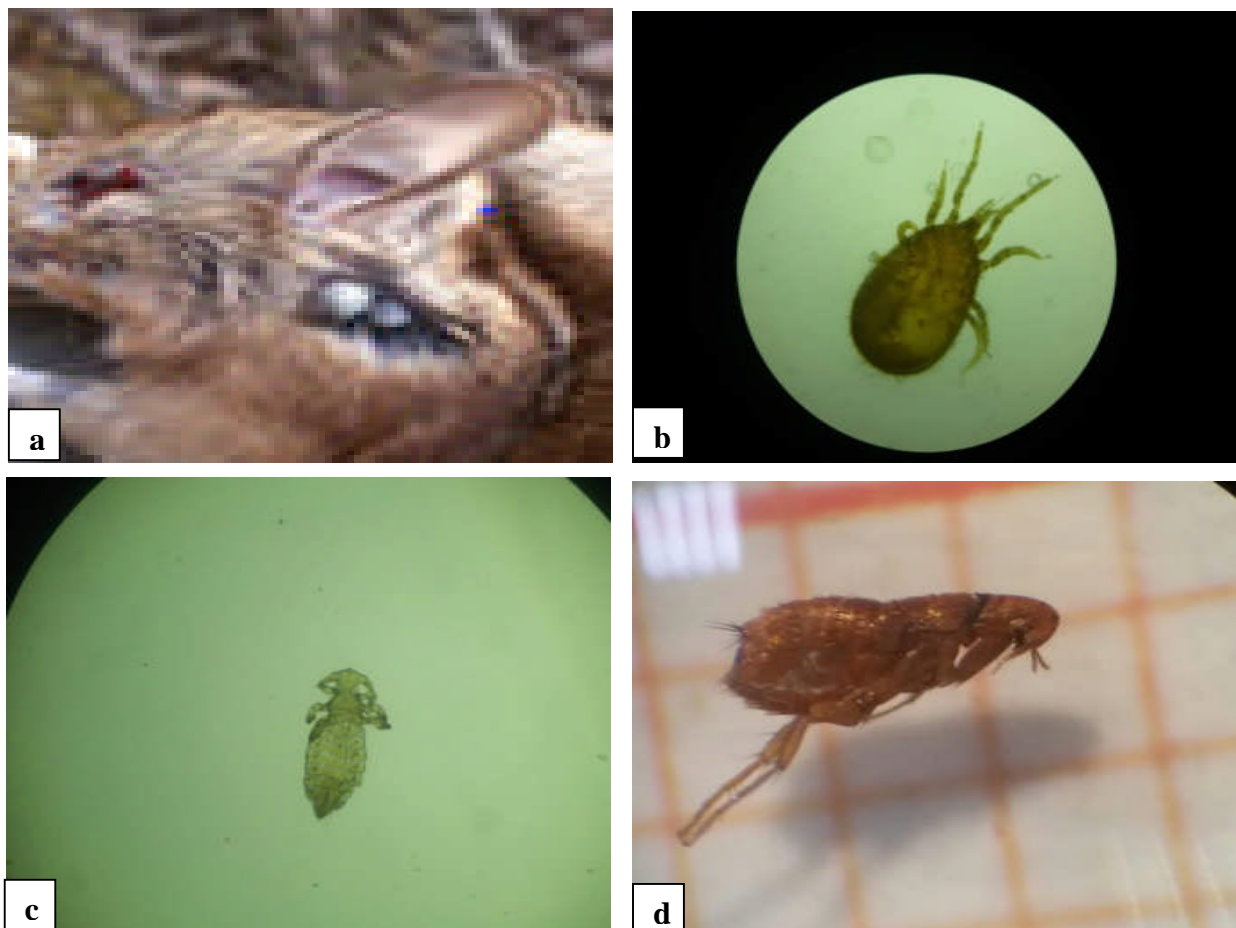
**Tableau 8:** Liste de parasites prélevés chez les rongeurs étudiés

Parasites	Classes	Familles	Espèces	Hôtes
Ectoparasites	Insectes	Polyplacidae	Polyplacidae sp.	<i>A. sylvaticus</i>
		Leptopsyllidae	Leptopsyllidae sp.	<i>R. norvegicus</i> <i>L. barbarus</i>
	Acariens	Ixodidae	Ixodidae sp.	<i>A. sylvaticus</i> <i>R. norvegicus</i>
Endoparasites	Cestodes	Taenidae	<i>Hymenolepis</i> sp.	<i>A. sylvaticus</i>
			<i>Hydategira parva</i> larvae	<i>R. norvegicus</i>
	Nématodes	Oxyuridae	<i>Syphacia stroma</i> <i>Syphacia frederici</i>	<i>A. sylvaticus</i>
Strongyloididae		<i>Heligmosomoides polygyrus</i>	<i>A. sylvaticus</i> <i>L. barbarus</i>	

		Spiruridae	<i>Rictularia</i> sp.	<i>A. sylvaticus</i> <i>L. barbarus</i>
		Nematoda F. Ind.	Nematoda sp.1 Ind. Nematoda sp.2 Ind.	<i>R. norvegicus</i>

### 8.1. Les ectoparasites

La recherche d'ectoparasites qui a été effectuée directement sur l'animal nous a permis de recenser plusieurs parasites externes appartenant à de nombreux groupes taxonomiques. Des poux, des tiques, des puces et d'autres espèces d'acariens ont été prélevés sur les différentes espèces de rongeurs capturées dans les milieux étudiés (Fig. 38).



**Figure 38:** Quelques ectoparasites de rongeurs observés à l'œil nu (a) et sous une loupe binoculaire (c, d, e) (Originale, 2017)

**a :** Tiques (Ixodidae); **b :** acarienc : pou (Polyplacidae), **d :** puce (Leptopsyllidae)

## **8.2. Les endoparasites**

Les micromammifères dont les rongeurs sont des hôtes définitifs ou intermédiaires pour les helminthes adultes ou larves. Plusieurs espèces d'helminthes ont été identifiées dans la présente étude chez les différentes espèces de rongeurs analysées appartenant soit à des nématodes soit à des cestodes.

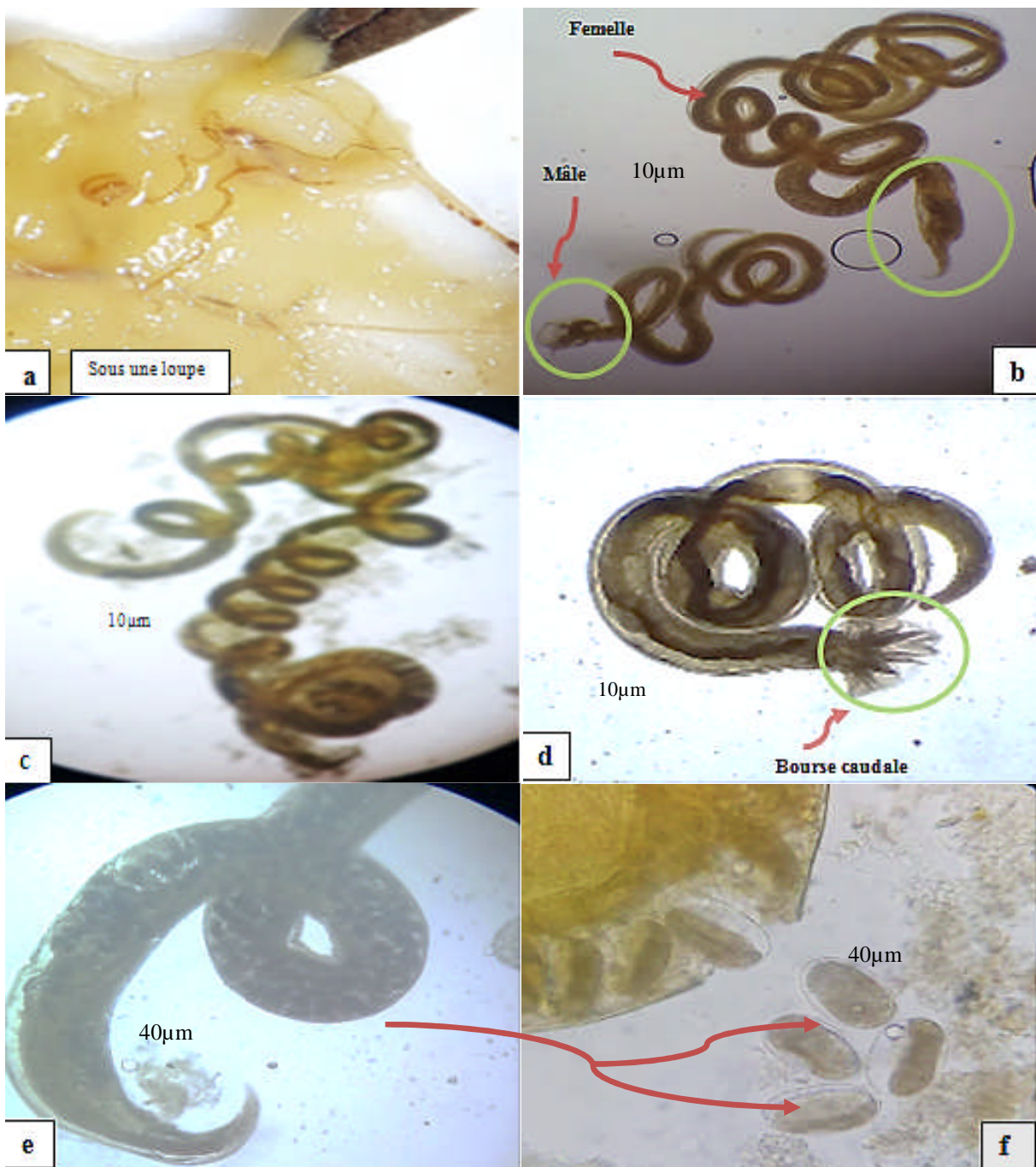
### **8.2.1. Nématodes**

Les nématodes sont des vers ronds qui ont un développement uniforme et une structure anatomique simple. La longueur d'un ver adulte peut varier en fonction des espèces, de quelques millimètres à quelques centimètres. Les adultes vivent dans ou accrocher à la paroi du tube digestif de leurs hôtes d'où ils puisent leur nourriture. Ils ont un cycle de vie direct ou indirect impliquant un ou plusieurs hôtes intermédiaires obligatoires ou facultatifs selon les espèces (Morand *et al.*, 2006).

#### **- *Heligmosomoides polygyrus***

L'identification préliminaire de ce nématode a été réalisée sur la base des descriptions faites par Baylis (1926), Roman (1951) et Al-Bassel *et al.* (2000). La figure montre des photos originales prises de cette espèce.

Pour *H. polygyrus* il existe un dimorphisme sexuel bien apparent entre les mâles et les femelles (Fig. 39, **b**). Les femelles étant plus longues avec une disposition en spirale plus prononcée et l'extrémité caudale est progressivement rétrécie pour former un pic terminal caractéristique (Fig.39**c**, **e**). Le mâle est plus petit que la femelle et moins enroulé et son extrémité postérieure porte une bourse caudale (Fig.39, **d**). Les œufs ont une assez grande taille (Fig.39, **f**).



**Figure 39:** *H. polygyrus* dans l'intestin grêle (a), femelle (c, e), mâle (d), mâle et femelle (b) et des œufs (f) observés sous microscope optique (Original, 2017)

**-*Syphacia stroma* et *syphacia frederici***

Les espèces de *Syphacia stroma* et *S. frederici* ont été identifiées principalement en se basant sur la description de Stewart et al. (2017). Les individus de *S. stroma* ont été récoltés au niveau du duodénum et de l'intestin grêle et les individus de *S. frederici* ont été prélevés dans

le caecum d'*A. sylvaticus*. Les principales caractéristiques qui nous ont permis de distinguer *S. stroma* de *S. frederici* sont le microhabitat, la taille des adultes et des œufs (nettement grands chez *S. stroma*) et la forme des extrémités postérieures (plus épaisses et droites chez *S. stroma*). Dans la figure 40 sont portées les différentes photos originales prises de *S. Stroma* : des femelles adultes avec des œufs (Fig. 40b, c). Les extrémités postérieures et antérieures (Fig. 40e, f) et des œufs (Fig. 40d).

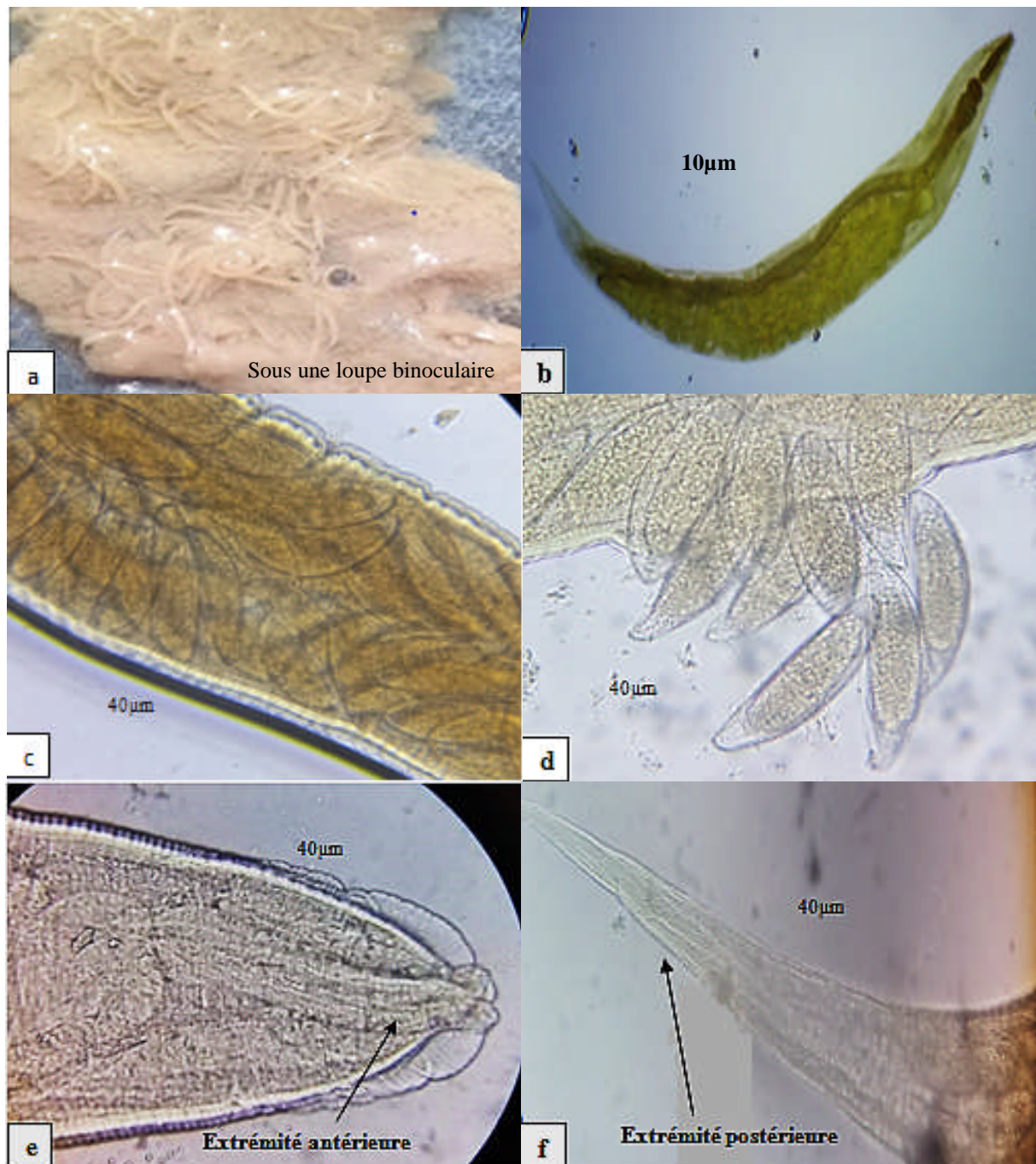
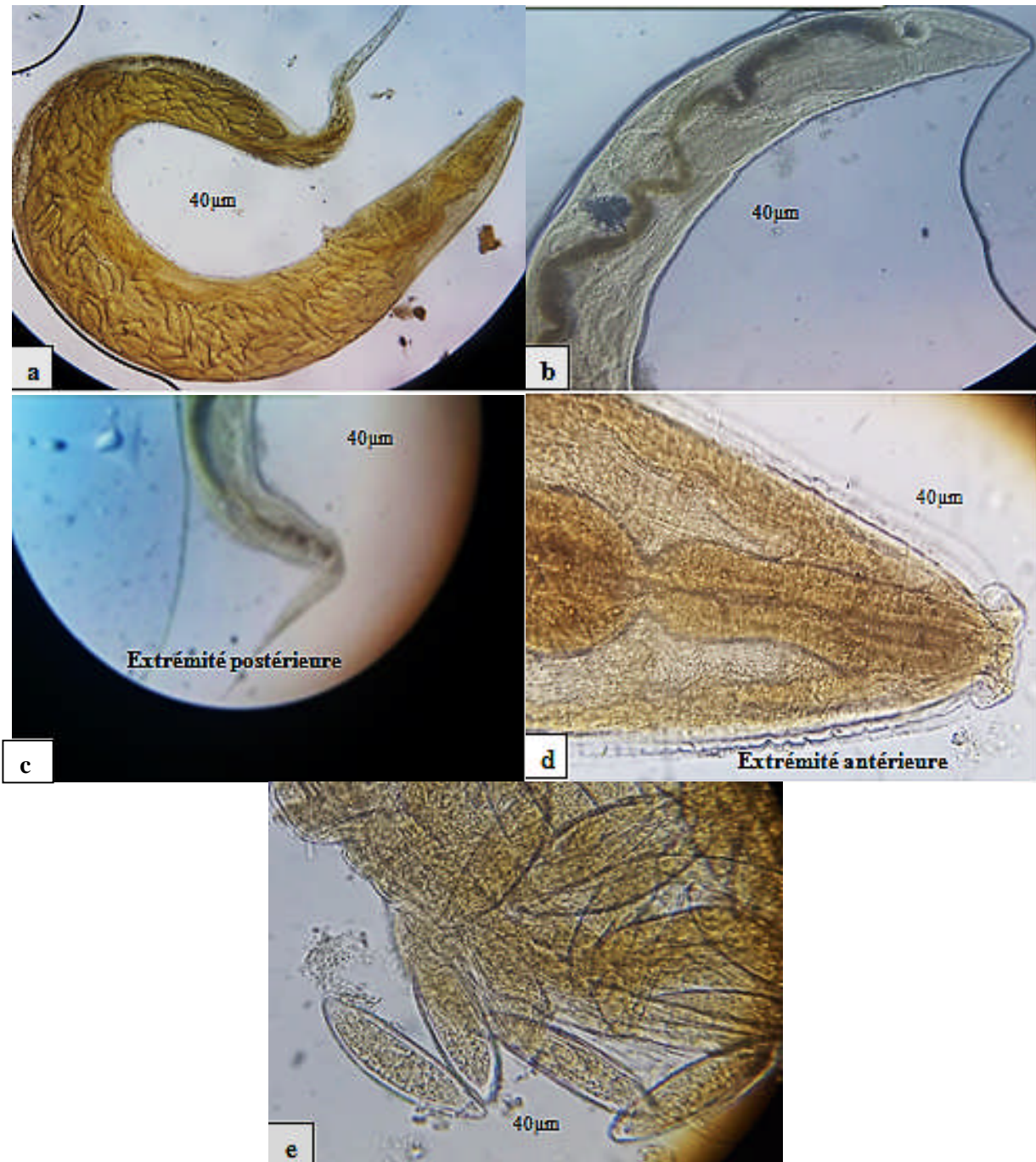


Figure 40: *Syphacia stroma* (Originale, 2017)

Les photos prises de *S. frederici* sont portées dans la figure 41. Des femelles adultes avec des œufs (Fig. 41 a), l'extrémité postérieure (Fig.41 c) et l'extrémité antérieure (Fig. 41 b,d) et des œufs (Fig. 41 e).



**Figure 41:***Syphacia frederici* (Originale, 2017)

- *Rictularia* sp.

La détermination spécifique des espèces de ce genre est basée sur la morphologie de la capsule buccale et de la taille des œufs (Dollfus et Desportes, 1945 ; Bernard, 1963) Initialement notre espèce a été identifiée comme étant *Rictularia proni* (par le Dr Alexis Ribas de l'université de barcelone) mais comme on devait s'assurer qu'il s'agit bien de cette espèce d'autres individus devaient être analysés et de ce fait on a préféré laisser *Rictularia* sp.

Les individus de *Rictularia* sp. (Fig. 42) ont été récoltés au niveau de l'estomac, duodénum et intestin grêle d'*A. sylvaticus*.



**Figure 42:** *Rictularia* sp. chez *Apodemus sylvaticus* et *Lemniscomys barbarus* sous une loupe binoculaire (Originale, 2017)

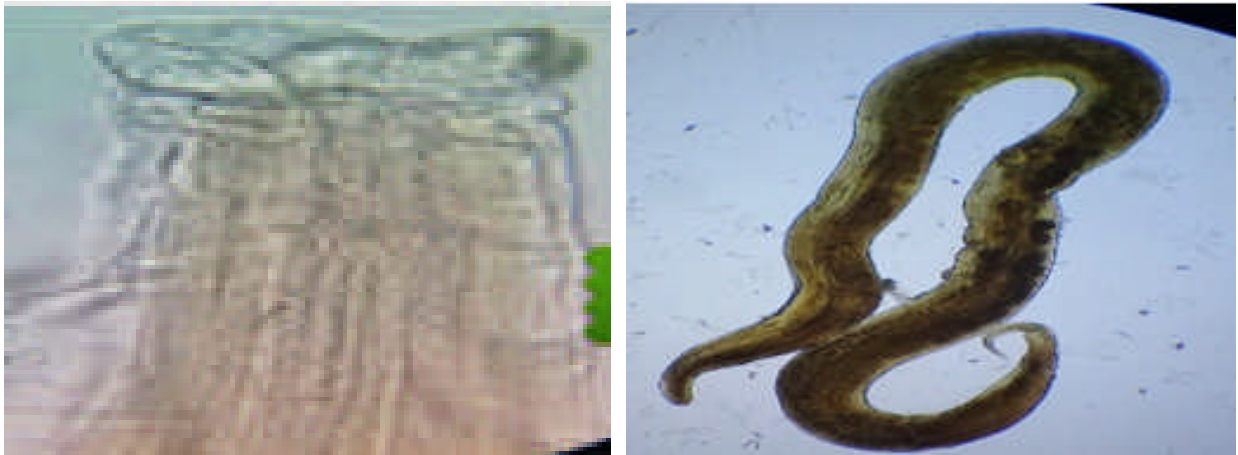
- Nematoda sp1 ind. et Nematoda sp 2ind.

Deux espèces de nématodes (Fig. 43 et Fig.44) ont été trouvées au niveau de l'intestin grêle de *R. norvegicus* dont l'identification spécifique n'a pas été confirmée



**Figure 43** : Nematoda sp1 ind. chez *Rattus norvegicus* (Originale, 2017)





**Figure 44** : Nematoda sp2 ind. chez *Rattus norvegicus* (Originale, 2017)

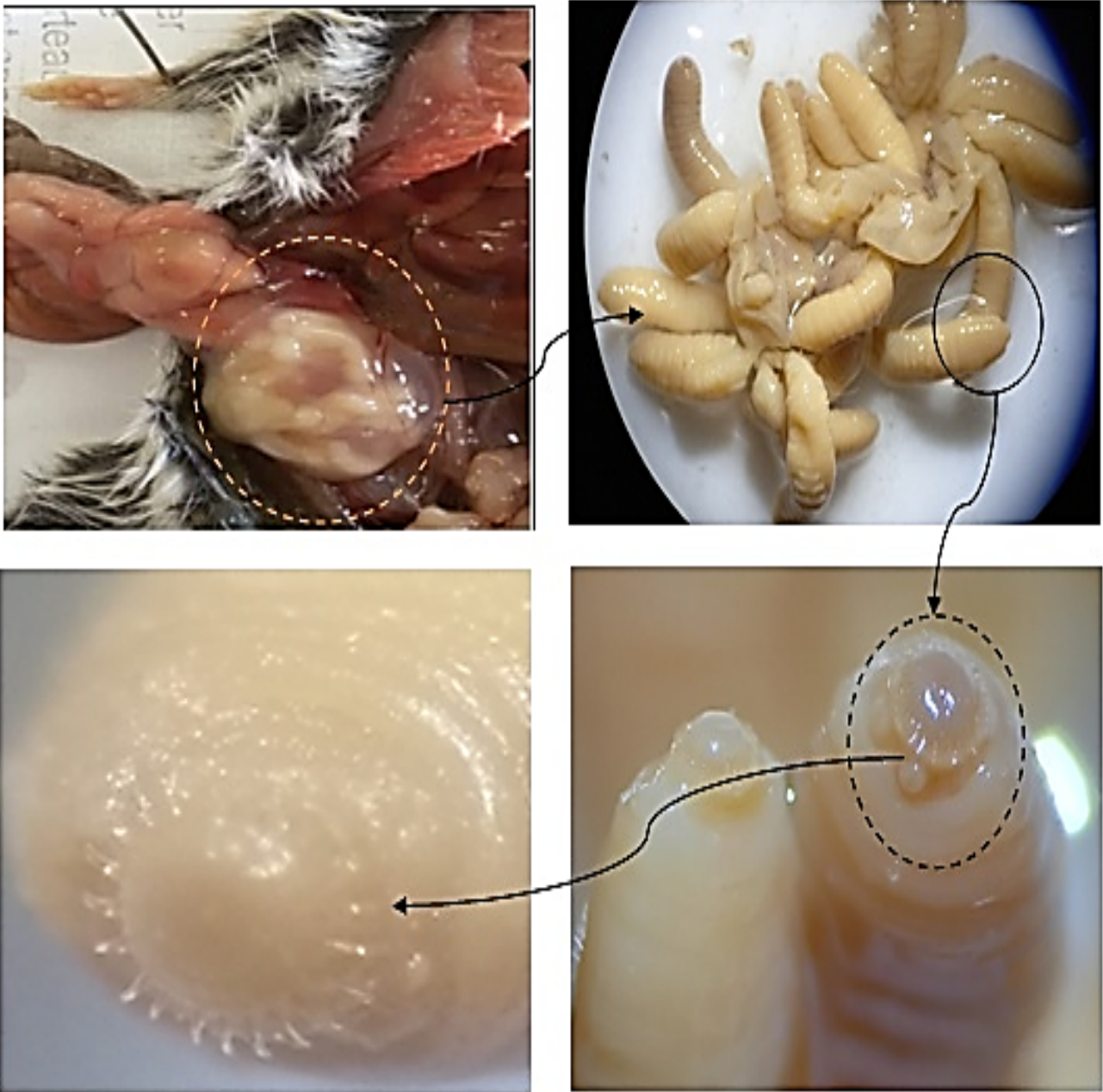
### 8.2.2. Cestodes

Les cestodes sont des vers plats qui se caractérisent par la présence de rostre et de crochets, organes spécialisés qui leur permettent de se fixer aux tissus de l'hôte. Les cestodes sont hermaphrodites et ne possédant pas de tube digestif ce qu'il les a obligé a s'adapter au mode vie parasitaire. Les adultes parasitent le tube digestif des vertébrés (Combes, 2001).

Dans le cas de notre étude nous avons identifiés *Hydatigera parva larvae* et une espèce d'hyménolepidae (*Hymenolepis* sp.).

#### **-*Hydategira parva larvae***

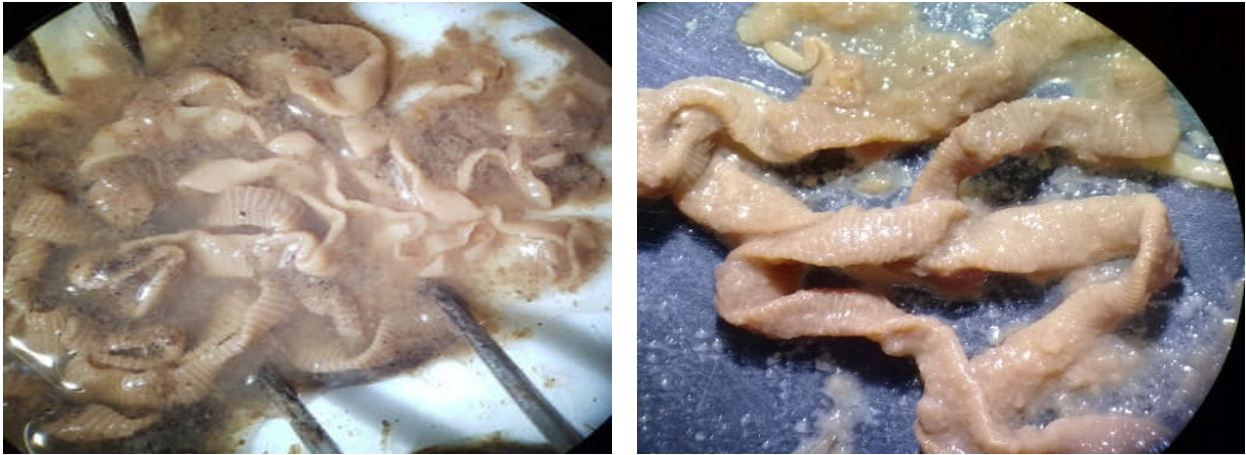
Dans notre étude, des larves polycéphales enkystées d'*Hydategira parva larvae* ont été retrouvées dans la cavité abdominale d'*A. sylvaticus* et le nombre de kyste par hôte était de 1. Chaque kyste était recouvert d'une fine membrane semi- transparente. Le nombre de larve variait de 22 à 27 larves par kyste (Fig.45)



**Figure 45:** *Hydatigera parva* larvae identifiée chez *Apodemus sylvaticus* observée sous une loupe binoculaire (Originale, 2017)

**-*Hymenolepis* sp.**

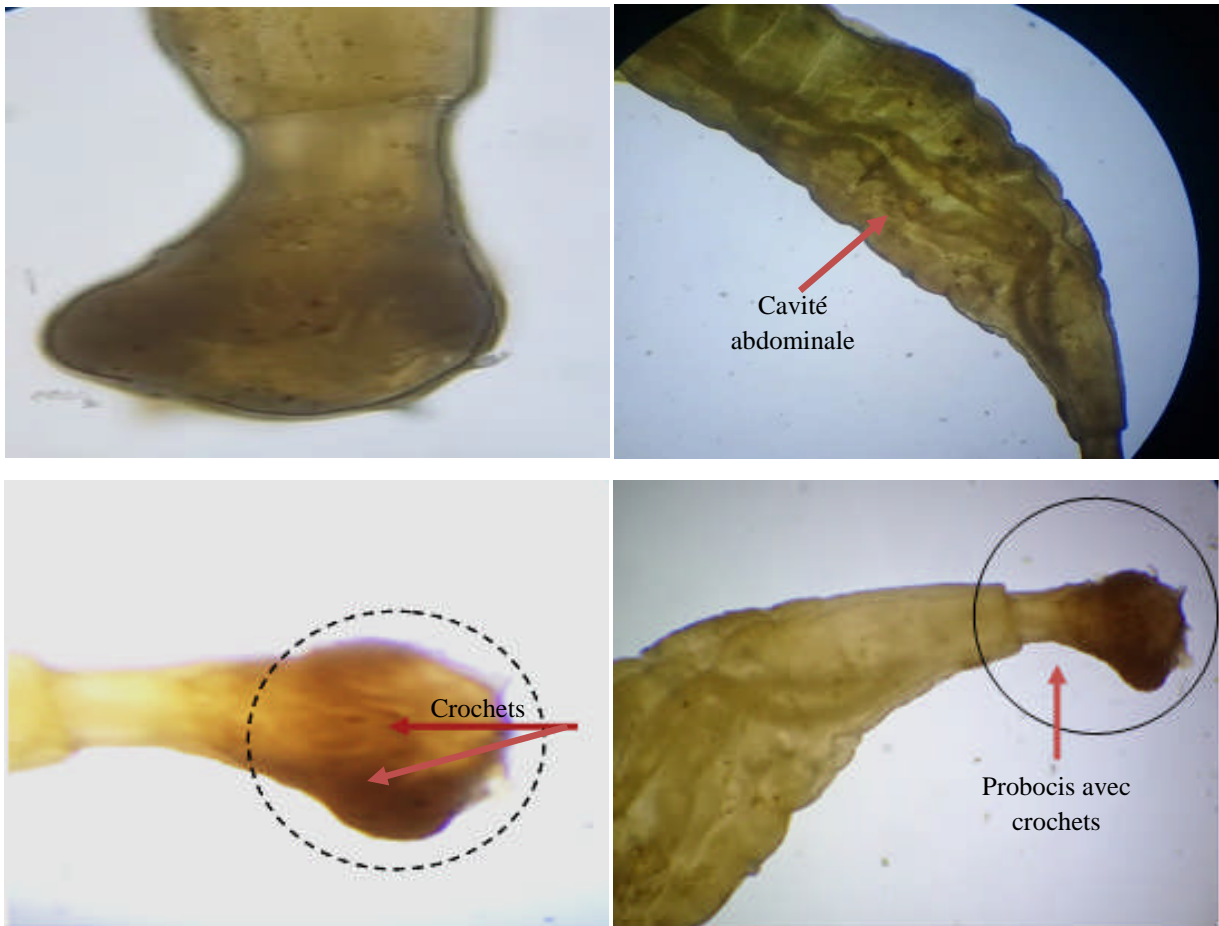
Pour cette espèce l'identification spécifique n'a pas pu se faire. Il faut plus d'individus pour déterminer de quelle espèce s'agit-il exactement.



**Figure 46:** *Hymenolepis* sp. Prélevés chez *Apodemus sylvaticus* et *Rattus norvegicus*

(Originale, 2017)

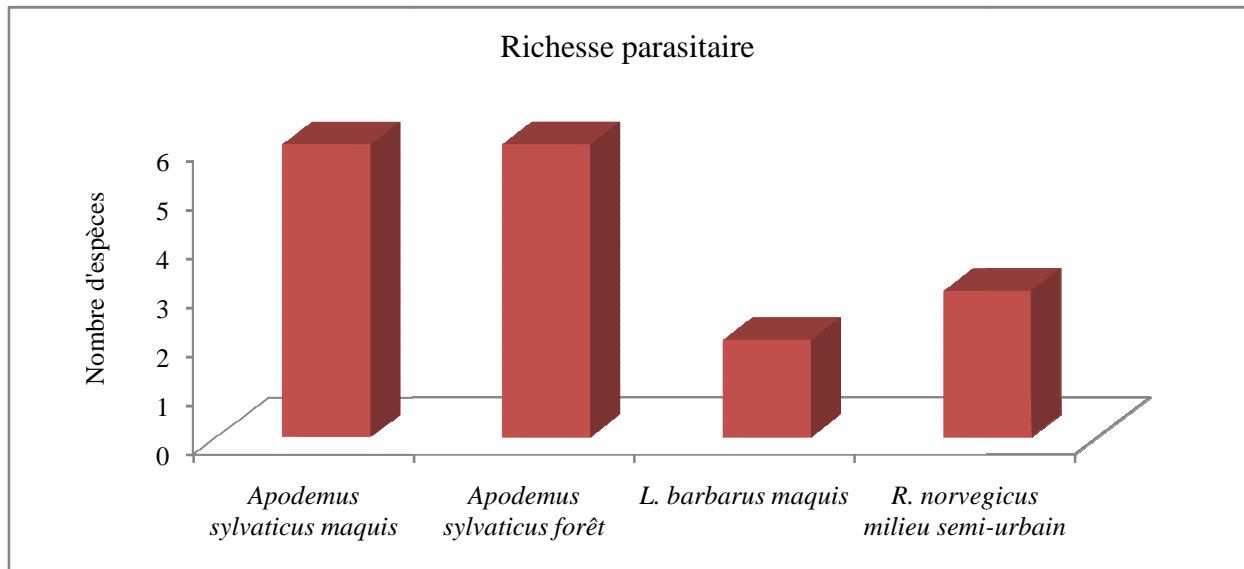
Un acanthocéphale (*Moniliformi moniliformis*) a été prélevé chez la musaraigne musette *Crocidura russula* (Fig.47). Les photos ont été prises sous microscope optique au grossissement 40.



**Figure 47:** Acanthocéphale collecté chez *Crocidura russula* (Originale, 2017)

### 8.3. Richesse parasitaire

Dans la figure 48 sont illustrés les résultats de la richesse parasitaire des différentes espèces de rongeurs capturées



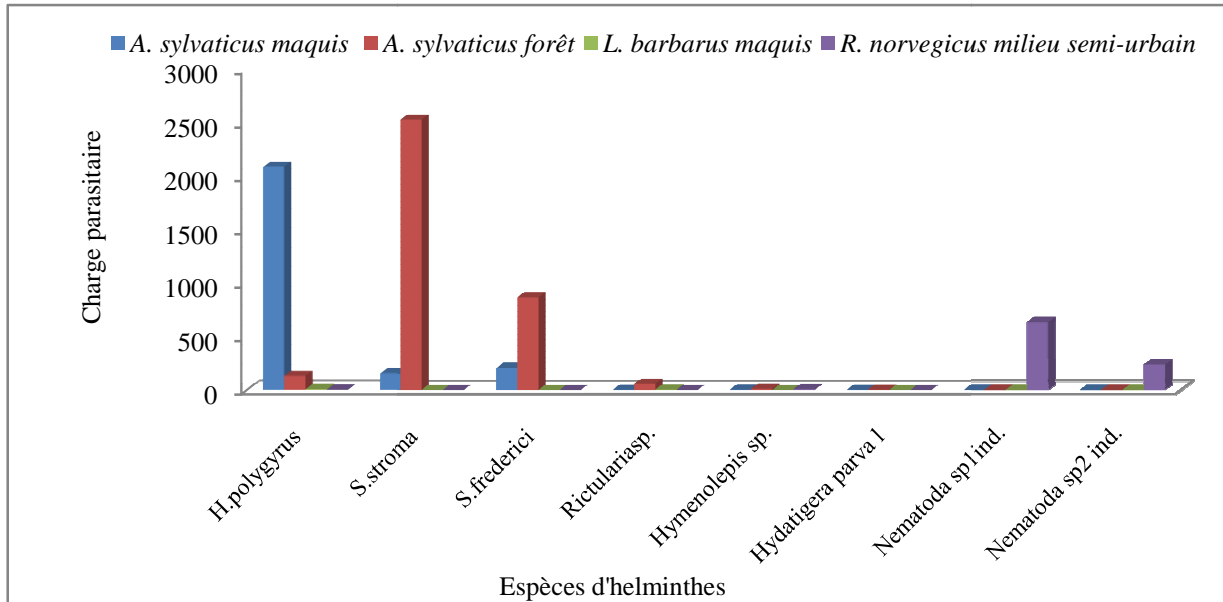
**Figure 48 :** Diagramme de la richesse parasitaire selon les espèces de rongeurs étudiées

La richesse parasitaire en helminthes est assez variée en fonction des espèces de rongeurs étudiées. Elle passe de deux espèces chez *Lemniscomys barbarus* à 6 espèces chez *Apodemus sylvaticus*. Globalement 8 espèces d'helminthes parasites ont été récoltées avec 6 espèces de nématodes et 2 espèces de cestodes. Aucun trématode n'a été rencontré au cours de cette étude chez les rongeurs étudiés

Chez *A. sylvaticus* (maquis et forêt) 4 espèces de nématodes et 2 espèces de cestodes ont été identifiées : *Heligmosomoides polygyrus* (duodénum et intestin grêle), *Syphacia stroma* (duodénum et intestin grêle), *Syphacia frederici* (gros intestin et cæcum) et *Rictularia* sp. (estomac, duodénum et intestin grêle) *Hymenolepis* sp. (cavité abdominale) et *Hydatigera parva* larvae (cavité abdominale). Chez *L. barbarus*, la richesse parasitaire est faible avec seulement 2 espèces de nématodes prélevées : *Heligmosomoides polygyrus* (intestin grêle) et *Rictularia* sp. (duodénum). Chez *R. norvegicus*, 2 nématodes initialement nommés: Nematoda sp1 ind. et Nematoda sp2 ind. (en attente de confirmation de l'identification) et 1 cestode *Hymenolepis* sp. ont été prélevés.

#### 8.4. Charge parasitaire totale en fonction des espèces de rongeurs

La figure 49 ci-dessus représente le nombre de parasites en fonction des espèces de rongeurs capturés au niveau des trois milieux d'étude.



**Figure 49 :** Charge parasitaire totale en fonction des espèces de rongeurs capturées dans les différents milieux d'étude

D'une manière générale et pour toutes les espèces étudiées, les nématodes sont mieux représentés par rapport aux cestodes. Sur les 220 rongeurs capturés au niveau des trois stations d'étude, 6944 helminthes parasites ont été récoltés. Les nématodes représentent une prévalence totale de 55,90% et les cestodes représentent seulement une prévalence de 9,56%.

Pour *A. sylvaticus* capturé en maquis, 2454 helminthes ont été identifiés avec 156 pour *S. stroma*, 203 pour *S. frederici*, 2086 pour *H. polygyrus*, 3 pour *Rictularia* sp, 4 pour *Hymenolepis* sp. et enfin 2 pour *Hydatigera parva* larvae.

Pour *A. sylvaticus* piégé en forêt, 3605 helminthes parasites ont été récupérés avec 2533 pour *S. stroma*, 868 pour *S. frederici*, 130 pour *H. polygyrus*, 60 *Rictularia* sp, 11 pour *Hymenolepis* sp. et enfin 3 pour *Hydatigera parva* larvae.

Pour *L. barbarus*, le nombre d'helminthes parasites est sensiblement faible par rapport aux espèces de rongeurs précédentes avec seulement 9 individus de nématodes et aucun cestode n'a été trouvé chez ce rongeur.

Pour *R. norvegicus* capturés au milieu urbain, le nombre de parasites trouvés est de 876 avec 634 pour Nematoda sp1 ind. et 234 pour Nematoda sp2 ind. et 8 *Hymenolepis* sp.

### **8.5. Prévalences et intensités en helminthes parasites des différentes espèces de rongeurs**

Les principaux résultats concernant la prévalence et l'intensité moyenne des helminthes parasites des différentes espèces de rongeurs sont représentés dans le tableau 9.

Sur les 83 individus d'*A. sylvaticus* capturés en maquis, 57 (68,67%) ont été infestés par différentes espèces d'helminthes. Le nématode *H. polygyrus* est l'espèce la mieux représentée avec la plus forte prévalence (62,65%). Les autres espèces représentent de faibles prévalences qui varient entre 2,40% pour *Rictularia* sp. et 10,84% pour *S. stroma*. En terme d'intensité moyenne, *S. frederici* et *H. polygyrus* ont des valeurs relativement élevées par rapport aux autres espèces avec respectivement 40,6 parasites/ hôte et 40,11 parasites par hôte. Les cestodes sont faiblement représentés avec seulement une prévalence de 7,22%.

Seulement 3 individus appartenant à *L. barbarus* ont été infesté par 2 espèces de nématodes (*H. polygyrus* et *Rictularia* sp.) et les taux d'infestations sont très faibles ne dépassant pas les 5%. Aucun cestode n'a été identifié chez *L. barbarus*.

En forêt 57 individus sur les 70 individus capturés (81,43 %) ont été parasités par les différentes espèces d'helminthes. La charge parasitaire totale est relativement élevée dont *S. stroma* est l'espèce la mieux représentée ayant la plus forte prévalence et intensité moyenne (57,14% ; 63,32 parasites/ hôte) suivis par *S. frederici* avec une prévalence de 45,71 % et une intensité moyenne de 27,12 parasites/ hôte. Vingt-neuf mulots ont été infectés par *H. polygyrus* (41,42%) avec une intensité moyenne de 4,48 parasites/ hôte.

Sur les 27 individus de *R. norvegicus*, 7 uniquement ont été porteurs de parasites intestinaux représentant un taux d'environ 26%. Les deux espèces Nematoda sp1 ind. et Nematoda sp2 ind. ont la même prévalence qui est de 25% mais avec une intensité moyenne largement élevée chez le Nematoda sp1 ind. (90,57 parasites/ hôte) par rapport à Nematoda sp2 ind. (33,42 parasites/ hôte).

Tableau 9 : Prévalence et intensité moyenne des helminthes des rongeurs capturés

Milieux		Forêt			Maquis			Milieu semi-urbain					
Rongeurs		<i>A. sylvaticus</i>			<i>A. sylvaticus</i>			<i>L. barbarous</i>			<i>R. norvegicus</i>		
Espèces d'helminthes	Total	N	P (%)	IM	N	P (%)	IM	N	P (%)	IM	N	P (%)	IM
		<p><b>Nematodes</b></p> <p><b>Micro habitat</b></p> <p><i>S. stroma</i> <b>Duodenum, intestin grêle</b> 40 57,14 63,32 9 10,84 17,33 0 0 0 0 0 0 0</p> <p><i>S. frederici</i> <b>Gros intestin et caecum</b> 32 45,71 27,12 5 6,02 40,6 0 0 0 0 0 0 0</p> <p><i>H. polygyrus</i> <b>Duodenum, intestin grêle</b> 29 41,42 4,48 52 62,65 40,11 2 5 2,5 0 0 0 0</p> <p><i>Rictularia</i> sp. <b>Estomac, intestin grêle et gros intestin</b> 14 20 4,28 2 2,40 1,5 1 2,5 4 0 0 0 0</p> <p>Nematoda sp1 ind. <b>Intestin grêle</b> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 7 25,93 90,57</p> <p>Nematoda sp2 ind. <b>Intestin grêle</b> 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 7 25 33,42</p> <p><b>Cestodes</b></p> <p><b>Micro habitat</b></p> <p><i>Hymenolepis</i> sp. <b>Cavité abdominale</b> 8 11,43 1,37 4 4,82 1 0 0 0 4 14,81 2</p> <p><i>Hydatigera parva</i> l. <b>Cavité abdominale</b> 3 4,28 1 2 2,40 1,5 0 0 0 0 0 0</p>											

**P** : prévalence % **IM** : intensité moyenne **N** : nombre d'individus infestés

### 8.6. Variation du nombre d'espèces parasites par hôte

Les résultats sont portés dans le tableau 10

Pour *A. sylvaticus* au niveau du maquis, aucun animal ne s'est avéré être infecté par toutes les espèces d'helminthes à la fois. Cependant, le nombre d'espèces d'helminthes identifiées variait entre les mulots comme suit : 26 mulots n'étaient pas infectés, 43 mulots hébergeaient une seule espèce d'helminthe, 11 mulots étaient infectés par deux espèces d'helminthe, et seulement 3 mulots ont été infectés avec 4 espèces d'helminthes à la fois. Le nombre de parasites par hôte variait pour chaque espèce de 0 à 183 pour *H. polygyrus*, 0 à 120 pour *S. frederici*, de 0- 120 *S. stroma*. Le nombre de parasites par individu est très faible pour le nématode *Rictularia* sp. (0- 2) et les cestodes *Hmenolepis* sp. (0-1) et *Hydatigera parva* l. (0-1).

Pour *A. sylvaticus* au niveau de forêt de Mizrana, de même qu'au niveau du maquis aucun mulot ne portait toutes les espèces à la fois. Cependant, le nombre d'espèces d'helminthes identifiées variait entre les mulots comme suit : 14 mulots n'étaient pas infectés, 14 mulots hébergeaient une seule espèce d'helminthe, 21 mulots étaient infectés par deux espèces d'helminthe, 15 individus ont été infectés par trois espèces et 6 individus ont été infectés avec 4 espèces d'helminthes. Le nombre de parasites par hôte variait pour chaque espèce de 0 à 547 pour *S. stroma*, 0- 126 pour *S. frederici*, 0- 26 pour *H. polygyrus*, et de 0-29 pour *Rictularia* sp. Le nombre de parasites par individu est très faible pour les cestodes *Hymenolepis* sp. (0-2) et *Hydatigera parva* l. (0-1).

Sur les 3 individus parasités de *L. barbarus*, deux individus étaient infectés par *H. polygyrus* dont le nombre de parasites varie de 0 à 4 et un individu avec *Rictularia* sp.

Pour le *R. norvegicus*, 4 rats ont été infectés par les trois types d'helminthes. Les 7 rats infectés portaient les deux espèces de nématodes avec un nombre d'individus qui varie entre 45 et 120 pour Nematoda sp1 ind. et entre 4 et 85 pour Nematoda sp2 ind. 4 rats ont été infectés par le cestode *Hymenolepis* sp. (1 à 2 individus par rat).

D'après les résultats obtenus nous pouvons conclure que les taux d'infestation d'*Apodemus sylvaticus* sont plus élevés que ceux de *L. barbarus* et *R. norvegicus*.

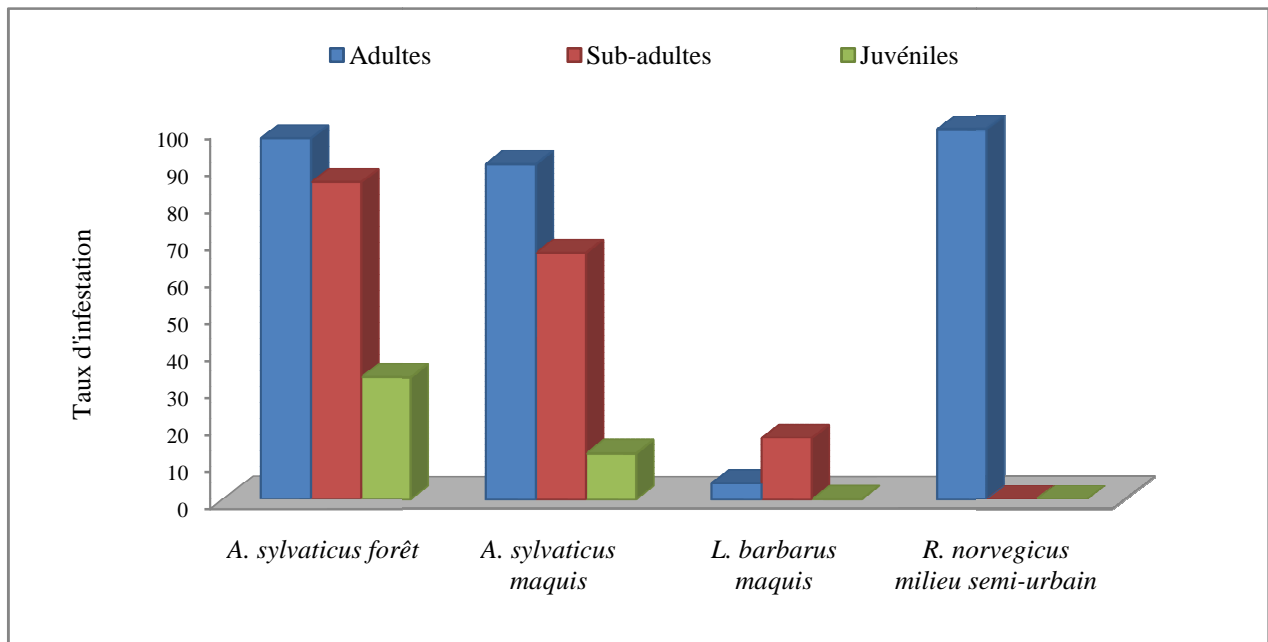
**Tableau 10:** Nombre d'espèces par hôte et nombre de parasites par espèce pour les différents rongeurs étudiés

Nombre d'espèces/hôte	<i>A. sylvaticus</i> maquis	<i>A. sylvaticus</i> forêt	<i>L. barbarus</i>	<i>R. norvegicus</i>
<b>0 espèce</b>	26	14	37	20
<b>1 espèce</b>	43	14	3	0
<b>2 espèces</b>	11	21	0	3
<b>3 espèces</b>	0	15	0	4
<b>4 espèces</b>	3	6	0	0
Espèces parasites	<b>N de parasites</b>	<b>N de parasites</b>	<b>N de parasites</b>	<b>N de parasites</b>
<i>S. stroma</i>	0 – 120	0 – 547	0	0
<i>S. frederici</i>	0 – 120	0 – 126	0	0
<i>H. polygyrus</i>	0 – 183	0 – 26	0 – 4	0
<i>Rictularia</i> sp.	0 – 2	0 – 29	0 – 5	0
<b>Nematoda sp.1 ind.</b>	0	0	0	0 – 120
<b>Nematoda sp.2 ind.</b>	0	0	0	0 – 85
<i>Hymenolepis</i> sp.	0 – 1	0 – 2	0	0 – 2
<i>Hydategiraparva l.</i>	0 – 1	0 – 1	0	0

### 8.7. Prévalence des helminthes parasites en fonction de l'âge, sexe et saisons pour les différentes espèces de rongeurs capturées

#### a. En fonction de l'âge de l'hôte

La figure 50 montre les variations des taux d'infestations parasitaires en fonction de l'âge pour les espèces de rongeurs capturées dans les différents milieux d'étude.



**Figure 50** : Prévalences d’helminthes parasites en fonction de l’âge pour les différentes espèces de rongeurs capturées en Kabylie du Djurdjura

Chez les trois espèces, les adultes présentent des taux d’infestations élevés par rapport aux sub-adultes et aux juvéniles.

Pour *A. sylvaticus* en forêt, un total de 2883 parasites appartenant aux six espèces d’helminthes ont été identifiés chez les adultes, représentant la prévalence la plus élevée avec 97,56% et une intensité moyenne de 72,07 parasites/ adulte. Les Oxyuridae sont les mieux représentés avec *S. stroma* (2172 parasites). Les sub- adultes viennent après avec seulement 672 parasites, une prévalence de 85,71% et une intensité moyenne de 56 parasites/ sub-adulte. Une faible prévalence a été notée chez les juvéniles avec 33% et une intensité moyenne de 10 parasites/ juvénile. Le test de Krûskal-Wallis ( $Z= 1,22$  à  $p<0.00$ ) a révélé une différence hautement significative dans l’infestation par les parasites des différentes classes d’âge du mulot sylvestre dans la forêt de Mizrana.

Des résultats similaires, de l’effet de l’âge, ont été notés pour *A. sylvaticus* au niveau du maquis avec 1884 helminthes chez les adultes, une prévalence de 90,72% et une intensité moyenne de 48,30 helminthes/ adulte avec un nombre important de *H. polygyrus* (1607 parasites). Les sub-adultes viennent en deuxième place avec seulement 557 helminthes identifiés avec une prévalence de 66,66% et une intensité moyenne de 34,81 parasites/ sub-

adulte. Les juvéniles représente la plus faible prévalence avec 12,5% où 13 parasites seulement ont été identifiés.

Pour *L. barbarus*, les deux individus infectés par *H. polygyrus* sont des sub-adultes et celui infecté par *Rictularia* sp. est un adulte. Nous ne pouvons pas tirer une conclusion satisfaisante pour cette espèce puisque le nombre d'individus parasité est faible.

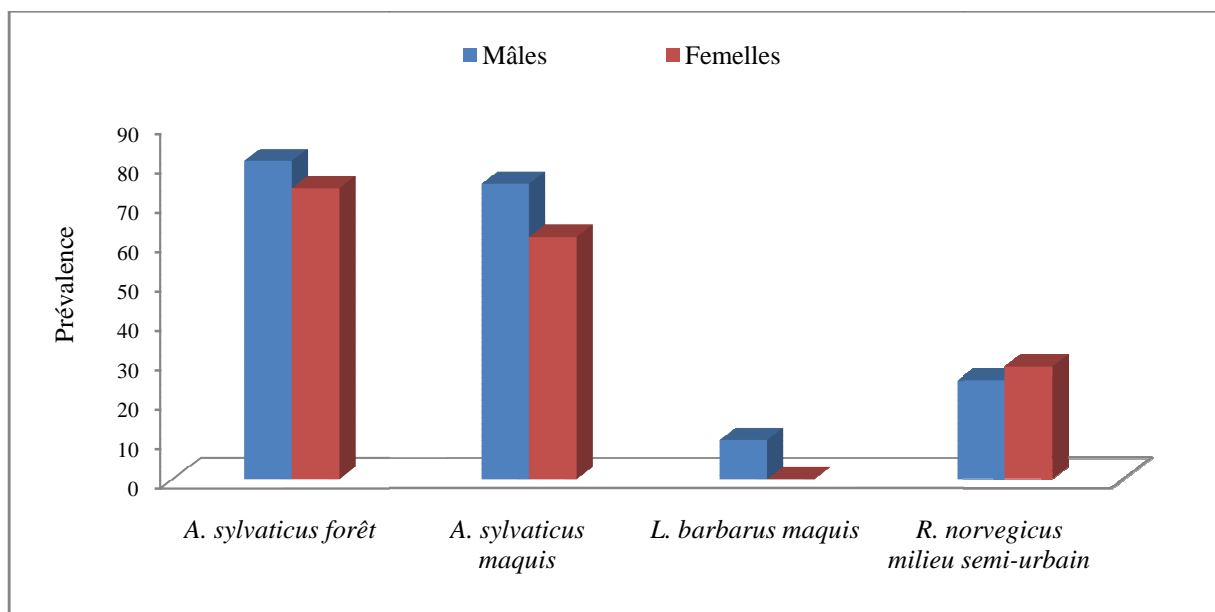
Chez *R. norvegicus*, seuls les adultes ont été infectés par les helminthes. Aucun helminth n'a été détecté chez les sub- adultes et les juvéniles bien qu'ils soient les plus piégés.

Les cestodes ont été identifiés uniquement chez les adultes pour toutes les espèces.

L'infestation par les parasites, selon les classes d'âges, est statistiquement significative pour toutes les espèces de rongeurs. Nous pouvons dire que la charge en parasites augmente significativement avec l'âge de l'hôte.

### b. En fonction du sexe de l'hôte

Selon le sexe de l'hôte, il n'y a pas de différences prononcées et les variations des taux d'infestations ne sont pas vraiment différents entre les mâles et les femelles de la même espèce comme le montre la figure ci-dessus.



**Figure 51:**Prévalence des helminthes parasites en fonction du sexe pour les différentes espèces de rongeurs capturées en Kabylie du Djurdjura

Les prévalences d'infestations varient légèrement entre les mâles et les femelles de chaque espèce. Le test du Khi2 ne révèle pas de différence significative entre mâle et femelle dans le taux d'infestation.

Pour *A. sylvaticus* capturé en forêt, 2542 helminthes ont été identifiés chez les mâles représentant une prévalence de 80,85 % et 1063 parasites chez les femelles avec une prévalence de 73,91%.

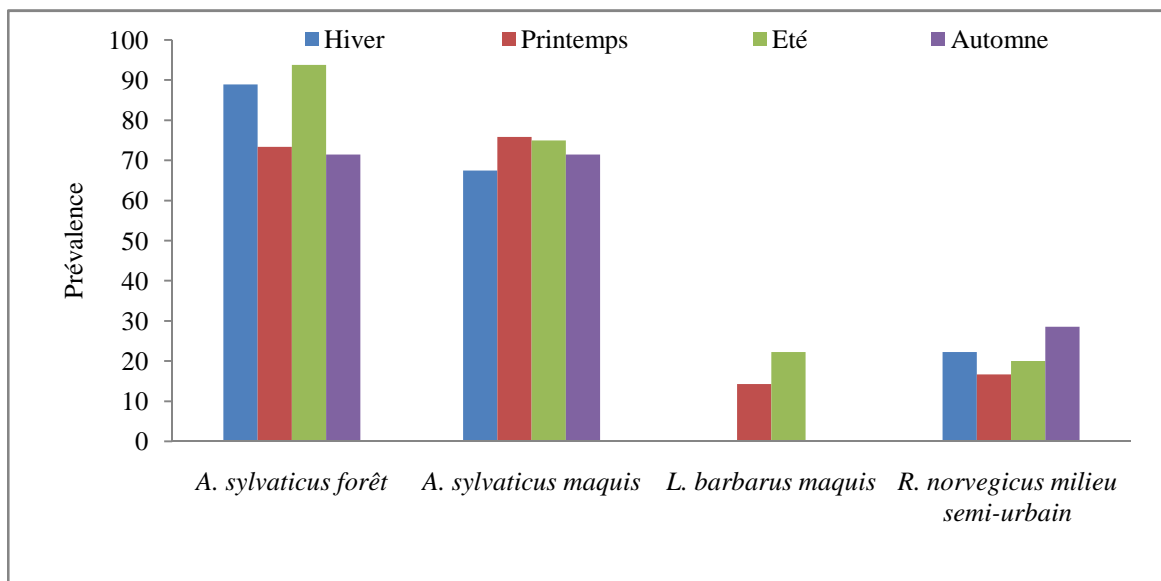
Au niveau du maquis, 1597 parasites ont été identifié chez les mâles d'*A. sylvaticus* avec une prévalence de 75% et 857 chez les femelles avec une prévalence de 61,53%.

Seulement 3 mâles sur 30 de *L. barbarus*, capturé au maquis, ont été infecté ce qui donne une prévalence d'infestation très faible (10%). Aucun cas d'infestation n'a été enregistré chez les femelles de cette espèce.

Pour *Rattus norvegicus*, 636 helminthes ont été identifiés chez les mâles avec une prévalence de 25% et 240 parasites identifiés chez les femelles représentant une prévalence de 28,57%.

### c. En fonction des saisons

Les résultats des taux d'infestation en fonction des saisons sont présentés dans la figure 52.



**Figure 52 :** Prévalence des helminthes parasites en fonction des saisons pour les différentes espèces de rongeurs capturées en Kabylie du Djurdjura.

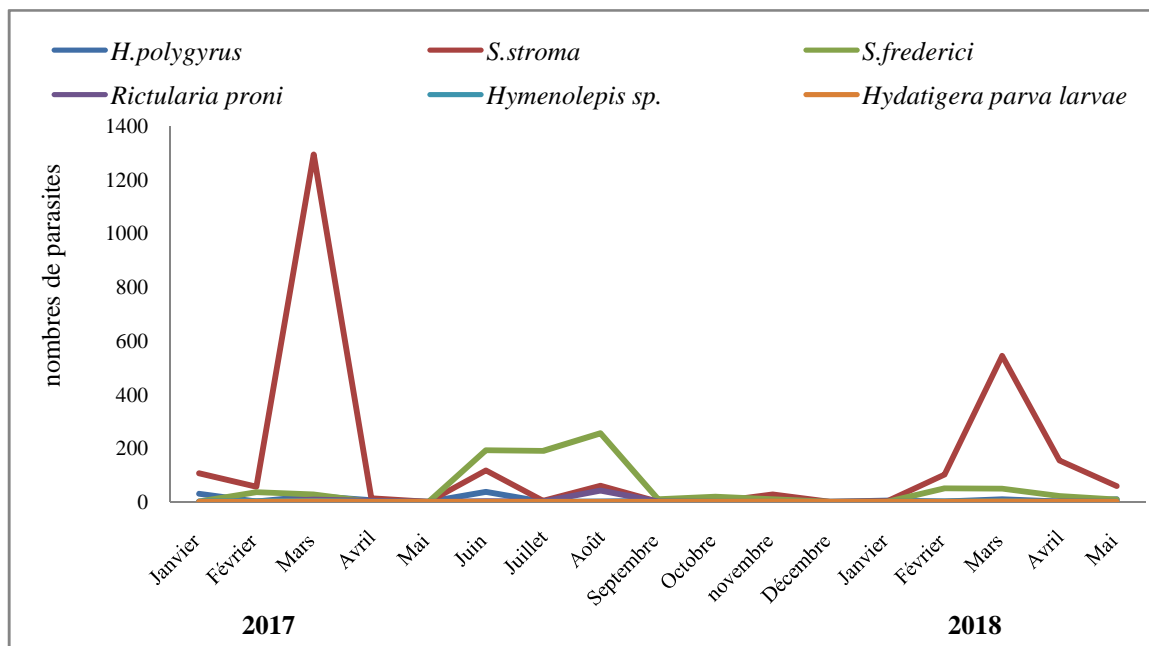
Pour *A. sylvaticus* capturé en forêt, la prévalence en été est très élevée 93,75% par rapport aux autres saisons avec 88,89% en hiver, 73,33% au printemps et 71,43% en automne mais statistiquement cette différence n'est pas significative.

Pour *A. sylvaticus* capturé au maquis, la prévalence d'infestation est un peu faible en hiver (67,45%) par rapport aux autres saisons ; avec des prévalences plus élevées au printemps (75,86%), en été (75%) et en automne (71,42%). Le test de Kruskal-Wallis n'est pas significatif.

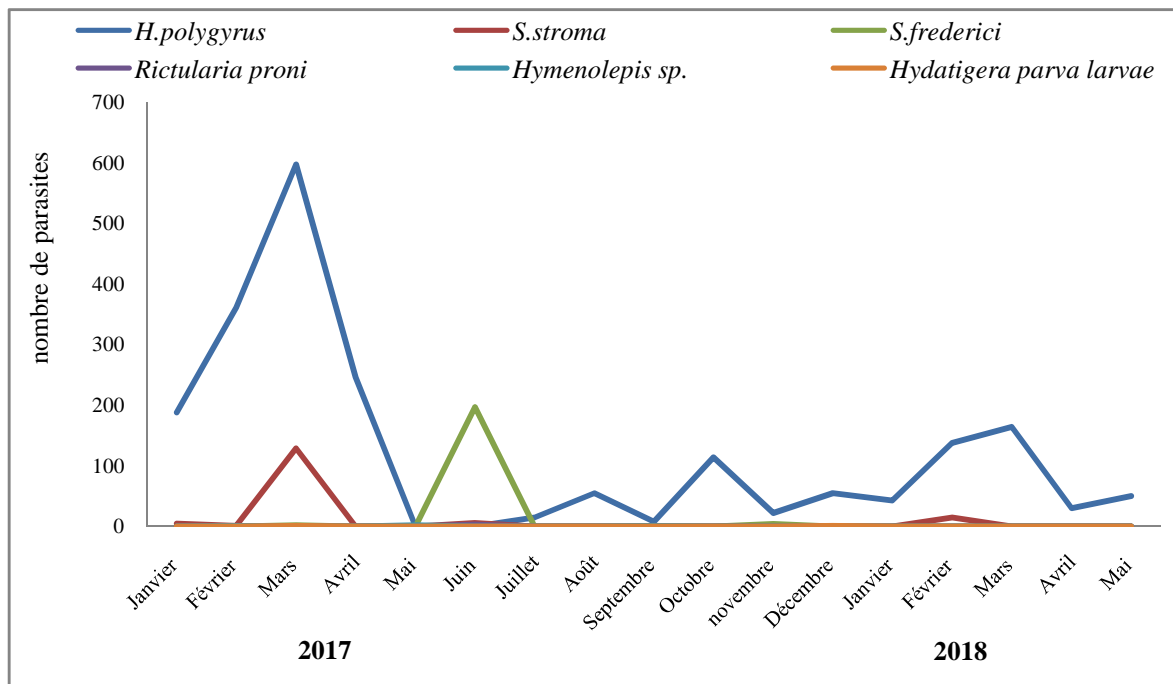
*L. barbarus* et *R. norvegicus* présentent peu de variations des infestations pendant toutes les saisons. Nous pouvons conclure qu'en fonction des saisons, les taux d'infestation ne présentent pas de différences significatives et les rongeurs peuvent être infestés de la même manière au cours de l'année.

### 8.8. Evolution des espèces d'helminthes parasites d'*Apodemus sylvaticus* au niveau du maquis et de la forêt

Cependant l'évolution des espèces parasites et de la charge parasitaire d'*A. sylvaticus* au niveau du maquis (Boudjima) et de la forêt (Mizrana) montrent certaines variations en fonction des mois. Ces variations sont portées dans les figures (53) et (54)



**Figure 53 :** variations mensuelles du nombre d'helminthes parasites d'*A. sylvaticus* au niveau du maquis (Boudjima)



**Figure 54:** Variations mensuelles du nombre d’helminthes parasites d’*A. sylvaticus* au niveau de la forêt (Mizrana)

D’après les deux figures 53 et 54, le nombre d’helminthes parasites varient grandement d’un mois à l’autre. Bien qu’en fonction des saisons y’avait pas de différences significatives de l’infestation d’*A. sylvaticus* au niveau des deux milieux, des différences en fonction des espèces d’helminthes ont été enregistrées et les taux les plus élevés ont été notés en mars (printemps) notamment pour les nématodes *H. polygyrus* et *S. stroma* qui sont les mieux représentées.

Au niveau du maquis c’est *H. polygyrus* qui domine avec 2086 individus identifiés représentant une abondance de plus de 85% du total des parasites identifiés au chez le mulot au niveau de ce milieu. Les autres espèces sont faiblement représentées avec des taux qui varient entre 0,001 pour le cestode *Hydatigera parva larvae* et 8,27% chez le nématode *S. frederici*.

Au niveau de la forêt c’est *S. stroma* qui représente l’abondance la plus élevée (70,26%) parmi les espèces parasites trouvées avec 2533 individus. Les autres espèces de nématodes ont été représentées avec des taux relativement faibles en fonctions des mois. De même, les cestodes ont été rarement identifiés au niveau des deux milieux.

Il faut noter que le Spiruride *Rictularia* sp. a été essentiellement identifié en été bien chez *A. sylvaticus* au niveau des deux milieux (maquis et forêt). Cette espèce est absente ou moins présente pendant le reste des mois d'étude.

## **Chapitre IV: Discussion des résultats**

Les résultats obtenus, dans le cadre de cette présente étude, notamment sur les paramètres démographiques, sur les mensurations biométriques et les parasites des espèces de muridés capturées en Kabylie du Djurdjura sont discutés dans ce chapitre.

### **1. Effort de l'échantillonnage**

Pour un même effort d'échantillonnage, le succès du piégeage obtenu est nettement plus faible au niveau de la forêt qu'au niveau du maquis où nous avons enregistré un succès de piégeage plus important. Au niveau de la Forêt de Mizrana, nous avons capturé une seule espèce de muridés alors qu'au niveau du maquis nous avons eu plusieurs espèces de rongeurs. Khammes (1998), a montré qu'*Apodemus sylvaticus* a été capturé au niveau de trois milieux en Kabylie du Djurdjura (forêt, maquis et milieu anthropisé) avec plus de succès au niveau du maquis comme dans le cas de la présente étude. Montgomery (1980) ; Jamon (1986) ont également trouvé que les densités maximales du mulot sylvestre sont observées en milieu forestier (jusqu'à 50 ind/ha) mais certaines valeurs extrêmes ont déjà été observées (100 ind/ha) lorsque le mulot n'entre pas en compétition avec d'autres espèces. La relation entre l'abondance du mulot sylvestre et le recouvrement en buisson a été déjà illustrée par plusieurs auteurs (Boitaniet *al.*, 1985; Fa et *al.*, 1992). Le mulot est associé au microhabitat dans lequel le pourcentage en recouvrement de la végétation basse est élevé ; c'est un facteur typique des maquis méditerranéens qui sont composés d'espèces buissonnantes ( Boitaniet *al.*, 1985).

D'autre part, le mulot sylvestre constitue une proie préférentielle de la genette commune *Genetta genetta* dans toute son aire de répartition en Kabylie (Malil, 2012; Amroun, 2013).

Cette espèce carnivore dont on a noté sa présence au niveau de la forêt de Mizrana peut influencer la densité et l'abondance de cette espèce dans ce milieu et indirectement le succès de piégeage.

Le faible effort d'échantillonnage enregistré au niveau du milieu semi-urbain s'explique par le nombre de pièges réduit posés près des habitations par rapport au nombre de pièges posés au niveau des autres milieux.

### **2. Phénologie des captures et sexe des rongeurs**

De manière générale, les rongeurs montrent souvent des fluctuations saisonnières et interannuelles relativement importantes, qui augmentent en présence des conditions climatiques favorables et diminuent pendant les périodes moins favorables. Ces conditions déterminent la présence et l'abondance des ressources alimentaires nécessaire à la survie de

ces petits mammifères (Nicolas et *al.*, 2003). Différentes espèces de rongeurs ont été capturées au niveau du maquis à Boudjima ce qui montre d'une part que ce milieu offre des conditions favorables à leur existence et d'autre part ces espèces peuvent bien cohabiter dans un même milieu.

Cependant le nombre d'individus capturés de chaque espèce varie au cours de la période d'étude, avec un maximum en hiver (décembre-février) et un minimum en été (juin-septembre) notamment pour *Apodemus sylvaticus* qui est le mieux représenté au niveau des différents milieux étudiés.

Il faut signaler que *A. sylvaticus* est la seule espèce capturée en forêt, la plus fréquente sur l'ensemble des captures et la plus régulièrement capturée au niveau du maquis. Cela serait essentiellement lié à la structure de la végétation et à la présence d'une couverture rocheuse. Khidas (1993) ; Khidas et *al.* (2002) ont mentionné que le mulot a été capturé presque dans tous les biotopes prospectés en Kabylie de Djurdjura mais principalement en forêt et en montagne. Selon ces auteurs, ce rongeur semble y rechercher en priorité des endroits aux structures hétérogènes avec présence de couvert végétal bas de type buisson, rochers et blocs. Le mulot utilise l'hétérogénéité de l'espace en fonction des disponibilités en ressources alimentaires (Angelstam et *al.*, 1987; Montgomery et *al.*, 1991). Ses préférences en termes d'habitat peuvent donc varier au cours de l'année (forêts, haies, milieux agricoles, friches herbacées...). Le mulot sylvestre peut également être rencontré dans les habitats largement anthropisés, même s'il est moins commensal que la souris domestique.

La souris sauvage, *M. spretus*, est la deuxième espèce abondante après le mulot sylvestre dans le maquis de Boudjima. De même, Khammes et *al.* (2006) ; Khidas et *al.* (2002) ont capturé *M. spretus* dans divers biotopes de la Kabylie de Djurdjura mais ils ont noté ses préférences pour les milieux perturbés. Fons et *al.* (1988), Khammes (1998) et Denys (2017b) rapportent que *M. spretus* est fréquente dans les zones découvertes où dominant généralement une strate herbacée dense et des cultures. Sa présence en forêt n'est pas fréquente et elle reste irrégulière dans le maquis. Selon Khidas (1998), les densités de la souris sont d'autant plus élevées que le milieu présente un faible recouvrement en ligneux, à l'inverse du mulot ; c'est le paramètre « ligneux hauts » qui déterminerait en premier lieu, et suivant une relation inverse, son abondance. L'hétérogénéité du milieu serait aussi un facteur important déterminant son abondance. La souris sauvage semble en outre peu sensible à l'anthropisation des milieux. C'est dans les zones cultivées que les densités de cette espèce sont toujours, d'après cet auteur, les plus élevées. La présence d'un maquis plus au moins dense et des zones

découvertes sont des conditions réunies qui expliquent bien la présence et la capture d'*A. sylvaticus* et *M. spretus* dans notre site d'étude.

Pour Orsini (1981), la souris sauvage est une espèce steppique à très faibles besoins hydriques. Elle fréquente les champs cultivés traditionnellement et les collines à végétation dégradée de la Provence. Tout de même, Souttou et *al.* (2012) ont capturé cette espèce, en faible effectif, dans une zone agricole dans une région des hauts plateaux à Taâdmit (Djelfa). La souris sauvage recherche les conditions méditerranéennes, telle que sa distribution est corrélée positivement avec la température et corrélée négativement avec les précipitations (Moreno et Barbosa, 1992). Ceci concorde avec nos résultats, la souris sauvage n'a pas été capturée dans la forêt de Mizrana dont le microclimat est influencé par l'ambiance forestière humide. Le climat serait ainsi un autre facteur déterminant de la sélection de l'habitat, comme le suggère du reste Khidas (1998).

*Lemniscomys barbarus* est capturé seulement en maquis durant tous les mois de la première année d'étude (2017) et avec un nombre de captures qui est toujours faible. En Kabylie, *L. barbarus* a été déjà piégée avec les deux autres espèces dans d'autres sites : Bouberak à Dellys (Khidas, 1993), Azazga (Khammes, 1998), Cap. Djinet (Bordj menail) et Boukhalfa (Khammes, 1998, Amrouche-Larabi et *al.*, 2015), et à chaque fois les effectifs sont faibles comme dans le cas de notre site d'étude.

Le faible nombre de captures est peut être lié aux conditions du milieu en faveur des deux autres espèces (*A. sylvaticus* et *M. spretus*). Il peut être dû aussi à la sélectivité vis-à-vis des techniques de piégeage. Comme l'a montré Gautun (1975), le type de piège utilisé joue un rôle important, aussi bien du point de vue du nombre des captures que du point de vue des espèces capturées ce qui peut expliquer le faible nombre d'individus capturés. Gautun (1981) a noté une augmentation importante du pourcentage des captures des espèces du genre *Lemniscomys* en utilisant les lignes de pièges de type cages par rapport aux lignes de pièges en tapettes utilisées en parallèle pendant la même étude. Donc dans ce cas la technique de piégeage utilisée lors de notre étude favoriserait normalement la capture de cette espèce.

Un autre facteur qui serait peut être intéressant de développer pour expliquer l'abondance du mulot sylvestre et la souris sauvage par rapport au rat rayé et que les deux premiers aménagent des terriers plus au moins profonds et creusent des galeries complexes avec des chambres pour les nids et les provisions (Nowak, 1999 ; Khidas et Hansel, 1995) alors que ce n'est pas le cas pour le rat rayé. Brosset (1960) et Blanc et *al.* (1962) ont noté que *L. barbarus* au Maroc loge dans un nid sous des buissons du Jujubier ou dans un nid formé de

végétaux assemblés et placés dans un creux du sol où entre deux tiges solides, c'est ce que nous avons également constaté lors de nos différentes sessions de piégeage. Ce qui laisse penser que *L. barbarus* est plus exposé aux diverses conditions extérieures et aux différents prédateurs dont les rongeurs constituent des proies préférentielles. L'habitat de cette espèce n'a pas été profondément étudié, mais il semblerait que cette espèce occupe des zones avec des buissons et une végétation herbacée assez dense (Happold, 2013) mais elle préfère tout de même des zones cultivées où elle trouve de la nourriture et le refuge. Tsegaye et Kitessa (2015), ont montré que dans des zones agricoles au Sud- Ouest de l'Ethiopie, *L. barbarus* a été l'espèce largement capturée par rapport aux autres espèces de rongeurs capturés en parallèle dans le même milieu. D'après nos résultats, des nids de cette espèce ont été trouvés dans des zones à végétation herbacée dense et dans des champs d'avoine sauvage, seigle et de foin.

*Rattus norvegicus*, *Mus musculus* et *Rattus rattus* sont des espèces qui partagent le même milieu avec l'homme et ceci explique bien leur capture au niveau du milieu semi-urbain. Les effectifs des captures ont été relativement faibles notamment pour les deux dernières espèces. *Rattus norvegicus* est l'espèce la mieux capturée au niveau de ce milieu. Amrouche-larabi et al. (2015) ont piégé ces différentes espèces dans différents milieux dans ou à proximité des habitations en Kabylie. Denys et al. (2015) confirment que les milieux anthropisés sont favorables pour les espèces du genre *Rattus* sp.

La sex-ratio est le rapport du nombre de mâles et de femelles au sein d'une population, pour une génération ou dans la descendance d'un individu. C'est un indice difficile à mesurer dans les études de terrain, dans la mesure où les biais dus aux techniques de recensement des individus peuvent être importants (Bryja et al. 2005).

Dans notre étude, les rongeurs ont été capturés par piégeage et les captures sont en faveur des mâles pour toutes les espèces. C'est une situation assez fréquente chez les muridés. De nombreuses hypothèses peuvent être émises pour mieux expliquer cette différence: existe-il un nombre de mâles supérieur à celui des femelles à la naissance ? Le comportement vis-à-vis des pièges est-il le même ? La longévité des femelles adultes serait-elle plus faible ou la prépondérance des mâles est due en partie à l'inactivité des femelles en période de reproduction et d'allaitement ?

En comparaison avec nos résultats, Hamdine et Poitevin (1994) ont enregistré un nombre important de mâles d'*A. sylvaticus* dans la région de Tala Guilef (Kabylie). Ils supposent que ces derniers ont une plus forte mobilité par rapport aux femelles. Pour Butet et Paillat (1997),

les mâles prédominent notamment en période de reproduction. Pour *Mus spretus*, la sex-ratio est globalement en faveur des mâles et fluctue de façon notable selon la localisation géographique (Vargas et al, 1984) et en fonction des saisons (Cassaing et Croset, 1985). Vargas et al. (1984) ont noté qu'à Malaga, au sud de l'Espagne, la sex-ratio est minimale en pleine saison de reproduction puis remonte en automne. Ils expliquent que certains mâles sont victimes de compétition intra-sexuelle, disparaissent avec la reprise de la reproduction et les femelles seraient affectées par une mortalité plus élevée pendant la gestation et la lactation.

Zaïme (1985) a prédit que la variation relative des mâles de *L. barbarus* qui sont beaucoup plus fréquemment capturés que les femelles est due au comportement de ces animaux vis-à-vis des pièges. Le suivi d'une population de *L. barbarus* lui a permis de conclure que les mâles et les femelles sont aussi présents et nombreux dans les pièges jusqu'à l'âge de 2 à 5 mois puis les mâles sont plus fréquemment capturés que les femelles entre 5 et 9 mois. Son explication est qu'avant l'âge de 3 mois on parle de dispersion juvénile et à partir de l'âge de trois mois les femelles de cette espèce atteignent leur maturité, et elles ont tendance à se sédentariser contrairement aux mâles pour lesquels la maturité sexuelle est tardive (aucun mâle trouvé mature à l'âge de trois mois) et donc ils restent mobiles avec un comportement exploratoire augmentant leur chance de capture (Stenseth et Lidicker, 1992)

Tout comme les espèces sauvages, un grand nombre de mâles par rapport à celui des femelles a été noté chez les espèces domestiques et péri-domestiques notamment chez *R. norvegicus* qui est l'espèce la mieux piégée au niveau du milieu semi-urbain. Butler et Whelan (1994) ont noté l'absence de variation du nombre de mâles et de femelles capturés dans deux fermes en Irlande. Schein (1950) a montré qu'à la naissance le nombre de mâles de *R. norvegicus* est sensiblement égal à celui des femelles puis avant la période de reproduction le nombre de mâles est supérieur à celui des femelles et à l'âge adulte c'est essentiellement les femelles qui dominent au sein de cette population de rat. Cela est peut être dû, selon cet auteur, à la mortalité différentielle en fonction du sexe des rats. Il a noté que le taux de mortalité est assez important chez les femelles avant l'âge de reproduction puis après cette période la mortalité augmente chez les mâles et à l'âge adulte c'est essentiellement les femelles qui dominent. Également, Kendall (1984) a trouvé que la sex-ratio est en faveur des femelles et les mâles présentaient des fluctuations qui sont dues aux migrations saisonnières où les mâles dominants chassent les autres mâles de la colonie d'où la réduction de nombre de mâles.

### **3. Age-ratio et activité sexuelle (phénologie de reproduction)**

Dans cette partie, on doit se demander s'il existe une périodicité de la reproduction des rongeurs capturés et dans l'affirmative qu'elles en sont les causes. Bien que le nombre de rongeurs capturés dans notre étude est relativement faible et ne permet pas de conclure formellement, pourtant nous avons obtenu des informations intéressantes concernant la reproduction des différentes espèces de rongeurs étudiés.

De manière générale, en région méditerranéenne (Afrique du Nord, Corse, Catalogne) les individus entrent en activité sexuelle de septembre à février puis sont au repos sexuel du printemps à l'été (Bernard, 1969, Sans coma et Gosalbez, 1976, Kowalski 1985, Fons et Saint Girons, 1993). En Europe, le cycle de reproduction d'*A. sylvaticus* est inversé. Selon Quéré et Le Louarn (2011), le mulot peut se reproduire toute l'année en Europe occidentale mais la reproduction est maximale entre juin et juillet. Au printemps, les populations de mulots sylvestre sont principalement composées d'adultes puis au cours de l'été, les classes de juvéniles, sub-adultes et adultes tendent à s'équilibrer (Butet et Paillat, 1997).

Dans le cas de notre étude, nous avons constaté une similitude dans le décours de la reproduction chez *A. sylvaticus* (maquis et forêt) et *M. sprteus* (maquis) qui est marquée notamment par un arrêt de la reproduction en période sèche (été). Cela se traduit par l'absence de capture d'individus juvéniles durant l'été mais également absence de toute activité sexuelle pour ces deux espèces en cette période. Même résultat est noté par Hamdine et Poitevin (1994) qui ont montré que la population de mulots du Djurdjura suit un cycle typiquement méditerranéen, avec un arrêt de la reproduction en période estivale. Harich et Benazzou (1990) ont trouvé que l'activité sexuelle du mulot dans l'arboretum de l'oued Cherrate (Maroc) est maximale au mois d'octobre et de novembre et s'annule au mois de juin et ils ont même noté la présence de femelles juvéniles actives contrairement à nos résultats où aucun individu juvénile ou sub-adulte actif n'a été capturé pendant toute la période d'étude et ce pour toutes les espèces étudiées. L'activité sexuelle du mulot de l'oued Cherrate ressemble à celle du mulot d'Algérie.

La cause la plus évidente pour expliquer le cycle de reproduction d'*A. sylvaticus* dans la région méditerranéenne se trouve dans les changements saisonniers de la disponibilité de la nourriture, généralement pauvre en été (associée à la sécheresse estivale) et abondante en automne-hiver grâce aux précipitations et à la fructification de nombreuses espèces végétales (Soriguer et Amat, 1979; Torre et al., 2002; Díazet Alonso, 2003; Rosário et Mathias, 2004).

Pour *M. spretus* la période de reproduction est étroitement liée à la disponibilité en eau et au développement de la végétation (Orsini et al, 1982). Cela explique peut-être l'absence de l'activité reproductrice en été dans notre région d'étude, contrairement aux travaux de Vargas et al. (1991). Ces auteurs ont noté la présence des cycles de reproduction saisonniers pour cette espèce, dont deux phases bien marquées: une période d'inactivité sexuelle en hiver (novembre– janvier), et une période d'activité sexuelle pendant les mois restants. Les cycles de reproduction semblent être principalement dus aux conditions environnementales où l'activité sexuelle semble être corrélée positivement avec la température et la durée de la photopériode. Dans les garrigues au sud de la France la période de reproduction semble corrélée avec la glandée et la brève fructification des graminées (Orsini, 1982). De même la reproduction *M. spretus* s'étale essentiellement de février à juillet, dans une zone de cultures maraîchères en Tunisie (Bernard, 1965).

Pour *L. barbarus*, il convient de signaler que les juvéniles ont été capturés en juin –juillet et des nids avec des petits ont été trouvés en été, ce qui laisse penser que l'activité reproductrice a eu lieu essentiellement en cette période. Tout de même, la capture des sub-adultes en avril montre que la reproduction a débuté bien avant (en février) mais un arrêt de reproduction est enregistré entre novembre à janvier. Des individus sexuellement actifs ont été capturés d'avril à octobre. Zaim (1985) a étudié l'activité reproductrice de cette espèce avec deux autres espèces de Gerbillidae *Meriones grandis* et *Gerbillus campestris*. Le point essentiel tiré de cette étude est le caractère saisonnier de l'activité de ces trois espèces. Cet auteur a noté la présence d'une synchronisation de la période de reproduction chez ces trois espèces pour rentrer en reproduction conditionnée par la disponibilité de la nourriture. Cette période s'est étalée sur l'hiver et le printemps dans ce site d'étude sub-humide au centre du Maroc, et d'après les résultats de notre étude la période de reproduction de *L. barbarus* s'est étalée sur le printemps et l'été ce qui est confirmé par les études antérieures de Bernard (1969) en Tunisie qui a capturé des femelles gestantes en Mai, juin et septembre avec un arrêt de reproduction entre Novembre et janvier. Cet auteur mentionne que les mâles adultes ont été actifs toute l'année. Egalement au nord du Maroc où le climat est sub-humide, Lahmam et al. (2008), ont signalé que la reproduction de ce rongeur a lieu au printemps/ été. Lenkiewicz et Saint-Girons (1964), ont montré qu'en captivité *L. barbarus* peut se reproduire toute l'année alors qu'en milieu naturel la reproduction de ce rongeur est synchronisée avec la croissance de la végétation. De plus ces mêmes auteurs ont remarqué que l'activité diminuait par temps

froid, ce qui peut contribuer à retarder la période de reproduction à des jours plus chauds dans certaines zones de son aire de répartition.

D'autre part, *L. barbarus* est une espèce diurne, donc elle devrait être moins affectée par les nuits froides de l'hiver qu'*A. sylvaticus* et *M. spretus*, qui sont principalement nocturnes.

Tsegaye et Kitessa (2015) ont étudié la biologie de reproduction de *L. barbarus* dans des zones agricoles au Sud- Ouest de l'Ethiopie. Ces auteurs ont montré que les premières femelles gestantes de *L. barbarus* ont été capturées essentiellement en mai-juin avec un maximum en juillet et août et les dernières femelles gestantes ont été capturés en décembre. Ces auteurs ont montré que la reproduction de cette espèce était essentiellement liée à la disponibilité des ressources alimentaires.

Nos résultats confirment que, dans la région méditerranéenne, les petits mammifères sont insensibles à la variation de la photopériode (Bronson, 2009). L'influence de la température sur le décalage de la période de reproduction parmi les trois espèces muridés est peu soutenue par nos résultats. L'écologie trophique reste la principale cause probable de la reproduction saisonnière chez *A. sylvaticus*, *M. spretus* et *L. barbarus*.

*A. sylvaticus* est omnivore, mais la nourriture prédominante est constituée de graines et de glands, et *M. spretus* consomme essentiellement des fruits, des graines et des parties vertes de plantes (Denys, 2017b). En Kabylie, les deux espèces sont principalement granivores (Khammes, 1998 ; Khammes et Aulagnier, 2007). Selon Happold (2013), *L. barbarus* est omnivore. Tsegaye et Kitessa (2015), en Ethiopie, ont montré que le régime alimentaire de cette espèce est diversifié et composé de feuilles, graines et une partie animale. Les feuilles constituent plus de 60 % de son régime comme la plupart des espèces du genre *Lemniscomys* (Taylor, 2017) et son activité reproductrice semble répondre à la croissance de la végétation herbacée à partir de la fin de l'hiver, alors que les deux espèces qui sont granivores trouvent un apport énergétique nécessaire à l'activité reproductrice en consommant des graines et des glands en automne et en hiver.

Pour *R. norvegicus*, des femelles gestantes ont été capturés au mois de février et décembre avec un nombre de portées de 9. Les sub-adultes est la classe d'âge la mieux représentée, ils ont été capturés presque toute au long de l'année. Les adultes et les juvéniles ont été faiblement capturés dans nos pièges. Un maximum de juvéniles a été capturé en été ce qui laisse penser que la reproduction a eu lieu principalement en cette période mais la présence des sub- adultes pendant presque toute la période d'étude montre que la reproduction a lieu toute l'année.

Delattre et Le Louarn (1980) ont montré que le cycle de reproduction de *Rattus norvegicus* suit une variation saisonnière de sa reproduction est conditionné comme chez les autres espèces par l'abondance des ressources alimentaires. Butler et Whelan (1994), ont étudié le cycle annuel de reproduction de ce rat dans deux exploitations porcines en Irlande. Un nombre important de juvéniles a été capturé tout au long de la période d'étude ce qui a suggéré que la reproduction a eu lieu toute l'année mais qui s'intensifie au printemps et en automne.

Les populations de rats montrent souvent des fluctuations annuelles de la densité avec un pic majeur à la fin du printemps ou à la fin de l'automne (Glass et *al.*, 1989). Les variations de taille et de structure des populations seraient l'effet des différents taux de croissance et de reproduction de même que des migrations plutôt que des différents taux de mortalité (Glass et *al.*, 1989). Les taux de croissance élevés sont liés principalement à la disponibilité d'une nourriture riche en énergie, comme dans les zones résidentielles (Glass et *al.*, 1989).

Comme dans le cas de la présente étude, Butler et Whelan (1994) n'ont capturé aucun juvénile actif mais une activité sexuelle intense a été notée chez les adultes. Macdonal et Barrett (1995) ont montré qu'en présence de températures douces et des ressources trophiques abondantes cette espèce peut se reproduire toute l'année.

Selon Glass et *al.* (1989), l'atteinte de la maturité sexuelle chez le rat dépend de la taille des individus plutôt que de l'âge. Chez le rat, les femelles deviennent sexuellement matures à partir d'environ 200 g (Glass et *al.*, 1989). Toutefois, la masse corporelle à la maturité peut varier d'une région à l'autre selon différents facteurs (Davis, 1949). En supposant que l'âge est proportionnel à la taille, la maturité sexuelle serait apparemment plus tardive pour les rats de ferme que pour ceux de ville (Davis, 1951). De même, les petits individus se reproduiraient de façon saisonnière alors que les plus gros pourraient se reproduire toute l'année (Glass et *al.*, 1989).

#### 4. Biométrie

Les rongeurs constituent un taxon animal très divers, notamment de point de vue taxonomique que morphologique (Wilson et Reeder 2005 ; Happold, 2013).

L'approche morphométrique s'est révélée être une technique utile pour étudier la similarité morphologique due à la convergence écologique et pour résoudre les problèmes de taxonomie chez les petits mammifères, en particulier chez les rongeurs (Rolhf et *al.*, 1996 ; Dobigny et *al.*, 2002).

#### 4.1. Mensurations corporelles et crâniennes de *Lemniscomys barbarus* capturé dans le maquis à Boudjima en fonction des classes d'âge

En fonction des catégories d'âge, les mensurations corporelles et crâniennes varient considérablement chez *Lemniscomys barbarus* de Boudjima, depuis la première classe d'âge (juvéniles) jusqu'à la classe des adultes. 12 variables crâniennes présentent une différence significative entre les classes d'âges. On note par exemple que la longueur moyenne du crâne (Lcr) des juvéniles est égale à  $26,6 \pm 0,6$  mm. Cette dernière augmente chez les, sub-adultes et les adultes respectivement  $Lcr = 28,7 \pm 0,6$  mm et  $Lcr = 30,3 \pm 1,0$  mm). Ces résultats concordent avec ceux de Lalis et *al.*, (2006) qui montrent qu'il existe de fortes différences entre catégories d'âges des rongeurs. Lalis et *al.*, (2006) affirment que la structure d'âge et la composition des populations d'une même espèce est très variable.

Selon Chéniti et Sami (1989), les spécimens de *L. barbarus* de l'Afrique du Nord sont de grande taille par rapport à ceux de l'Afrique Centrale. La longueur de tête plus corps de nos spécimens varie entre  $88,6 \pm 0,89$  mm et  $103,7 \pm 4,06$  mm. Pour la Tunisie, Bensalem et *al.*, (2018) ont trouvé des valeurs plus élevées comprises entre 100-136 mm et pour le Maroc, Sami (1993) a relevé des mesures pour la longueur tête plus corps plus élevées qui varient entre 99 et 128 mm. La longueur de la queue des individus capturés dans notre station maquis de Boudjima varie entre  $107,6 \pm 4,34$  mm et  $126,7 \pm 5,35$ . Ces valeurs se rapprochent de celles du Maroc (entre 100 et 120mm) rapportées par Zaime (1985). Chéniti et Sami (1989) ont trouvé aussi que la longueur de la queue est plus importante chez les populations nord-africaines, elle varie en moyenne entre 116,15 et 132,5 mm chez les individus nord-africains et entre 109 et 113 mm chez *L. barbarus* du centre et de l'ouest de l'Afrique. Les valeurs de la longueur moyenne de la patte postérieure pour nos échantillons varient entre  $23,6 \pm 0,89$  mm et  $25,6 \pm 1,22$  mm. Les pattes postérieures sont également plus développées chez les spécimens nord-africains, elles varient entre 25 et 30,16 mm alors que cette valeur ne dépasse guère 24 mm pour l'espèce d'Afrique centrale et de l'Ouest (Chéniti et Sami, 1989).

La moyenne de la longueur du crâne des *L. barbarus* de Kabylie varie entre  $26,6 \pm 0,63$  mm et  $30,3 \pm 1,00$  mm. Sa longueur est en moyenne de 31,59 mm pour les spécimens tunisiens du Cap Bon et de 30,66 mm pour les spécimens marocains. Elle oscille de 26,6 mm à 28,4 mm chez les animaux de l'Afrique centrale et de l'Ouest (Rosevear, 1969). Ces différents résultats montrent que les spécimens *L. barbarus* d'Afrique du Nord sont plus grands que ceux d'Afrique centrale et de l'Ouest.

De façon générale, les individus de *L. barbaru* sont une taille plus importante allant de l'Afrique du Nord vers l'Afrique centrale (Chéniti et Sami, 1989). Ceci est confirmé dans notre étude et ce pour la plupart des paramètres morphométriques étudiés. La taille de nos spécimens sont proches de ceux de la Tunisie (Sami, 1993; Saïdi et al, 2010; Ben Salem et al., 2017 et 2018) et ceux du Maroc (Petter et Saint- Girons, 1965 ; Zaïme, 1985 ; Sami, 1993).

Pour certaines variables étudiées, nos spécimens paraissent encore plus petits par rapport à ceux de la Tunisie et du Maroc, cela est probablement dû aux échantillons de leurs études incluant les individus adultes mais également le faible effectif de leurs échantillons.

#### **4.2. Mensurations corporelles et crâniennes du mulot sylvestre capturé dans le maquis à Boudjima et la Forêt de Mizrana en fonction des classes d'âge**

Les mensurations corporelles et crâniennes varient considérablement chez *Apodemus sylvaticus* de Kabylie du Djurdjura, depuis la classe d'âge des juvéniles jusqu'à la classe des adultes. 09 variables crâniennes présentent une différence significative entre les classes d'âges. On note par exemple que la largeur moyenne du crâne (lcr) des juvéniles est égale à  $09,6 \pm 0,4$ mm. Cette dernière augmente chez les, sub-adultes et les adultes respectivement  $lcr = 11,3 \pm 0,6$  mm et  $Lcr = 11,5 \pm 0,3$  mm). Pour les variables dentaires, le test de Tukey montre que la largeur du palais présente une différence significative entre juvéniles et adultes ( $l_{pal} = 2,23 \pm 0,1$ mm et  $l_{pal} = 2,32 \pm 0,09$  mm).

Pour ce qui est des mensurations corporelles, nous relevons une homogénéité dans les échantillons des deux populations étudiées. Les mulots capturés en forêt sont plus grand de taille que ceux capturés en maquis. Par ailleurs, nos mesures sont plus petites dans les limites fixées par d'autres auteurs qui ont travaillé sur les spécimens de Tunisie, Saïdi (2006) au cap Bon, Bernard (1969) et Rampaud (1988) dans toute l'Afrique du Nord. Cependant nos spécimens se rapprochent plus de ceux de France. En effet, pour 3 des 5 paramètres corporels considérés, la moyenne du poids corporel des individus de notre échantillon de mulots est de 21g avec un poids maximum de 30 g alors que celui-ci peut atteindre 50 g en Tunisie (Bernard, 1969 ; Rampaud, 1988). Pour les échantillons européens, la moyenne est toujours autour de 22 g et un poids maximum de 31,29 g (Darviche, 1978). Le poids de nos spécimens est plus proche de ceux de France. Ceci est vrai aussi pour le paramètre Tête + Corps (la moyenne algérienne est autour de 84 mm, elle est de 87 mm pour les échantillons européens et de 97 en Tunisie) ainsi que pour le paramètre Queue (la moyenne algérienne est autour de 82 mm, la moyenne européenne autour de 90 mm et celle de Tunisie est la plus grande est

autour de 100). Ces différences sont probablement dues en grande partie à la nature des ressources trophiques et au climat, qui est froid et humide au niveau de nos stations (maquis et forêt) et qui est proche de celui du sud de la France et qui demande un apport énergétique plus important pour ses rongeurs. Le bioclimat de la station de Lansarine au nord de la Tunisie est semi-aride supérieur, la pluviométrie est autour de 450 mm/an tandis que la température moyenne est de 18,7 (Bensalem et *al.*, 2012). Ces différences climatiques influencent la diversité biologique, notamment la structure des communautés. L'effectif des échantillons (très faible en Tunisie n= 07 mâles), la différence liée à l'âge et au sexe peuvent avoir leur influence aussi. D'autres facteurs peuvent aussi influencer la taille des animaux telles la compétition intra et interspécifique et la prédation.

Alcantara (1991) rapporte une relation significative de la taille corporelle et la latitude. Les individus (18g à 20g au nord) augmentent régulièrement de taille vers le sud jusqu' à 30 g. Cette augmentation est corrélée aux zones de sympatrie et de compétition avec le mulot à collier (*Apodemus flavicollis*) (Butet et Paillat, 1997).

La taille de certains paramètres crâniens et mandibulaires de notre échantillon est proche de ceux de la Tunisie et d'Europe. La moyenne de la variable largeur du crâne (lcr) de nos échantillons est autour de 11,31 mm, celle des échantillons tunisiens est de 12,05 mm (Bensalem et *al.*, 2012) et celle des spécimens français est de 11,62 mm (Butet et Paillat, 1997). De même pour la moyenne de la variable rangée molaire supérieure, elle est autour de 3,7 mm pour les spécimens algériens, autour de 3,76 mm pour la Tunisie (Bensalem et *al.*, 2012) et de 3,80 mm pour les échantillons français (Butet et Paillat, 1997). Butet et Paillat, (1997) rapportent que les individus nés au printemps ont une croissance rapide alors que les individus nés à l'automne conservent une taille relativement petite pendant toute leur vie d'adulte.

Nous n'avons pas trouvé de différences significatives entre mâle et femelle concernant la majorité des variables corporelles et crâniennes. Selon Butet et Paillat(1997), le dimorphisme sexuel entre mâle et femelle est peu marqué, mais, à âge égal, les femelles sont légèrement plus petites que les mâles.

L'ACP, utilisée dans notre étude, a montré que les individus issus de la station Forêt de Mizrana présentent un crâne et une mandibule plus grands que ceux du maquis de Boudjima.

Dans leur étude, Tattersall et *al.* (2001) ont montré qu'après la période de reproduction, les mulots mâles piégés dans les milieux forestiers étaient significativement plus lourds que ceux piégés le long des bordures de cultures. Ces résultats indiquent que le paysage et l'habitat, qui

modulent largement la diversité, la quantité et la qualité des ressources alimentaires disponibles, pourraient être responsables des variations de condition corporelle observées. La condition corporelle étant liée aux ressources alimentaires, elle est également liée à la compétition pour ces ressources et donc à la densité de la population (Norrdahl et Korpimäki, 2002).

Khammes et Aulagnier (2010) ont trouvé que Les individus issus des stations anthropisées présentent un diastème réduit et des dents plus petites que ceux de la station la moins perturbée. Dans le cas de notre travail, la forêt est un milieu plus stable et moins fragmenté que le maquis.

Par ailleurs, Palomo et al. (1985) ont trouvés aussi que globalement, les crânes de *M. spretus* sud Ibérique sont un peu plus grand que ceux du Maroc, sauf pour les variables dentaires. Ces différences significatives entre les populations d'Espagne et du Maroc peuvent être interprétées comme un simple produit d'une variabilité inter-populationnelle.

La variation des caractéristiques phénotypiques et génétiques, à travers l'espace géographique est un phénomène omniprésent chez la plupart des organismes. Leandro et al. (2003) ont trouvé une corrélation entre les variables environnementales–géographiques et les descripteurs de la forme géométrique du crâne et mandibule du Rat Punaré *Trichomys apereoides*. Ces différences sont associées surtout au gradient latitudinal.

#### **4.3. Mensurations corporelles et craniométriques de *Rattus norvegicus* capturé dans le milieu semi- urbain à Boudjima en fonction des classes d'âge**

Les rats surmulots sont abondants dans les villes et les agglomérations rurales, les populations de rats se dispersent parfois en été dans les champs environnants mais la plupart des individus reviennent s'abriter dans les bâtiments durant l'hiver.

Les mensurations corporelles et crâniennes varient considérablement chez *Rattus norvegicus* de Kabylie du Djurdjura, depuis la classe d'âge des juvéniles jusqu'à la classe des adultes. La seule variable qui ne varie pas en fonction de l'âge est le coefficient zygomatique.

La masse corporelle moyenne des surmulots de Kabylie varie autour de 80g et 230g. Les différentes études rapportent des masses corporelles de 100g à près de 500 g pour les rats adultes. De façon générale, les mâles sont plus gros que les femelles et les rats des zones urbaines ou résidentielles sont plus gros que ceux des parcs ou des milieux agricoles (Glass et al., 1989).

Selon Latteur (2000), le dimorphisme sexuel est marqué, le mâle est plus grand et plus lourd que la femelle. Ils se différencient aussi par leur silhouette et leur pelage.

Pour la masse corporelle, Davis (1951) n'a pas trouvé de différence significative entre les mâles et les femelles des fermes. En ville, les mâles étaient plus gros que les femelles.

Pour la Longueur de la tête et du corps, Davis, (1951) n'a pas trouvé de différence significative entre les mâles et les femelles des fermes et des villes. En ferme, les mâles mesurent  $171,7 \pm 30,6$  et les femelles mesurent  $168,9 \pm 32,6$  et en Ville, les mâles mesurent  $203,7 \pm 39,6$  et les femelles  $200,1 \pm 41,8$ .

Les individus de *Rattus rattus* mesurent entre 320 et 480 mm et pèsent entre 115 et 540 g, une taille semblable à celle du Rat surmulot. Ils possèdent une queue et des oreilles plus longues que le Rat surmulot.

## **5. les parasites intestinaux des rongeurs**

Pour cette partie nous allons discuter les principaux résultats des parasites intestinaux trouvés et identifiés chez les différentes espèces de rongeurs capturées dans les différents milieux prospectés.

### **5.1. Richesse des parasites et charge parasitaire des différentes espèces de rongeurs étudiées**

Selon Gregory et *al.* (1996), la richesse parasitaire est définie comme étant le nombre d'espèces parasites d'une espèce, d'un genre, d'une famille, d'une population ou d'une communauté d'hôtes. A l'état actuel de nos connaissances aucune étude visant à connaître les parasites en particulier les parasites intestinaux n'a été effectuée sur les rongeurs muridés en Algérie. Notre étude fournit les premières données de l'helminthofaune de quelques espèces de ce groupe de petits mammifères en Kabylie. Le nombre de rongeurs examinés est de 83 *A. sylvaticus* capturés en maquis, 70 *A. sylvaticus* capturés en forêt, 40 *L. barbarus* et 27 *R. norvegicus*.

D'après les résultats de notre étude, nous avons trouvé une richesse parasitaire assez variée en helminthes en fonction de chaque rongeur. Elle passe de deux espèces chez *L. barbarus* à 6 espèces chez *A. sylvaticus*. Globalement 8 espèces d'helminthes parasites ont été récoltées avec 6 espèces de nématodes et 2 espèces de cestodes. Aucun trématode et aucun acanthocéphale n'a été rencontré au cours de cette étude chez les rongeurs étudiés.

Chez *A. sylvaticus* les espèces d'helminthes identifiées au niveau des différents milieux prospectés (maquis et forêt) appartiennent aux mêmes espèces dont 4 nématodes: *Heligmosomoides polygyrus* et *Syphacia stroma* prélevés au niveau du duodénum et l'intestin

grêle, *Syphacia frederici* trouvé au niveau du gros intestin y compris le cæcum et *Rictularia* sp. au niveau de l'estomac, duodénum et l'intestin grêle et 2 cestodes: *Hymenolepis* sp. et *Hydatigera parva larvae* prélevés au niveau de la cavité abdominale.

De nombreuses études ont été menées pour connaître les helminthes parasites de ce rongeur un peu partout à travers le monde. Au Maghreb, des études relativement anciennes visant à connaître les helminthes parasites d'*A. sylvaticus* ont été réalisées en Tunisie et de nombreuses espèces ont été identifiées: *Aonchotheca annulosa*, *Aspicularis tetraptera*, *Eucoleus bacillatus*, *Heterakis spumosa*, *Protospirura muris*, *Rictularia proni* et *Syphacia stroma* (Bernard, 1963); et *Heligmosomoides polygyrus*, *Longistriata seurati* et *S. stroma* (Bernard, 1967). Une seule espèce identifiée au Maroc chez cette espèce: *Rictularia proni*, par Dollfus (1960).

Dans trois habitats contrastés du sud-est de l'Angleterre, Abu-Madi et al. (2000), ont identifié 5 espèces d'helminthes parmi les 399 mulots analysés dont 3 nématodes: *H. polygyrus*, *S. stroma*, *Capillaria murissylvatic*, 1 cestode: *Catenotaenia pusilla* et un trématode: *Corrigia vitta*. Lewis (1968) a identifié 9 espèces d'helminthes à Aberystwyth et sur l'île de Skomer au Pays de Galles avec 4 espèces de nématodes (*Capillaria hepatica*, *Capillaria muris sylvatici*, *Nematospiroides dubius* et *Syphaciu stroma*); 1 cestode (*Catenotaenia pusilla*) et 3 trématodes (*Brachylaimus recurvum*, *Corrigia vitta* et *Maritrema apodemicum*). Le même nombre d'espèces d'helminthes a été trouvé dans le sud de l'Angleterre au cours de 4 années d'étude par Behnke et al. (1999). Une richesse parasitaire un peu élevée a été rencontrée par Eira et al. (2006), dans six différents types d'habitats au Portugal. Ces auteurs ont détecté 12 espèces d'helminthes chez 557 mulots qui sont répartis en 8 nématodes (*Rictularia proni*, *Angiostrongylus dujardini*, *H. polygyrus*, *S. stroma*, *S. frederici*, *Aspicularis tetraptera*, *Gongylonema neoplasticum* et *Trichuris muris*) et 4 cestodes (*Taenia parva larvae*, *Skrjabinotaenia lobata*, *Hymenolepis straminea*). Fuentes et al. (2004), sur 74 mulots capturés dans la Sierra Espuña (Espagne), ont isolés 13 espèces d'helminthes parasites dont 6 espèces de nématodes (*Trichuris muris*, *H. polygyrus*, *S. stroma*, *S. frederici*, *A. tetraptera* et *Rictularia proni*), 5 espèces de cestodes (*Taenia parva larvae*, *Taenia martis larvae*, *Taenia taeniaeformis larvae*, *Rodentolepis straminea* et *Rodentolepis fraterna*) et 2 espèces de trématodes (*Plagiorchis* sp. I et *Plagiorchis* sp. II). 14 espèces d'helminthes parasites dont les espèces identifiées dans notre étude, ont été identifiées chez 150 mulots dans la vallée de la rivière Erro en Espagne (Debenedetti et al., 2014). Le plus grand nombre d'espèces

d'helminthes isolées (21) a été identifié chez 70 mulots capturés dans la réserve naturelle de Massane (sud-est de la France) (Torregrosa et al., 1987).

Pour *L. barbarus*, notre étude fournit les premières données sur les helminthes parasites de cette espèce. La richesse parasitaire enregistrée chez cette espèce est quasiment nulle où seulement 2 espèces de nématodes ont été prélevées à savoir: *H. polygyrus* au niveau de l'intestin grêle et *Rictularia* sp. au niveau du duodénum.

Chez *R. norvegicus*, 2 nématodes initialement nommés: Nematoda sp1 ind. et Nematoda sp2 ind. et 1 cestode *Hymenolepis* sp. ont été prélevés au niveau du duodénum et l'intestin grêle.

Pour *R. norvegicus*, la richesse parasitaire varie fortement selon les résultats rapportés dans les différentes études.

En Tunisie, Jrijer (2016) a noté l'absence totale d'espèces d'helminthes chez *R. norvegicus* alors que dans une étude menée au pays-bas, Franssen et al., (2017) ont identifiés 13 espèces chez ce rat 6 espèces de nématodes au niveau de l'intestin grêle (*Syphacia muris*, *Heterakis spumosa*, *Aonchotheca murissylvatici*, *Trichuris muris*, *Nippostrongylus brasiliensis*, et *Strongyloides* sp), 3 espèces de cestodes (*Hymenolepis diminuta*, *Hymenolepis nana*, et *Hymenolepis fraterna*) et 4 espèces de trématodes (*Plagiorchis muris*, *Plagiorchis proximus*, *Echinostoma* sp. et *Notocotylus imbricatus*).

La richesse spécifique retrouvée dans notre étude est variable en fonction des espèces hôtes étudiées et elle est relativement faible en comparaison avec la plupart des études menées sur les helminthes parasites. Pour Combes (2001), différents paramètres peuvent influencer le nombre d'espèces parasites par hôte et il est improbable que les espèces parasites soient réparties au hasard parmi leurs hôtes.

Cela peut s'expliquer par la petite taille de nos échantillons d'hôtes. Selon Walther et al. (1995); Feliu et al. (1997) ; Nunn et al. (2003), la richesse en espèces parasites dépend de la taille de l'échantillon des hôtes, plus l'échantillon examiné est important plus la chance d'avoir plus d'espèces parasites est importante. Dans une étude effectuée sur 37 espèces d'oiseaux des eaux britanniques, Walther et al. (1995) ont noté que le nombre d'espèces parasites rencontrées augmente avec le nombre d'individus examinés.

Le nombre d'espèces parasites peut être lié aussi au régime alimentaire des espèces de rongeurs. Fuentes et al. (2000) ont montré que la richesse parasitaire chez plusieurs espèces de micromammifères dont les rongeurs capturées en Espagne, est plus importante chez les espèces à régime alimentaire insectivores que chez les espèces omnivores.

D'autre part, Feliu et *al.*, (1997), ont montré que la richesse parasitaire augmente chez les espèces hôtes ayant un régime trophique omnivore et insectivore par rapport à celles ayant un régime herbivore. Ceci peut expliquer en partie la richesse un peu élevée chez *A. sylvaticus* par rapport aux deux autres espèces puisque son régime est composé essentiellement de graines mais aussi une part d'insectes (Khammes et Aulagnier, 2007). Aussi ceci peut être à l'origine de l'absence quasi-totale de l'infestation chez *L. barbarus* dont le régime est constitué essentiellement de plantes et rarement d'insectes ou autres (Tsegaye et Kitessa, 2015). Mais cela ne s'applique pas au *R. norvegicus* où la richesse parasitaire notée était faible bien que cette espèce a un régime très diversifié.

Bush et Reeder (2013), ont montré que la réduction de la densité et de l'abondance des hôtes intermédiaires et/ ou définitifs peut influencer le nombre d'espèces parasites. Dans notre cas on a enregistré des fluctuations mensuelles et donc saisonnières assez importantes des populations hôtes ce qui peut expliquer le faible nombre d'espèces d'helminthes identifiées chez les rongeurs étudiés.

Selon Bordes et *al.* (2012) la charge parasitaire est affectée par la localité de l'hôte. Dans nos résultats nous avons trouvé une charge parasitaire plus élevée en forêt qu'en maquis et milieu urbain. Ceci étant en accord avec ceux de Palmeirim et *al.* (2014) qui ont trouvé au cours de leur étude un effet de l'habitat. Ils ont montré que les rongeurs de la forêt semblent abriter un nombre important d'helminthes par rapport aux autres habitats.

Etant en accord avec la plupart des travaux consultés portant sur les helminthes parasites de rongeurs, tous les rongeurs examinés au cours de cette étude ont été infestés par un grand nombre de nématodes et rarement par des cestodes ce qui pourrait être expliqué par leurs cycles de vie. La plupart des nématodes parasites des rongeurs trouvés ont un cycle de vie direct sans hôte intermédiaire tel est le cas de *H. polygyrus*, *S. stroma* et *S. frederici* ou en passant par un hôte intermédiaire comme chez l'espèce *Rictularia* sp., ce qui leur permet de suivre plus facilement et plus rapidement la dispersion de leurs hôtes et c'est ce qui explique en partie le nombre élevé de parasites pour ce groupe contrairement aux cestodes qui ont besoin d'au moins d'un hôte intermédiaire obligatoire pour accomplir leur cycle de développement comme *Hydatigira parva larvae* dont le mulot constitue l'hôte intermédiaire et la genette commune l'hôte définitif.

L'absence de trématodes, peut s'expliquer par l'absence des hôtes intermédiaires dont les mollusques qui vivent en milieu aquatique ou que les conditions extérieures telles que les facteurs édaphiques du milieu ne permettent pas la dissémination des stades larvaires.

## 5.2. Prévalences et intensités en parasites des différentes espèces de rongeurs

Sur les 83 individus d'*A. sylvaticus* capturés en maquis, 57 (68,67%) ont été infestés par différentes espèces d'helminthes. Le nématode *H. polygyrus* est l'espèce la mieux représentée avec la plus forte prévalence (62,65%). Les autres espèces représentent de faibles prévalences qui varient entre 2,40% pour *Rictularia* sp. et 10,84% pour *S. stroma*. En forêt 57 individus sur les 70 individus capturés (81,43 %) ont été parasités par les différentes espèces d'helminthes dont *S. stroma* est l'espèce la mieux représentée ayant la plus forte prévalence et intensité moyenne (57,14% ; 63,32 parasites/ hôte) suivis par *S. frederici* avec une prévalence de 45,71 %.

La forte prévalence marquée par *H. polygyrus* en maquis étant en accord avec de nombreuses études effectuées sur *A. sylvaticus* telles que celles de Behnke et al. (1999), Abu- Madi et al. (2000), Eira et al., (2006); Debenedetti et al., (2014). Nos résultats au niveau du milieu forestier où l'oxyure *S. stroma* domine sont en accord avec ceux de plusieurs auteurs tels que Behnke et al. (1999); Torre et al. (2003) ; Eira et al. (2006) Milazzo et al. (2010a) qui ont trouvés des prévalences élevées de *S. stroma* au cours de leurs études.

Dans le parc naturel de Serra Calderona, Fuentes et al. (2010), ont étudié la communauté helminthique du mulot sylvestre dans une zone brûlée et une zone contrôlée (non brûlée) pendant plusieurs années. *S. stroma* était le parasite le plus répandu dans la zone brûlée, tandis que dans la zone contrôlée, *H. polygyrus* est l'espèce la mieux représentée.

La prévalence en helminthes parasites trouvés chez *L. barbarus* et *R. norvegicus* est très faible par rapport à celle enregistrée chez *A. sylvaticus*.

Pour Deter et al. (2007) la présence et la cohabitation de plusieurs espèce dans un même milieu et en même temps augmentent les chances d'être en contact avec les stades infestants des parasites ce qui facilite grandement l'échange, le partage et la transmission de ces derniers entre les individus d'une même population. Pour notre étude bien qu'*A. sylvaticus* et *L. barbarus* ont été capturées au sein du même milieu et à la même période, il semblerait que ces deux espèces occupent le même domaine vital mais en l'exploitant différemment et rentrent rarement en contact surtout que la première espèce est essentiellement nocturne et l'autre est diurne. En plus la plupart des espèces parasites identifiées chez *A. sylvaticus* sont spécifique à ce rongeur notamment les espèces de *Syphacia* (Stewart, 2017).

La faible prévalence en helminthes parasites (ne dépassant pas les 30%) notée chez *R. norvegicus* peut être interpréter par le fait que ce dernier est une espèce péri-domestique,

vivant à proximité de l'homme et cherche sa nourriture dans les déchets alimentaires humains et décharges ce qui peut réduire son exposition aux arthropodes qui constituent les principaux hôtes intermédiaires des helminthes.

### **5.3. Parasites en fonction du sexe, de l'âge de l'hôte et des saisons**

*A. sylvaticus* représente l'espèce où le nombre de capture est plus important par rapport aux deux autres espèces et pour laquelle l'identification spécifique a été effectuée.

D'après nos résultats l'absence de différences dans le taux d'infestation entre les mâles et les femelles suggère qu'ils sont également exposés à l'infestation et que le sexe de l'hôte n'a pas d'effet sur la prévalence en helminthes parasites.

Nos résultats sont en désaccord avec certains travaux considérant chaque espèce séparément comme ceux de Behnke et *al.* (1999) ; Eira et *al.* (2006) et Debenedetti et *al.* (2014). Ces auteurs ont montré qu'il existe des variations des taux d'infestations de certaines espèces parasites entre les mâles et les femelles. Bordes et *al.* (2012), ont constaté que les femelles d'*A. sylvaticus* présentent une charge parasitaire élevée par rapport aux mâles. Ces auteurs suggèrent que les mâles présentent plus de résistance face aux multiples infections parasitaires que les femelles.

L'infestation par les parasites est influencée par l'âge de l'hôte. Nos résultats ont montré que les adultes sont plus fortement infestés que les sub-adultes et les juvéniles et ils sont en accord avec plusieurs travaux sur les helminthes parasites de rongeurs comme ceux de Behnke et *al.*, (1999) ; Abu-Madi et *al.*, (2000) ; Eira et *al.*, (2006) et Fuentes et *al.* (2010) ; Milazzo et *al.* (2010b). Par contre, Debenedetti et *al.* (2014) ont trouvé que les sub-adultes sont les plus parasités.

Les adultes jouent donc un rôle important dans la détermination des prévalences des espèces d'helminthes parmi les populations de rongeur. Cela peut s'expliquer par l'accumulation des parasites chez les adultes qui ont un vaste spectre alimentaire et sont capables de se nourrir d'une grande diversité d'aliments contrairement aux juvéniles qui se nourrissent près des nids.

De nombreux auteurs Montgomery et Montgomery (1990) ; Abu-Madi et *al.* (2000) ; Eira et *al.* (2006) ; Debenedetti et *al.* (2014) ont montré que la saison affecte la communauté des helminthes. Dans notre étude, l'absence d'influence significative de la saison est probablement due à la petite taille de l'échantillon, également liée à la période d'étude plus courte. Donc, il serait intéressant d'augmenter la taille de l'échantillon et la période d'étude sur plusieurs années et d'étudier l'influence des saisons en fonction de chaque espèce afin d'en tirer des conclusions satisfaisantes.

#### **5.4. Evolution des espèces d'helminthes parasites d'*Apodemus sylvaticus* au niveau du maquis et de la forêt**

Bien que les différences de l'infestation d'*A. sylvaticus* ne soient pas significatives au niveau des deux milieux, des différences en fonction des espèces d'helminthes ont été enregistrées et les taux les plus élevés ont été notés en mars (printemps) notamment pour les nématodes *H. polygyrus* et *S. stroma* qui sont les mieux représentés.

Au niveau du maquis, *H. polygyrus* domine avec 2086 individus identifiés et présente une abondance de 85% alors qu'au niveau de la forêt, *S. stroma* est plus abondante avec 2533 individus et présente une abondance élevée avec 70%. Ces variations des taux d'infestations en fonction des espèces et en fonction des mois peuvent s'expliquer fortement par leur cycle de vie et le mode d'infestation des hôtes.

Le nématode *H. polygyrus* a un cycle de vie direct dont l'infestation est facile et se fait par ingestion accidentelle de larves vivant en liberté (Anderson, 2000). Les femelles gravides rejettent des œufs dans l'environnement avec les fèces de l'hôte infesté. Les œufs éclosent et se développent en deux stades larvaires L1 et L2 qui se nourrissent de bactéries contenues dans les fèces et dans le sol. Les larves L2 évolueront en larves L3 infestantes et qui seront par la suite ingérées accidentellement par un hôte potentiel en se nourrissant. (Gregory et al., 1990).

Pour *S. stroma* et *S. frederici*, une fois que les femelles ont atteint leur maturité sexuelle, elles se déplacent vers la région péri-anale pour pondre des œufs. Les œufs expulsés acquièrent un pouvoir infestant en quelques heures seulement et une larve se forme à l'intérieur. Les œufs restent concentrer au niveau de la région péri-anale et leur présence dans les fèces reste rare. La présence des œufs dans la région anale provoque une irritation et des démangeaisons suite auxquels les hôtes peuvent à nouveau ingérer accidentellement les formes infestantes en se grattant pour s'en débarrasser donnant lieu à ce qu'on appelle couramment l'auto-infestation. Un contact direct entre hôtes, en particulier chez les jeunes, favorise d'avantage une transmission rapide de l'infestation (Sharpe, 2001). Chez certaines espèces du genre *Syphacia*, une rétro-infestation peut se produire lorsque les œufs embryonnés éclosent dans la région péri-anale, elles donnent naissance à des larves qui sont capables de pénétrer à nouveau par l'anus et regagner l'intestin jusqu'au micro-habitat de chaque espèce (Anderson, 2000).

D'après l'analyse du cycle de développement de chacune de ces deux espèces (*H. polygyrus* et *S. stroma*) on peut conclure que les conditions extérieures offertes par chaque milieu (nature de sol, conditions climatiques, type et structure de la végétation....) et les relations entre les individus de l'espèce hôte pourraient compromettre la dissémination et l'évolution/régression des différents stades de développement des parasites ceci peut expliquer en partie les variations des taux d'infestations d'*A. sylvaticus* notées dans chaque milieu ainsi que la présence du Spiruride *Rictularia* sp. essentiellement en été chez *A. sylvaticus*. Sachant qu'en été, le mulot sylvestre consomme une part importante d'insectes qui constituent des hôtes intermédiaire de ce parasite.

La présence d'*Hydatigera parva larvae* s'explique par la présence au niveau des sites d'étude à la fois de son hôte intermédiaire et de son hôte définitif. L'adulte parasite l'intestin grêle de nombreuses espèces de mammifères carnivores viverridés et surtout la genette commune (*Genetta genetta*) dont on a noté la présence notamment en forêt, tandis que les métacestodes (larves) se développent chez différentes espèces de rongeurs notamment chez *Apodemus sylvaticus* qui est la proie préférentielle de la genette commune en Afrique du Nord (Amroun, 2013; Mostefai et al., 2003; Ribas et al., 2009). Lorsque l'hôte définitif (genette commune) atteint un seuil d'infestation par les cestodes adultes, il libère des œufs (anneaux ou proglottis gravides) avec les fèces dans le milieu extérieur. Le mulot sylvestre (hôte intermédiaire) s'infeste par ingestion d'œufs embryonnés ou proglottis gravides. Les œufs évolueront par la suite en oncosphères qui se logent dans la cavité abdominale et se transforment en métacestodes enveloppés par un tissu conjonctif généré par l'hôte lui-même. Les métacestodes sont des larves polycéphales, et chaque larve peut évoluer et donner ainsi un adulte. Donc à partir d'un seul métacestode, plus de vingt cestodes adultes peuvent se développer chez l'hôte définitif (Swiderski et al., 2007).

Les cycles de vie des principales espèces identifiées chez *A. sylvaticus* au cours de cette étude sont représentés en Annexes VII.

Le présent travail a porté sur l'étude des rongeurs dans différents habitats en Kabylie de Djurdjura (maquis, forêt et milieu semi-urbain) durant la période allant de janvier 2017 à mai 2018.

Les espèces prises en compte dans notre travail de recherche appartiennent toutes à la famille des muridés : *Apodemus sylvaticus*, *Mus spretus*, *Lemniscomys barbarus* et *Rattus norvegicus*. En menant une étude pluridisciplinaire à plusieurs aspects, nous avons pour objectif principal de renforcer les connaissances existantes en montrant l'intérêt des approches morphométriques, écologiques et parasitaires dans l'étude des espèces de Muridés en Kabylie de Djurdjura. Au terme de notre travail de recherche, nous nous sommes parvenu aux conclusions suivantes :

Pour un même effort d'échantillonnage au niveau du maquis et de la forêt, un succès de piégeage plus important est noté au niveau du maquis qui semble offrir des conditions idéales pour la présence et la cohabitation de plusieurs espèces contrairement à la forêt. Un faible succès de piégeage a été également enregistré au niveau du milieu semi-urbain ce qui peut s'expliquer essentiellement par le nombre réduit de pièges posés au niveau de ce milieu.

Concernant la phénologie des captures, le nombre d'individus capturé de chaque espèce varie au cours de la période d'étude, avec un maximum en hiver et un minimum en été. *A. sylvaticus* est l'espèce la plus fréquente parmi l'ensemble des captures. Elle est piégée régulièrement au niveau du maquis et elle est la seule espèce capturée en forêt. Cela serait essentiellement lié à la structure de la végétation et à la présence d'une couverture rocheuse. La présence d'un maquis plus au moins dense et des zones découvertes où domine la strate herbacée, expliquent bien la présence et la capture de *M. spretus* au niveau du maquis.

*L. barbarus* a été faiblement capturé par rapport aux deux autres espèces au niveau du maquis et cette espèce n'a pas été capturée en forêt. Le nombre de captures faible est peut être lié aux conditions du milieu en faveur des deux autres espèces ou peut-être dû aussi aux comportements et aux préférences de ce rongeur qui sont inconnus en Kabylie du Djurdjura où *L. barbarus* a été cité uniquement dans des inventaires avec des effectifs qui sont toujours faibles.

*R. norvegicus*, *Mus musculus* et *Rattus rattus* sont des espèces qui partagent le même milieu avec l'homme et ceci explique bien leur capture au niveau du milieu semi-urbain. Les effectifs des captures ont été relativement faibles notamment pour les deux dernières espèces. *R. norvegicus* est l'espèce la mieux capturée au niveau de ce milieu où elle trouve nourriture et refuge.

La sex-ratio est en faveur des mâles pour toutes les espèces, une situation assez fréquente chez les Muridés. Les causes probables à l'origine de cette différence peuvent être nombreuses telles que l'existence d'un nombre de mâles supérieur à celui des femelles à la naissance, le comportement vis à vis des pièges n'est pas le même chez les deux sexes, la longévité des femelles adultes est plus faible ou la prépondérance des mâles est due en partie à l'inactivité des femelles en période de reproduction et allaitement.

L'étude de la biométrie corporelle effectuée sur les différentes espèces de rongeurs (*L. barbarus*, *A. sylvaticus* et *R. norvegicus*) étudiées montre des différences significatives qui varient toutes avec l'âge (en fonction de l'usure dentaire). La plupart des mesures crâniennes relevées varient aussi significativement en fonction de l'usure dentaire.

En fonction des catégories d'âge, les mensurations corporelles et crâniennes varient considérablement chez *L. barbarus* de Boudjima, depuis la première classe d'âge (juvéniles) jusqu'à la classe des adultes. 12 variables crâniennes présentent une différence significative entre les classes d'âges. La longueur moyenne du crâne (Lcr) des juvéniles est égale à  $26,6 \pm 0,6$  mm. Cette dernière augmente chez les, sub-adultes et les adultes respectivement  $Lcr = 28,7 \pm 0,6$  mm et  $Lcr = 30,3 \pm 1,0$  mm).

Les mensurations corporelles et crâniennes varient aussi considérablement chez *A. sylvaticus* de Boudjima et de la forêt de Mizrana, depuis la première classe d'âge (juvéniles) jusqu'à la classe des adultes. La longueur moyenne du crâne (Lcr) des juvéniles est égale à  $26,6 \pm 0,6$  mm. Cette dernière augmente chez les, sub-adultes et les adultes respectivement  $Lcr = 28,7 \pm 0,6$  mm et  $Lcr = 30,3 \pm 1,0$  mm). Pour les variables dentaires, le test de Tukey montre que la largeur du palais présente une différence significative entre juvéniles et adultes ( $l_{pal} = 2,23 \pm 0,10$  mm et  $l_{pal} = 2,32 \pm 0,09$  mm).

En fonction du sexe la majorité des variables ne présentent pas des différences significatives. Toutefois, des différences significatives ont été notées pour la plupart des variables corporelles et crâniennes en fonction de l'usure\*sexe des rongeurs étudiés. Les mesures corporelles relevées sur les mulots capturés dans nos stations sont plus petites que celles de Tunisie. Les variables poids du corps, longueur tête plus corps et longueur de la queue sont plus proches de celles de France.

La matrice de corrélation établie pour les différentes mesures crâniennes prises sur le mulot sylvestre en Kabylie du Djurdjura dans la forêt de Mizrana et le maquis à Boudjima a montré que la plupart des caractères craniométriques sont corrélés positivement entre eux.

Une analyse en composantes principales, utilisée sur les 16 variables crâniennes du mulot sylvestre capturé en maquis et en forêt de Mizrana, a montré que les individus issus de la station forêt de Mizrana semblent avoir un crâne plus grand que ceux du maquis de Boudjima. Une autre analyse en composantes principales, réalisée sur les sept variables mandibulaires et dentaires du mulot sylvestre dans les deux stations, a révélé que les mulots de la forêt semblent avoir une mandibule plus grande que celles des mulots du maquis de Boudjima. Les mensurations corporelles et crâniennes varient considérablement chez *R. norvegicus* de Kabylie du Djurdjura, depuis la classe d'âge des juvéniles jusqu'à la classe des adultes. La masse corporelle moyenne des surmulots de Kabylie varie autour de 80g à 230g. Le dimorphisme sexuel est marqué, le mâle est plus grand et plus lourd que la femelle.

Concernant la phénologie de reproduction et bien que le nombre de rongeurs capturés est relativement faible et ne permet pas de conclure formellement, pourtant nous avons obtenu des informations intéressantes concernant la reproduction des différentes espèces de rongeurs étudiés.

Nous avons constaté une similitude dans le déroulement de la reproduction chez *A. sylvaticus* (maquis et forêt) et *M. sprteus* (maquis) qui est marquée notamment par un arrêt de la reproduction en période sèche (été). Cela se traduit par l'absence de capture d'individus juvéniles durant l'été mais également absence de toute activité sexuelle pour ces deux espèces en cette période. La cause la plus évidente pour expliquer le cycle de reproduction d'*A. sylvaticus* et de *M. sprteus* se trouve dans les changements saisonniers de la disponibilité de la nourriture, généralement pauvre en été (associée à la sécheresse estivale) et abondante en automne-hiver grâce aux précipitations et à la fructification de nombreuses espèces végétales. Pour *L. barbarus*, les juvéniles ont été capturés en juin –juillet et des nids avec des petits ont été trouvés en été, ce qui laisse penser que l'activité reproductrice a eu lieu essentiellement en cette période.

Le rat surmulot ne présente pas de période bien précise pour se reproduire, pourvu que la nourriture abonde cette espèce peut se reproduire tout au long de l'année avec une certaine préférence pour la période estivale ce que s'est traduit par la capture des juvéniles essentiellement en été.

L'analyse de la phénologie de reproduction des différentes espèces de rongeurs étudiées, nous a permis de conclure que l'écologie trophique reste la principale cause probable de la reproduction saisonnière chez ces rongeurs.

L'étude parasitaire effectuée sur 83 *A. sylvaticus* capturés en maquis, 70 *A. sylvaticus* capturés en forêt, 40 *L. barbarus* capturés en maquis et 27 *R. norvegicus* capturés au niveau

du milieu semi-urbain, nous a permis d'avoir des résultats originaux concernant notamment les helminthes parasites mais également nous avons recensé plusieurs espèces d'ectoparasites appartenant à de nombreux groupes taxonomiques. Des poux, des tiques, des puces et d'autres espèces d'acariens ont été prélevés sur les différentes espèces de rongeurs capturées dans les différents milieux étudiés.

Notre travail de recherche a permis de fournir les premières données sur l'helminthofaune de quelques espèces de muridés de la Kabylie du Djurdjura.

Nous avons trouvé une richesse parasitaire assez variée en helminthes pour chaque rongeur. Elle passe de deux espèces chez *L. barbarus* à 6 espèces chez *A. sylvaticus*. Globalement 8 espèces d'helminthes parasites ont été récoltées avec 6 espèces de nématodes et 2 espèces de cestodes. Aucun trématode n'a été rencontré au cours de cette étude chez les rongeurs étudiés. Une richesse parasitaire relativement faible en comparaison avec la plupart des études menées sur les helminthes parasites.

Chez *A. sylvaticus*, les espèces d'helminthes identifiées au niveau des différents milieux prospectés (maquis et forêt) appartiennent aux mêmes espèces dont 4 espèces de nématodes: *Heligmosomoides polygyrus* et *Syphacia stroma* prélevées au niveau du duodénum et de l'intestin grêle, *Syphacia frederici* trouvée au niveau du gros intestin y compris le cæcum et *Rictularia sp.* Récupérée au niveau de l'estomac, du duodénum et de l'intestin grêle. 2 espèces de cestodes *Hymenolepis sp.* Et *Hydatigera parva larvae* sont prélevées au niveau de la cavité abdominale. L'espèce la plus répandue en maquis étant *H. polygyrus*, suivie par *S. frederici* et *S. stroma*. En forêt, *S. stroma* domine et elle est suivie par *S. frederici* et *H. polygyrus*.

Un total de 6944 helminthes parasites a été récolté. Les nématodes représentent une prévalence totale de 55,90% et les cestodes représentent seulement une prévalence de 9,56%. Les taux d'infestations chez *A. sylvaticus* sont plus élevés que ceux de *L. barbarus* et *R. norvegicus*.

L'absence de différences dans le taux d'infestation entre les mâles et les femelles pour toutes les espèces étudiées suggère qu'ils sont tous les deux exposés à l'infection et que le sexe de l'hôte n'a pas d'effet sur la prévalence des helminthes.

Pour toutes les espèces de rongeurs, il ressort qu'en fonction de l'âge les adultes sont les plus fortement infestés que les sub-adultes et les juvéniles. Ils jouent donc un rôle important dans la détermination des prévalences des espèces d'helminthes sur la population de rongeurs.

Nous avons noté également l'absence d'une influence significative de la saison sur toutes les espèces de rongeurs étudiées ce qui est probablement dû à la petite taille de l'échantillon et/ou à la courte période d'étude. En termes d'espèces parasites, l'infestation s'accroît au printemps chez *A. sylvaticus* avec le taux le plus élevé noté chez *H. polygyrus* (85%) en maquis et *S. stroma* (70,26%) en forêt.

Les approches développées dans cette thèse ont permis d'apporter des éléments essentiels et des résultats originaux contribuant à mieux connaître les différentes espèces de rongeurs muridés en Algérie et notamment en Kabylie.

En perspectives, ce travail doit être complété par une étude de la géométrie morphométrique qui est une technique d'analyse de plus en plus utilisée en archéozoologie pour distinguer les espèces proches à partir de l'étude de la conformation des éléments du squelette. Cette technique s'intéresse à la forme des organismes en plus de celle de leur taille.

Par ailleurs, l'aspect parasitaire doit être complété par l'identification des espèces parasites telles que *Hymenolepis* sp., *Rictularia* sp. et les espèces trouvées chez *R. norvegicus* en utilisant d'autres approches notamment moléculaires surtout que les critères morpho-anatomiques sont peu discriminants au niveau spécifique.

Enfin, ce travail doit être étoffé en augmentant la taille de l'échantillon, toucher un grand nombre d'espèces et de milieux afin de mieux cerner les mécanismes évolutifs. De plus, des études éthologiques sont nécessaires pour une meilleure compréhension des interactions intra et interspécifiques.

**Abu-Madi, M.A., Behnke, J.M., Lewis, J.W., et Gilbert, F.S., 2000.** Seasonal and site specific variation in the component community structure of intestinal helminths in *Apodemus sylvaticus* from three contrasting habitats in south-east England. *Journal of Helminthology*, 74: 7-15.

**Ahlgren, P., Jarneving, B. et Rousseau, R., 2003.** Requirements for a cocitation similarity measure, with special reference to Pearson's correlation coefficient. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 54(6): 550-560.

**Ahmim, M., 2019.** Les mammifères d'Algérie. Répartition et Biologie de la Conservation. éditions du Net, 295 p.

**Al-Bassel, D.A., Stietieh, F.M. et Farrag, A.M., 2000.** On the morphology of *Heligmosomoides polygyrus* (Nematoda-Trichostrongylidae) from the field mouse *Apodemus sylvaticus*. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, 30: 443-449.

**Alcantara, M., 1991.** Geographical variation in body size of the wood mouse *Apodemussylvaticus* L. *Mammal.Rev.* 21: 143-150.

**Amori, G., Masciola, S., Saarto, J., Gippoliti, S., Rondinini, C., Chiozza, F. et Luiselli, I., 2012.** Spatial turnover and knowledge gap of African small mammals: using country check lists as a conservation tool. *Biodiversity and Conservation*, 21(7): 1755-1793.

**Amroun, M., Bensidhoum, M., Delattre, P. et Gaubert, Ph., 2013.** Feeding habits of the common genet (*Genetta genetta*) in the area of Djurdjura, north of Algeria. *Mammalia*, 1-9.

**Amrouche-Larabi, L., Denys, C., Boukhemza, M., Bensidhoum, M., Hamani, A., Nicolas, V., Khifer, L. et Mamou, R., 2015.** Inventaire des petits vertébrés terrestres de quelques localités du Nord algérien. *Trav. Inst. Sci. Sér. Gén.*, 8: 85-95.

**Anderson, R.M., 2000.** Nematode parasites of vertebrates. Their development and transmission. CABI Publishing. Wallingford. 650p.

**Angelstam, P., Hansson, L. et Pehrsson, S., 1987.** Distribution borders of field mice *Apodemus sylvaticus*: the importance of seed abundance and landscape composition. *Oikos* 50: 123-130.

**Aplin, K.P., Chesser, T. et Have, J., 2003.** Evolutionary biology of the genus *Rattus*: Profile of an archetypal rodent pest. In: Singleton, G.R, Hinds, L.A., Krebs, C.J. et Spratt, D.M., editors. Rats, mice and people: Rodent biology and management. Canberra: ACIAR. 487-498.

- Antuñez, A., Vargas, J.M., Sans-Coma, V. et Palomo, L.J., 1990.** Quelques aspects du cycle biologique de *Mus spretus* au sud de la Péninsule Ibérique. *Vie Milieu*, 40: 196-200.
- Aulagnier, S., 1992.** Zoogéographie des Mammifères du Maroc : de l'analyse spécifique à la typologie de peuplement à l'échelle régionale. Thèse d'Etat, université Montpellier 2, 236 p.
- Aulagnier, S. et Thévenot, M., 1986.** Catalogue des mammifères sauvages du Maroc. *Travaux de l'institut scientifique*, 41: 163 p.
- Aulagnier, S., Haffner, P., Mitchell-jones, A.J., Moutou, F. et Zima, J., 2008.** Guide des mammifères d'Europe, d'Afrique du nord et du Moyen-orient. Paris, éd. Delachaux et Niestlé, 271 p.
- Banfield, A.W.F., 1977.** Les mammifères du Canada. Deuxième édition. Les Presses de l'Université Laval, Québec, 406 p.
- Bastos, A.D., Nair, D., Taylor, P.J., Brettshneider, H., Kirsten, F., Mostert, E., von Maltitz, E., Lamb, J.M., van Hooft, P., Belmain, S.R., Contrafatto, G., Downs, S., et Chimimba, T.C.H., 2011.** Genetic monitoring detects an overlooked cryptic species and reveals the diversity and distribution of three invasive *Rattus* congeners in South Africa. *BMC Genet.* 12: 26.
- Baylis., H.A., 1926.** On a trichostrongylid nematode from a wood mouse (*Apodemus sylvaticus*). *Annals and Magazine of Natural History*, 18: 661-665.
- Beaucournu, J.C. et Launay H., 1990.** Les Puces de France et du Bassin méditerranéen occidental. Faune de France, 76 : 548 p.
- Behnke, J.M., Bamard, C., Hurst, J.L., Mcgregor, P.K., Gilbert, F.S et Francis, I.W., 1993.** The prevalence and intensity of infection with helminth parasites in *Mus spretus* from the Setubal Peninsula of Portugal. *Journal of Helminthology*, 67:115–122.
- Behnke, J.M., Lewis, J.W., Mohd Zain, S.N. et Gilbert, F.S., 1999.** Helminth infections in *Apodemus sylvaticus* in southern England: interactive effects of hostage, sex and year on prevalence and abundance of infections. *Journal of Helminthology*, 73: 31-44.
- Behnke, J.M., Eira, C., Rogan, M., Gilbert, F.S., Torres, J., Miquel, J. et Lewis, J.W., 2009.** Helminth species richness in wild wood mice, *Apodemus sylvaticus*, is enhanced by the presence of the intestinal nematode *Heligmosomoides polygyrus*. *Parasitology*, 136: 793-804.

- Belkaïd, H., 2016.** Analyse spatiale et environnementale du risque d'incendie de forêt en Algérie. Cas de la Kabylie maritime. Thèse de doctorat, Université de Nice – Sophia Antipolis, 305 p.
- Ben Salem, I., Ben Ibrahim, A., Chetoui, M. B., Cheniti, T. L., et Nouira, S., 2012.** Étude caryologique et morphométrique du Mulot sylvestre (*Apodemus sylvaticus*: Muridae) au nord de la Tunisie. *Ecologia Mediterranea*, 38(1), 75-80.
- Ben Salem, I.B., Ibrahim, A.B., Chetoui, M.B. et Nouira, S., 2018.** Contribution to the study of the genus *Lemniscomys* (Rodentia: Muridae). Morphometric and molecular approaches. *Biologia*, 73(4): 339–349.
- Ben Salem, I., Ben Ibrahim, A. Chetoui, M. et Nouira, S., 2017.** Morphogeometric analysis of eight grass mouse species of the genus *Lemniscomys* (Rodentia: Muridae). *Pakistan J. Zool.* 49 (1):351– 354.
- Ben Ibrahim, A., Ben Salem, I., Labidi, I., Chetoui, M. et Nouira, S., 2019.** Suivi local d'une communauté de rongeurs dans la région de Lansarine au nord de la Tunisie : activité et distribution spatiale et temporelle des espèces. *Ecol. Medit.*, 45: 67-74.
- Bernard, J., 1963.** Etudes sur la faune parasitaire de Tunisie. I. Nématodes parasites des Muridae. *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, 40: 65-74.
- Bernard, J. et Gannoun, A., 1965.** Etude de populations de rongeurs dans les cultures de la vallée de la Medjerda. *Bulletin de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture de Tunis*, 6:41–87.
- Bernard, J., 1967.** Contribution à la connaissance de la faune helminthologique d'Afrique du Nord. *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, 44: 163–182.
- Bernard, J., 1969.** Les Mammifères de Tunisie et des régions voisines. *Bull. Facul. Agro. Tunis*, 24/25: 38-160.
- Birkan, M., 1968.** Répartition écologique et dynamique des populations d'*Apodemus sylvaticus* et *Clethrionomys glareolus* en pinède à Rambouillet. *Rev. Ecol.*, 3: 231-273.
- Blanco, J.C., 1998.** Mamíferos de España. Volum en II. Geo Planeta. Barcelona. 383 p.
- Blanc, G., Delage, B. et Ascione, L., 1962.** Etude épidémio-écologique dans la forêt du Cherrat. *Arch. de l'Inst. Pasteur du Maroc*, 6 : 223- 292.

**Boitani, L., Loy, A. et Molinari, P., 1985.** Temporal and spatial displacement of two sympatric rodents (*Apodemus sylvaticus* and *Mus musculus*) in a Mediterranean coastal habitat. *Oikos*, 15 : 246-252.

**Bordes, F., Ponlet, N., de Bellocq, J. G., Ribas, A., Krasnov, B. R. et Morand, S., 2012.** Is there sex-biased resistance and tolerance in Mediterranean wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) populations facing multiple helminth infections?. *Oecologia*, 170(1), 123-135.

**Boukhemza, M., Doumandji, S., Voisin, C. et Voisin, J.F., 2004.** Comparative utilization pattern of trophic resources by White storks *Ciconia ciconia* and Cattle egrets *Bubulcus ibis* in Kabylia (Algeria). *Revue d'écologie (Terre vie)*, 59 : 559-580.

**Brahmi, K., Mostefaoui, O., Bebba, K., Hadjoudj, M., Doumandji, S., Baziz, B. et Aulagnier, S., 2010.** Extralimital presence of small mammals in north-eastern Algerian Sahara. *Mammalia*, 74(1) : 105-108.

**Britton, J., Pasteur, N. et Thaler, L., 1976.** Les souris du midi de la France: caractérisation génétique de deux groupes de populations sympatriques. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Série III*, 283: 515-518.

**Britton, J. et Thaler, L., 1978.** Evidence for the presence of two sympatric species of mice (gémis *Mus* L.) in southern France based on biochemical genetics. *Biochemical Genetics*, 16: 214- 225.

**Bronson, F.H., 2009.** Climate change and seasonal reproduction in mammals. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 364: 3331-3340.

**Bronson, F.H. et Perrigo, G., 1987.** Seasonal regulation of reproduction in muroid rodents. *Am. Zool.*, 37: 929-940.

**Brosset, A., 1960.** Les Mammifères du Maroc Oriental. Leur répartition, leur Statut actuel. *Bull. Soc. Sc. Nat. et Phys. du Maroc*, 40 : 243-263.

**Bryja, J., Nesvadbová, J., Heroldová, M., Jánová, E., Losík, J. et Tkadlec, E., 2005.** Common vole (*Microtus arvalis*) population sex ratio: biases and process variation. *Can. J. Zool. Rev. can. zool.*, 83 (11): 1391-1399.

**Burgin, C. J., Colella, J. P., Kahn, P. L. et Upham, N. S., 2018.** How many species of mammals are there?. *Journal of Mammalogy*, 99(1), 1-14.

- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M. et Shostak, A. W., 1997.** Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology*, 83(4): 575–583.
- Bush, S. E. et Reed, M., 2013.** Impact of forest size on parasite biodiversity: implications for conservation of hosts and parasites. *Biodiversity and Conservation*, 22 (6) :1391–1404.
- Butet, A. et Paillat, G., 1997.** Insectivores et Rongeurs de France: le Mulot sylvestre – *Apodemus sylvaticus* (Linné, 1758). *Arvicola*, 9: 7-23.
- Butet, A. et Spitz, F., 2001.** Campagnols cycliques: un demi-siècle de recherches. *Revue d'écologie (Terre et Vie)*, 56: 353-372.
- Butler, F.T. et Whelan, J., 1994.** Population structure and reproduction in brown rats (*Rattus norvegicus*) from pig farms, *Journal of Zoology, Lond.*, 233 : 277-291.
- Carleton, M.D. et Van der Straeten, E., 1997.** Morphological differentiation among Sub saharan and North African populations of the *Lemniscomys barbarus* complex (Rodentia: Muridae). *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 110(4): 640–680.
- Cassaing, J., 1984.** Interactions intra- et interspécifiques chez les souris sauvages du Midi de la France, *Mus musculus domesticus* et *Mus spretus*: conséquences sur la compétition entre les deux espèces. *Biology of Behaviour*, 9:281–293.
- Cassaing, J. et Croset H., 1985.** Organisation spatiale, compétition et dynamique des populations sauvages de souris (*Mus spretus* Lataste et *Mus musculus domesticus* Ruddy) du Midi de la France. *Z. Säugetierk.*, 50: 271-284.
- Chagas, C.R.F., Gonzalez, I.L., Favoretto, S.M., et Ramos, P.L., 2017.** Parasitological surveillance in a rat (*Rattus norvegicus*) colony in São Paulo Zoo animal house. *Annals of Parasitology*, 63(4) : 291–297.
- Chakir, I., 2014.** Rôle du gène horloge Clock dans l'intégration de la photopériode par les noyaux suprachiasmatiques chez un rongeur nocturne, *Mesocricetus auratus*, et dans le déterminisme de la diurnalité chez un rongeur diurne, *Lemniscomys barbarus*. Doctoral thesis at the Abdelmalek Essaâdi University, Tétouan, Morocco. 247p.
- Cheniti, T.L. et Sami, K., 1989.** *Lemniscomys barbarus* (rongeurs, Muridae) : données biosystématiques et écologiques. *Rev. Fac. Sci. Tunis* 4 (D) : 89-102.
- Combes, C., 2001.** Parasitism: the ecology and evolution of intimate interactions, University of Chicago Press. 628 p.

**Corbet, G.B., 1978.** The mammals of the Palearctic region. A taxonomic review. Cornell Univ. Press, London- Ithaca: 314 p.

**Corbet, G.B. et Hill, J. E., 1992.** The Mammals of the Indomalayan Region: A Systematic Review, Oxford University Press, London- Ithaca: 314p.

**Daget, P., 1977.** Le bioclimat méditerranéen: analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetatio*, 34: 87-103.

**Dagnelie, P., 1975.** Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques. Ed. Presses agronomiques de Gembloux, Vol. II, 463 p.

**Daoud, M.N. et Ouarour, A., 2017.** Body Temperature Patterns in Captive Barbary Striped Grass Mousse (*Lemniscomys barbarus*): Influence of Photoperiod and Sex Steroids. *Transactions on Machine Learning and Artificial Intelligence*, 5(4): 30-42.

**Darviche, D., 1978.** Approche morphologique et biométrique de la biosystématique à la lumière de la génétique biochimique des populations. Application aux genres *Mus* et *Apodemus* (Mammalia, Rodentia). Thèse 3<sup>ème</sup> Cycle (Evolution et Biosystématique), Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 191 p.

**Davis, D. E., 1951.** A comparison of the reproductive potential of two rat populations. *Ecology*, 32: 469-475.

**Davis, D.E., 1953.** Les caractéristiques des populations de rats. *Rev. Biol.* 28 : 373-401.

**Davis, D.E., 1949.** The weight of wild brown rats at sexual maturity. *Journal of Mammalogy* 30: 125-130.

**Debenedetti, A. L., Sainz–Elipe, S., Saéz–Durán, S., Galicia, D., Imaz, A., Galán–Puchades, M. T. et Fuentes, M. V., 2014.** The helminth community of the wood mouse *Apodemus sylvaticus* from Erro River valley, Navarre, Spain. *Journal of Helminthology*, 89(6): 727–733.

**Delattre, P. et Le Louarn, H., 1980.** Cycle de reproduction du rat noir (*Rattus rattus*) et du surmulot (*Rattus norvegicus*) dans différents milieux de la Guadeloupe (Antilles françaises). *Mammalia*, 44: 233-243.

**Denys, C., Taylor, P.J., et Aplin, K.P., 2017.** Family Muridae. In: Handbook of the Mammals of the World. 7. Rodents II. (eds. Wilson, D.E., Mittermeier, R.A. et Lacher, T.E.). Lynx, Barcelona, 769p.

- Denys, C., 2017a.** *Apodemus sylvaticus*. In: Handbook of the mammals of the World. 6. Rodents II (eds. Wilson D.E., Mittermeier, R.A. et Lacher, T.E.). Lynx, Barcelona, 780-781.
- Denys, C., 2017b.** *Mus spretus*. In: Handbook of the mammals of the World. 6. Rodents II (eds. Wilson D.E., Mittermeier, R.A. et Lacher, T.E.). Lynx, Barcelona, 789-790.
- Denys, C., 2017c.** Institut de Systématique, Evolution, Biodiversité, Muséum national d'Histoire naturelle, Sorbonne Université, 1 p.
- Denys, C., Stoetzel, E., Lalis, A., Nicolas, V., Delapre, A., Mataame, A., Tifraouine, L., Rihane, A., El Brini, H., Liefrid, S., Fahd, S., Ouarour, A., Cherkaoui, A., Fekhaoui, M., Benhoussa, A., El Hassani, A. et Benazzou, T., 2015.** Inventaire des petits mammifères de milieux anthropisés et naturels du Maroc septentrional. in: Approche intégrative de la 6ème extinction : influence de l'installation des hommes modernes au Maroc sur l'évolution de la biodiversité des petits vertébrés terrestres. *Trav. Inst. Sci. Sér. Gén.*, 8: 113-126.
- Deter, J., Chaval, Y., Galan, M., Berthier, K., Salvador, A. R., Casanova Garcia, J. C., et Charbonnel, N., 2007.** Linking demography and host dispersal to *Trichuris arvicolae* distribution in a cyclic vole species. *International Journal for Parasitology*, 37(7): 813–824.
- Díaz, M. et Alonso, C.L., 2003.** Wood mouse *Apodemus sylvaticus* winter food supply, density, condition breeding, and parasites. *Ecology*, 84: 2680-2691.
- Dobigny, G., Baylac, M. et Denys, C., 2002.** Geometric morphometrics, neural networks and diagnosis of sibling *Taterillus* species (Rodentia, Gerbillinae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 77(3), 319-327.
- Dobson, M., 1998.** Mammals distributions in the western Mediterranean: the role of human intervention. *Mammal Rev.*, 28 (2): 77- 88.
- Dollfus, R. Ph. et Desportes, C., 1945.** Sur le genre *Rictularia* Froelich, 1802 (Nematoda : Spirudoidea). *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, 20 (1-2) : 6-34.
- Dollfus, R. P., 1960.** Miscellanea helminthological maroccana. XXXII. Nématode du genre *Rictularia* chez un *Apodemus* en Moyen-Atlas. *Archives de l'Institut Pasteur Maroc*, 6: 5–25.
- Dress, F., 2007.** Les probabilités et la statistique de A à Z- 500 définitions, formules et tests d'hypothèse. 208p.
- Drouai, H., Belhamra, M. et Mimeche, F., 2018.** Inventory and distribution of the rodents in Aurès Mountains and Ziban oasis (Northeast of Algeria). *Annales de Biología* 40: 47-55.

- Dufour, B.A., 1978.** Effect of external and internal factors upon burrowing and nestbuilding activities of the wood-mouse (*Apodemus sylvaticus*) in terrarium conditions. *Behav.Processes*, 3: 57-76.
- Duplantier, J.M., Orsini, P. et Thohari, M., 1984.** Echantillonnage des populations de Muridés. Influence du protocole de piégeage sur les paramètres démographiques. *Mammalia*, 48(1) : 129- 141.
- Dupouey, J., Faucher, B., Edouard, S., Richet, H., Broucker, C.A. et Marié., J.L., 2014.** Epidemiological Investigation of a Human Leptospirosis Case Reported in a Suburban Area near Marseille. *New Microbes and New Infections*, 2 (3): 82-83.
- Eddine, A., 2017.** Eco-éthologie et diversité génétique du Loup doré d'Afrique (*Canis anthus*) en Algérie. Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle (LMD) en Foresterie, Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen, Algeria,161p.
- Ekue, M.R.M., Mensah, G.A. et Bergmans W., 2002.** Détermination des rongeurs. *Actes du séminaire- atelier sur la mammalogie et la biodiversité*, 30 octobre – 18 novembre 2002, Société pour l'Etude et la Protection des mammifères, *Abomey- Calavi* : 105- 112.
- Eira, C., Torres, J., Vingada, J. et Miquel, J., 2006.** Ecological aspects influencing the helminth community of the wood mouse *Apodemus sylvaticus* in Dunas de Mira, Portugal. *Acta Parasitologica*, 51: 300-308.
- Ellerman, J.R. et Morrison- Scott T.C.S., 1951.** Checklist of Palearctic and Indian Mammals 1758 to 1946. *British Museum (Natural History), London*, 810 P.
- Elton, C.S., 1924.** Periodic fluctuations in numbers of animals: their causes and effects. *British J. Exp. Biol.*, 2: 119-163.
- Emlen, J.T., Jr., A.W. Stokes et C.P. Winsor., 1948.** The rate of recovery of decimated populations of brown rats in nature. *Ecology* 29: 133-145.
- Ezeudu, T.A, Idika, I. K., Eze, U. U., Anyogu, D.C., Aneke, I. C., Nzeakor, N. C. et Chah, K., 2017.** Helminth parasites of *Lemniscomys striatus* (striped grass mouse) and *Cricetomys gambianus* (giant African rat) in Nsukka, Nigeria. *Asian Pac J Trop.* 7(2): 80-83.
- Fa, J.E., Shaw, E. et Santana, A., 1992.** Habitat associations of small mammals in a southern Spanish fir forest. *Mammalia*, 56 (3): 478-488.

- Feliu, C., Renaud, F., Catzelis, F., Hugot, J.P., Durand, P. et Morand, S., 1997.** Comparative analysis of parasites species richness of Iberian rodents. *Parasitology*, 115: 453-466.
- Feng, A. Y. T. et Himsforth, C. G., 2013.** The Secret Life of the City Rat: A Review of the Ecology of Urban Norway and Black Rats (*Rattus Norvegicus* and *Rattus Rattus*). *Urban Ecosystems*, 17 (1): 149- 62.
- Felten, H., 1952.** Untersuchungen zur Ökologie und Morphologie der Waldmaus (*Apodemus sylvaticus* Linnaeus.) und der Gelbhalsmaus (*Apodemus flavicollis* Melchior) in Rhein- Main Gebiet. *Bonn. Zool. Beir.* 3: 187-206.
- Filippucci, M.G., 1992.** Allozyme variation and divergence among European, Middle Eastern, and North African species of the genus *Apodemus* (Rodentia, Muridae). *Israel Journal of Zoology*, 38: 193–218.
- Fons, R., Libois, R. et Saint-Girons, M.C., 1980.** Les micromammifères dans le département des Pyrénées- Orientales. Essai de répartition altitudinale en liaison avec les étages de végétations. *Vie Milieu*, 30: 285- 299.
- Fons, R., Grabulosa, I., Saint-Girons, M.C., Galan Puchades, M.T. et Feliu, C., 1988.** Incendie et cicatrization des écosystèmes méditerranéens dynamique du repeuplement en micromammifères. *Vie Milieu*, 38: 259-280.
- Fons, R. et Saint Girons, M.C., 1993.** Le cycle sexuel chez le Mulot sylvestre, *Apodemus sylvaticus* (L., 1758), (Muridae) en région méditerranéenne. *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 58: 38-47.
- Franssen, F., Swart, A., van Knapen, F. et van der Giessen, J., 2016.** Helminth parasites in black rats (*Rattus rattus*) and brown rats (*Rattus norvegicus*) from different environments in the Netherlands. *Infection ecology & epidemiology*, 6(1): 1-15.
- Fuentes, M.V., Cerezuela, A.M. et Galán-Puchades, M.T., 2000.** A helminthological survey of small mammals (insectivores and rodents) in the Serra Calderona mountains (Valencian Community, Spain). *Research and Reviews in Parasitology*, 60: 25-35.
- Fuentes, M.V., Sáez, S., Trelis, M., Muñoz-Antolí, C. et Esteban, J.G., 2004.** The helminth community of *Apodemus sylvaticus* (Rodentia, Muridae) in the Sierra de Gredos (Spain). *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, 2: 1-6.

**Fuentes, M.V., Sainz-Elipe, S., Sáez-Durán, S. et Galán-Puchades, M.T., 2009.** Helminth parasites of small mammals as biological indicators of the post-fire regeneration process in Mediterranean ecosystems and preliminary small mammal/helminth GIS models. *Revista Ibero-latinoamericana de Parasitología*, 1: 46-55.

**Fuentes, M.V., Sainz-Elipe, S., Sáez-Durán, S. et Galán-Puchades, M.T., 2010.** The helminth community of the wood mouse *Apodemus sylvaticus* in a Mediterranean ecosystem in regeneration ten years after a wildfire. *Journal of Helminthology*, 84: 39-48.

**Gautun, J.C., 1975.** Périodicité de la reproduction de quelques rongeurs d'une savane préforestière du centre de la Côte d'Ivoire. *Terre Vie*, 29 : 265-287.

**Gautun, J.C., 1981.** Ecologie des rongeurs de savane en moyenne Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 165 p.

**Gharaibeh, B.M., 1997.** Systematic, distribution, and zoogeography of mammals of Tunisia. Ph.D. Thesis, Texas Tech University, Lubbock. 354 p.

**Gillieron, J., 2012.** Les mammifères de l'Arc Alpin, Glénat, 408 p.

**Glass, G.E., Childs, J.E., Korch, G.W. et Leduc, J.W., 1989.** Comparative ecology and social interactions of Norway rat (*Rattus norvegicus*) populations in Baltimore, Maryland. *Occasional papers of the Museum of Natural History*, 130: 1-33.

**Gockel, J. et Ruf, T., 2001.** Alternative seasonal reproductive strategies in wild rodent populations. *J.Mammal.*, 82:1034-1046.

**Gosálbez, J., 1987.** Insectívors i rosegadors de Catalunya. Metodologia d'estudi I catalog faunístic. Ketres Editora, S.A. Barcelona. 241p.

**Gregory, R.D., Keymer, A.E. et Clarke, J.R., 1990.** Genetics, sex and exposure. The ecology of *Heligmosomoides polygyrus* (Nematoda) in the wood mouse. *Journal of Animal Ecology*, 59: 363-378.

**Gregory, R.D., Keymer, A.E. et Harvey, P.H., 1996.** Helminth parasite richness among vertebrates. *Biodiversity Conservation*, 5 : 985-997.

**Grojean, B., 2001.** Les petits mammifères « nuisibles » représentent-ils un risque pour l'homme? Thèse de Doc. Faculté de médecine et pharmacie. Université Henri Poincaré - Nancy 1, 133 p.

- Hamdine, W., Thevenot, M., Sellami, M. et Desmet, K., 1993.** Feeding ecology of the genet (*Genetta genetta* linné, 1758) in Djurdjura national park, Algeria. *Mammalia*, 57(1) : 9-18.
- Hamdine, W. et Poitevin, F., 1994.** Données préliminaires sur l'écologie du Mulot sylvestre *Apodemus sylvaticus* Linné, 1758, Parc national du Djurdjura, Algérie. *Rev. Ecol.*, 49: 181-186.
- Hamdine, W., Boukhemza, M., Doumandji, S., Poitevin, F. et Thevenot, M., 1999.** Premières données sur le régime alimentaire de la Chouette hulotte (*Strix aluco mauritanica*) en Algérie. *Ecologia mediterranea*, 25 (1): 111-123.
- Hamdine, W., 2000.** Biosystématique et écologie des populations de Gerbillidés dans les milieux arides, région de Béni-Abbès (Algérie). Thèse Doc. État, Fac. Sci. ing., Univ. Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 147 p.
- Haniza, M. Z.H., Adams, S., Jones, E. P., MacNicoll, A., Mallon, B.E., Smith R.H. et Lambert, S.M., 2015.** Large-scale structure of brown rat (*Rattus norvegicus*) populations in England: Effects on rodenticide resistance. *PeerJ*, 3:4-58. Doi: 10.7717/peerj.1458.
- Hansson, L., 1971:** small rodents food, feeding and population dynamics. A comparison between granivorous and herbivorous species in Scandinavia. *Oikos*, 22: 183- 198.
- Hánová, A., Konečný, A., Nicolas, V., Denys, C., Granjon, L., Lavrenchenko, L.A., Šumbera, R., Mikula, O. et Bryja, J., 2020.** Multilocus phylogeny of African striped grass mice (*Lemniscomys*): stripe pattern only partly reflects evolutionary relationships, *Molecular Phylogenetics and Evolution*. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2020.107007>.
- Happold, D.C.D., 2013.** *Mammals of Africa*, vol. 3 : Rodents, Hares and Rabbits. Londres, Bloomsbury, 784 p.
- Harich, N. et Benazzou, T., 1990.** Contribution à l'étude de la Biologie du Mulot (*Apodemus sylvaticus*, Rongeurs, Muridés) de la plaine côtière du Maroc. *Mammalia*, 54: 47-59.
- Herbreteau, V., Jittapalapong, S., Rerkamnuaychoke, W., Chaval, Y., Cosson, J.F. et Morand, S., 2011.** *Protocols for field and laboratory rodent studies*. Kasetsart University Press, Bangkok, 56 p.
- Himsworth, C.G., Jardine, C.M., Parsons, K.L., Feng, A.Y.T. et Patrick, D.M., 2014.** The Characteristics of Wild Rat (*Rattus spp.*) Populations from an Inner-City Neighborhood

with a Focus on Factors Critical to the Understanding of Rat-Associated Zoonoses. *PloS One*, 9(3): e91654. <https://doi:10.1371/journal.pone.0091654>.

**Hollister, N., 1919.** East African Mammals in the United States National Museum, Part II: Rodentia, Lagomorpha and Tubulidentata (Vol. 99). *US Government Printing Office*.

**Hurst, J.L., Gray, S.J., Davey, P., Young, D., Corbishley, J. et Dawson, C., 1997.** Social interaction alters attraction to competitors odour in the mouse *Mus spretus* Lataste. *Animal Behaviour* 54: 941–953.

**Jamon, M., 1986.** The dynamics of wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) populations in the Camargue. *Journal of Zoology*, 208: 569- 582.

**Jrijer, J., 2016.** Les Helminthes parasites de Micromammifères : Biodiversité et Implications pratiques. Thèse de Doctorat, Université de Sfax (Tunis), 183 p.

**Kendall, P.B., 1984.** Seasonal changes of sex ratio in Norway rat (*Rattus norvegicus*) populations in Wales. *J. Zool., Lond.* 203: 288-291.

**Khammes, N., 1998.** Biologie comparée du Mulot sylvestre *Apodemus sylvaticus* Linnaeus, 1758 et de la Souris sauvage *Mus spretus* Lataste, 1883 en région méditerranéenne d'Algérie. Magist. Biol. thesis, M. Mammeri University, Tizi-Ouzou, Algeria, 109 p.

**Khammes, N., 2008.** Fragmentation des populations de rongeurs muridés en Méditerranée Occidentale: de l'échelle stationnelle à l'aire de répartition. PhD thesis, University of Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Algeria, 191 p.

**Khammes, N. et Aulagnier, S., 2003.** Insectivores et rongeurs de France: la souris d'Afrique du Nord *Mus spretus* Lataste, 1883. *Arvicola* 15:11–29.

**Khammes, N. et Aulagnier, S., 2007.** Diet of the wood mouse, *Apodemus sylvaticus*, in three biotopes of Kabylie of Djurdjura (Algeria). *Folia Zool.*, 56: 243-252.

**Khammes-El Homs, N. et Aulagnier, S., 2010.** Unexpected morphometric differentiation of the Algerian mouse, *Mus spretus* (Rodentia: Muridae) from Kabylie of Djurdjura (Algeria). *Mammalia*, 74: 199–207.

**Khidas, K., 1993.** Distribution des rongeurs en Kabylie du Djurdjura (Algérie). *Mammalia*, 57: 207-212.

**Khidas, K. et Hansel, H., 1995.** Burrowing behaviour and architecture in *Apodemus sylvaticus* (Rodentia). *Z.Säugetierkunde*, 60: 246-250.

**Khidas, K., 1998.** Distributions et normes de sélection de l'habitat chez les mammifères terrestres de la Kabylie de Djurdjura. Thèse de Doctorat d'Etat en Biologie. Université de Tizi- Ouzou, 235 p.

**Khidas, K., Khammes, N., Khelloufi, S., Lek, S. et Aulagnier, S., 2002.** Abundance of the wood mouse *Apodemus sylvaticus* and the Algerian mouse *Mus spretus* (Rodentia, Muridae) in different habitats of Northern Algeria. *Mammal. Biol.*, 67: 34-41.

**Kisielewska, K., 1971.** Le problème de synécologie chez les helminthes parasites de micromammifères. *Comp. Rend. I Multicolloque Européen de parasitologie Rennes* : 23-25.

**Klein, J.M., Poulet, A.R. et Simonkovich, E., 1975.** Observations écologiques dans une zone enzootique de peste en Mauritanie. I. Les rongeurs, et en particulier *Gerbillus gerbillus* Olivier, 1801 (Rodentia, Gerbillinae). *Cah. Orstom. Sér. Ent. méd. Parasitol.*, 13: 13-28.

**Kock, D. et Felten, H., 1980.** Typen und Typus- Lokalität von *Apodemus sylvaticus rufescens* Saint Girons u. Bree, 1963 (Mammalia: Rodentia: Muridae). *Senckenberg. Biol.*, 60: 277-283.

**Kowalski, K., 1985.** Annual cycle of reproduction in *Apodemus sylvaticus* in Algeria. *Acta Zool. Fenn.*, 173: 85-86.

**Kowalski, K. et Rzebiak-Kowalska, B., 1991.** Mammals of Algeria. Ossolineum (Poland), 270 p.

**Lahmam, M., El M'rabet A., Ouarour A., Pevet P. et Challet E., 2008.** Daily behavioral rhythmicity and organization of the suprachiasmatic nuclei in the diurnal rodent, *Lemniscomys barbarus*. *Chronobiol. Int.*, 25: 882-904.

**Lalis, A., Lecompte, E., Cornette, R., Moulin, S., Machangu, R. S., Makundi, R. et Denys, C., 2006.** Polymorphism of the age population structure of two wild *Mastomys natalensis* (Rodentia: Muridae) Tanzanian habitat samples: a multicriteria comparison. *Mammalia*, 70(3-4): 293-299.

**Lalis, A., Leblois R., Liefried S., Ouarour A., Beeravolu C. R., Michaux J., Hamani A., Denys, C. et Nicolas V., 2016.** New molecular data favour an anthropogenic introduction of the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) in North Africa. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 54(1): 1-12.

- Lambin, X., Bretagnolle, V. et Yoccoz, N. G., 2006.** Vole population cycles in northern and southern Europe: Is there a need for different explanations for single pattern? *Journal of Animal Ecology* 75: 340-349.
- Lataste, F., 1883.** Note sur les souris d'Algérie et description d'une espèce nouvelle (*Mus spretus*). *Actes de société Linnéenne de Bordeaux*, 37 : 13- 35.
- Latteur, G., 2000.** Les rongeurs commensaux, les rongeurs des champs, le rat musqué et la taupe: biologie et lutte. Centre de Recherche Agronomique de Gembloux (Belgique), 16 p.
- Leandro, R.M, Luiza C.D. et Sergio F.D.R., 2003.** Environmental correlates of geographical variation in skull and mandible shape of the punare rat ' *Thrichomys apereoides* (Rodentia: Echimyidae). *J. Zool., Lond.*, 261: 47-57.
- Lenkiewicz, S. et Saint Girons, M.C., 1964.** Notes sur le rythme nyctéméral d'activité chez *Lemniscomys barbarus* (L., 1766) au laboratoire. *Mammalia*, 28: 453-461.
- Le Louarn, H., 1971.** Détermination de l'âge par la pesée des cristallins chez quelques espèces de rongeurs. *Mammalia*, 35. (4) : 636-643.
- Le Louarn, H. et Quéré, J.P., 2003.** Les rongeurs de France : faunistique et biologie. INRA - Paris : 256 p.
- Lewis, J.W., 1968.** Studies on the helminth parasites of the long-tailed field mouse, *Apodemus sylvaticus sylvaticus* from Wales. *Journal of Zoology*, 154: 287-312.
- Libois, R.M., Michaux, J.R., Ramalinho M.G., Maurois, C., et Sara, M., 2001.** On the origin and systematic of the northern African wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) populations: a comparative study of mtDNA restriction patterns. *Canad.J. Zool.*, 79: 1- 9.
- Mailhe, G., 2009.** La lutte contre les rongeurs commensaux, Ministère des affaires sociales et de la solidarité nationale, Paris, 41P.
- Macdonald, D. et Barrett, P., 1995.** Guide des mammifères de France et d'Europe, Delachaux et Niestlé, Lausanne, 304 p.
- Meddour-sahar, O. et Derridj, A., 2010.** Le risque incendie de forêt : évaluation et cartographie. Le cas de la wilaya de Tizi Ouzou, Algérie (période 1986-2005). *Revue Sécheresse*, 21 (3) : 187-95.
- Malek, M. A., Hammani, A., Beneldjouzi Aet Bitam, I., 2015.** Enzootic plague foci, Algeria. *NewMicrobes and New Infections*. 4 : 13-16.

- Malil, 2012.** Comparaison des caractéristiques du régime alimentaire et de l'occupation de l'espace de la Genette (*Genetta genetta* L.1758) dans deux milieux du Nord algérien : Parcs Nationaux du Djurdjura et d'El- Kala. Thèse de Mgister en Biologie. Université de Tizi-Ouzou, 172 p.
- Marshall, J. T. et Sage, R.D., 1981.** Taxonomy of the house mouse. *Symposium of the Zoological Society of London*,47:15-25.
- Martinet, L., et Spitz, F., 1971.**Variations saisonnières de la croissance et de la mortalité du Campagnol des champs, *Microtus arvalis*. Rôle du photopériodisme et de la végétation sur ces variations. *Mammalia*, 35: 38-84.
- Meunier, M., Stoetzel, E., Souttou K., Sekour, M., Moussa, H., Boukhemza, M., Doumandji, S. et Denys, C., 2020.** Mise à jour de la liste des rongeurs d'Algérie, biogéographie et implications paléoécologiques. *Bull. Soc. zool. Fr.*, 145(4) : 413-474.
- Michaux, J.R., Magnanou, E., Nierberding C., et Libois, R., 2002.** Phylogéographie mitochondriale du mulot sylvestre (*Apodemus sylvaticus*) dans la région Paléarctique occidentale. *Biosystema*, 20 : 115- 130.
- Milazzo, C., Di Bella, C., Casanova, J. C., Ribas, A. et Cagnin, M., 2010a.**Helminth communities of wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) on the River Avena (Calabria, southern Italy). *Hystrix*, 21(2): 171–176.
- Milazzo, C., Ribas, A., Casanova, J. C., Cagnin, M., Geraci, F., et Di Bella, C. (2010b).** Helminths of the brown rat (*Rattus norvegicus*) (Berkenhout, 1769) in the city of Palermo, Italy. *Helminthologia*, 47(4), 238-240.
- Monadjem, A., Taylor, P.J., Denys, C., et Cotterill, F.P.D., 2015.** Rodents of Sub-Saharan Africa. A biographic and taxonomic synthesis. *Walter de Gruyter*, Berlin/ Munich/Boston, 1092 p.
- Montgomery, W. I., 1980.** Spatial organization in sympatric populations of *Apodemus sylvaticus* and *A. flavicollis* (Rodentia: Muridae). *Journal of Zoology* (London), 192:379–401.
- Montgomery, S.S.J., et Montgomery, W.I., 1988.** Cyclic and non cyclic dynamics in populations of the helminth parasites of wood mice *Apodemus sylvaticus*. *Journal of Helminthology*, 62: 78-90.

- Montgomery, S.S.J. et Montgomery, W.I., 1990.** Structure, stability and species interactions in helminth communities of wood mice *Apodemus sylvaticus*. *International Journal for Parasitology*, 20: 225-242.
- Montgomery, W.I., Wilson, W.L., Hamilton, R. et McCartney, P., 1991.** Dispersion in the wood mouse *Apodemus sylvaticus* variables resources in time and space. *Journal of Animal Ecology*, 60: 179-192.
- Montgomery, W.I., 1999.** *Apodemus sylvaticus* (Linnaeus, 1758). In: Mitchell-Jones, A.J., Amori, G., Bogdanowicz, W., Krystufek, B., Reijnders P.J.H., Spitzenberger, F., Stubbe, M., Thissen J.B.M., Vohralik V. et Zima, J., (eds), the Atlas of European Mammals. *Academic Press, London*: 274- 275.
- Moors, P. J., 1985.** Norway rats (*Rattus norvegicus*) on the noises and motukawao islands, Hauraki Gulf, New Zéaland. *New Zealand Journal of Ecology*, 8: 37-54.
- Morand S., Krasnov, B.R. et Poulin, R., 2006.** Micromammals and Macroparasites. From evolutionary ecology to management. Springer. Tokyo. 647P.
- Morand, S., F. Bordes, H.-W. Chen, J. Claude, J.-F. Cosson. et Galan, M. 2015.** Global Parasite and *Rattus* Rodent Invasions: The Consequences for Rodent-Borne Diseases. *Integrative Zoology*, 10: 409-423.
- Moreno, S. et Kufner, M.B., 1988.** Seasonal pattern in the wood mouse population in Mediterranean scrubland. *Acta Theriol.*, 33: 79-85.
- Moreno, E. et Barbosa, A., 1992.** Distribution patterns of small mammal fauna along a gradient of latitude and altitude in northern Spain. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 53:169–175.
- Moreno, S. et Rouco, C., 2013.** Responses of a small- mammal community to habitat management through controlled burning in a protected Mediterranean area. *Acta Oecol.* 49: 1-4.
- Mostefai, N., Sellami, M. et Grenot, C., 2003.** Contribution à la connaissance du régime alimentaire de la genette commune (*Genetta genetta*) dans la réserve cynégétique de Moutas, Tlemcen (Algerie). *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 128: 227-237.
- Muñoz, A. et Bonal, R., 2007.** Rodents change acorn dispersal behaviour in response to ungulate presence, *Oikos.*, 116: 1631- 1638.

- Muñoz, A. et Bonal, R., 2008.** Seed choice by rodents. Learning or inheritance? *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 62: 913- 922.
- Musser, G. G., Brothers, E. M., Carleton, M. D. et Hutterer, R., 1996.** Taxonomy and distributional records of Oriental and European *Apodemus*, with a review of the *Apodemus*–*Sylvamus* problem. *Bonn. Zool. Beitr.* 46:143-19.
- Musser, G.G. et Carleton, M.D., 2005.** Superfamily Muroidea. *in*: Wilson, D.E., et Reeder, D.M., (eds), *Mammals species of the world. 3<sup>rd</sup>ed.* The John HOPKINS University Press, Baltimore: 2141 p.
- Nicolas, V. et Colyn, M., 2003.** Seasonal variations in population and community structure of small rodents in a tropical forest of Gabon. *Canadian Journal of Zoology*, 81(6), 1034–1046.
- Niethammer, J., 1978.** *Apodemus sylvaticus* (Linnaeus, 1758)-Waldmaus. *Handbuch der Säugetiere Europas*, 1(1), 337-358.
- Noguerles, V., Traba, J., Mata, C. et Morales, M.B., 2015.** Sélection de l'habitat hivernal chez deux petits mammifères sympatriques des terres agricoles : *Apodemus sylvaticus* et *Mus spretus*. *Rev. Ecol. Terre Vie*, 70 : 70-82 .
- Norrdahl, K., Korpimäki, E. 2002.** Changes in individual quality during a 3-year population cycle of voles. *Oecologia* 130:239-249.
- Nowak, R. M., 1999.** *Walker's Mammals of the World*. Fifth edition. Vol 2. The John Hopkins University Press.
- Nunn, C.L., Altizer, S., Jones, K.E., Sechrest, W., 2003.** Comparative tests of parasite species richness in primates. *Amer. Nat.*, 162:597–614.
- Orsini, P., 1981.** Premiers échantillonnages de micromammifères en Provence. *Mammalia*, 45: 187–197.
- Orsini, P., Cassaing, J., Duplantier, J.M. et Croset, H., 1982.** Premières données sur l'écologie des populations naturelles de Souris, *Mus spretus* Lataste et *Mus musculus domesticus* Ruddy dans le midi de la France. *Rev. Ecol.*, 36: 321-336.
- Orsini, P., Faugier, C. et Butet, A., 2001.** Identification des insectivores et rongeurs de France: les espèces jumelles de souris, *Mus musculus domesticus* et *Mus spretus*. *Arvicola* 13:9–11.

- Osborn, D.J. et Helmy, I., 1980.** The contemporary land mammals of Egypt (including Sinai). *Fieldiana Zoology, New series*, (5) (published by *Field. Mus. Nat. His.*): 579 p.
- Palmeirim, M., Bordes, F., Chaisiri, K., Siribat, P., Ribas, A. et Morand, S., 2014.** Helminth parasite species richness in rodents from Southeast Asia: role of host species and habitat. *Parasitology Research*, 113(10): 3713-3726.
- Palomo, L.J., España, M., López-Fuster, M.J., Gosálbez, J. et Sans Coma, V., 1983.** Sobre la variabilidad genética y morfométrica de *Mus spretus* Lataste, 1883 en la Península Ibérica. *Misc. Zool.*, 7: 171- 192.
- Palomo, L.J., Antuñez, A., Ibañez, C., Vargas, J.M. et Sans Coma, V., 1985.** Estudio taxonómico de *Mus spretus* Lataste, 1883 del norte de Marruecos. *Misc. Zool.*, 9: 367-374.
- Palomo, L. J., 2007.** *Mus spretus* Lataste, 1883. 464-466 in *Atlas y libro rojo de los mamíferos terrestres de España* (Palomo, L.J., Gisbert, J. et Blanco, J.C., eds.). Dirección General para la Biodiversidad–SECEM–SECEMU, Madrid, Spain.
- Palomo, L.J., Justo, E.R. et Vargas, J.M., 2009.** *Mus spretus* (Rodentia: Muridae). *Mammalian species*, 840: 1-10.
- Petter, F., 1955.** Note sur l'estivation et l'hibernation observées chez plusieurs espèces de rongeurs. *Mammalia*, 19: 444- 446.
- Petter, F. et Saint-Girons, M.c., 1965.** Les rongeurs du Maroc. *Trav. Inst.Sc. Chérifien*, 31: 1-55.
- Philippeau, G., 1992.** Analyse en composantes principales. Collection STAT-ITCF. Institut Technique des Céréales et Fourrages. 15P.
- Pons, J., Pausas, J.G., 2007.** Rodent acorn selection in a Mediterranean oak landscape. *Ecol.Res.*, 22: 535–541.
- Poulet, R., 1980.** Détermination de l'âge par pesée des cristallins chez cinq espèces de rongeurs Muridés et Gerbillidés de l'ouest de l'Afrique. *Mammalia*, 44(3) : 382-398.
- Puckett, E.E., Park, J., Combs, M., Blum M.J., Bryant J.E., Caccone A., Costa, F., Deinum, E.E., Esther, A., Himsworth, C. G., Keightley, P.D., KO, A., Lundkvist, A., McElhinney, M.L., Morand, S., Ronbins, J., Russell, J., Strand, T.M., Suarez, O., Yon, L. et Munshi- South, J., 2016.** Global population divergence and admixture of the brown rat (*Rattus norvegicus*). *Proc. R. Soc. B* 283:1-9.

**Quere, J.P, Giradoux, P. et Faivre, B., 1994.** Détermination de structure en âge relatif d'une population de *Microtus arvalis* (Rongeurs, Arvicolidés) par mesure astrométriques crâniennes ou mandibulaires. *Mammalia*, 58 (2) : 269-282.

**Quéré, J.P. et Le Louarn, H., 2011.** Les rongeurs de France : Faunistique et biologie. Collection guide pratique. 3ème ed. Quae, Versailles, 311P.

**Ranjbar, M.J., Sarkari, B., Mowlavi, G.R., Seifollahi, Z., Moshfe, A., Abdoulahi Khaisi, S. et Mobedi, I., 2017.** Helminth Infections of Rodents and their Zoonotic Importance in Boyer- Ahmed District, Southwestern Iran. *Iran J Parasitol*: 12:572-579.

**Rampaud, M., 1988.** Les rongeurs d'Afrique du Nord. Notes de cours. Section de lutte contre les vertébrés, ICE Agrochemicals, Fernhurst, Haslemere, Surrey GU27 3JE, Grande-Bretagne, 30 p.

**Ribas, A., Feliu, C. et Casanova, J.C., 2009.** Distribution of the cestode *Taenia parva* (Taeniidae) along the digestive tract of the common genet (*Genetta genetta*). *Helminthologia*, 46: 35-38.

**Ribas, A., Chaisiri, K., Morand, S., Hugot, J. P., Haukisalmi, V. et Henttonen, H., 2011.** Isolating helminths in rodents. In: *Protocols for field and laboratory rodent studies* (Herbreteau, V., Jittapalong, S., Rerkamnuaychoke, W., Chaval, Y., Cosson, J.F., et Morand, S., eds). Kasetsart University Press, Bangkok.

**Riestschel, S. et Storch, G., 1974.** Aubgewöhnlich erhaltene Waldmäuse (*Apodemus atavus* Heller, 1936) aus dem ober-Pliozän von Willershausen am Harz. *Senckenbergiana Lethaea* 54: 491-519.

**Rode, p., 1948.** Les mammifères de l'Afrique du Nord II. Les Rongeurs. *Terre et vie*, 95: 125-150.

**Rohlf, F.J., Loy, A. et Corti, M., 1996.** Morphometric analysis of üld World Talpidae (Mammalia, Insectivora) using partial-warp scores. *Systematic Biology*, 45: 344-362.

**Roman, E., 1951.** Etude écologique et morphologique sur les Acanthocéphales et les Nématodes parasites des rats de la Région Lyonnaise. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 2: 49-270.

**Rosário, I.T. et Mathias, M.L., 2004.** Annual weight variation and reproductive cycle of the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) in a Mediterranean environment. *Mammalia*, 68: 133-140.

**Rosevear, D.R.,1969.** The rodents of West Africa. Trustees of the British Museum (Natural History), London. 604 p.

**Saïdi T., 2006.** Éco-biologie des rongeurs sauvages de la région du Cap Bon. Mémoire de mastère en écologie et biologie des populations. Faculté des sciences de Tunis, 85 p.

**Saïdi, T., Nouira, S., Cheniti, T.L. et Chetoui, M., 2010.** Analyse morphométrique et caryologique du rat rayé de la Tunisie (*Lemniscomys barbarus: Murinae*). *ecologia mediterranea*,36(2): 25-29.

**Saint Girons, M.C., 1960.** Espace vital et comportement et comportement territorial chez *Apodemus sylvaticus*, *Clethrionomys glareolus* et *Microtus agrestis*. Relation les pullulations cycliques, *vie Milieu*, 11 : 233- 260.

**Saint Girons, M.C., 1972.** Le genre *Apodemus* Kaup, 1892, au Maroc. *Z.Säugetierk.*, 37: 362-371.

**Saint Girons, M.C., 1973.** Les mammifères de France et du Benelux (faune marine exceptée). Ed. Doin, Paris, 481p.

**Saint Girons, M.C., et Van Bree, P.J.H., 1962.** Recherches sur la répartition et la systématique d'*Apodemus sylvaticus* (Linnaeus, 1758) en Afrique du Nord. *Mammalia*, 26 (3):478- 488.

**Saint Girons, M. C. et Fons. R., 1986.** Le piégeage des petits mammifères. Première partie Appât et types de pièges. *Arvicola*, 4 : 23-27.

**Sami, K., 1993.** Contribution à l'étude biologique et écologique de *Lemniscomys barbarus* (Rodentia, Muridae). Thèse de doctorat de la faculté des sciences de Tunis, 262 p.

**Sans-Coma, V. et Gosàlbez Y.J., 1976.** Sobre la reproducción de *Apodemus sylvaticus* L., 1758 en el nordeste ibérico. *Miscel.lània Zoològica*, 3: 227-233.

**Schein, M.W., 1950.** The relation of sex ratio to physiological age in the wild brown Rat (*Rattus norvegicus*). *The American Naturalist*, 84 (819): 489-496.

**Schlitter, D., van der Straeten, E., Amori, G., Hutterer, R., Kryštufek, B., Yigit, N. et Mitsain G., 2016.** *Apodemus sylvaticus* (errata version published in 2017). The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T1904A115059104.

**Schwarz, E. et Schwarz, H.K., 1943.** The wild and commensal stocks of the house mouse, *Mus musculus* Linnaeus. *Journal of Mammalogy* 24: 59-72.

**Serizawa, K., Suzuki, H. et Tsuchiya, K., 2000.** A phylogenetic view on species radiation in *Apodemus* inferred from variation of nuclear and mitochondrial genes. *Biochemical Genetics* 38:27-40.

**Sicard, B., Navajas, M., Jacquart, T., Lachiver, F., et Croset, H., 1985.** Métabolisme hydrique de populations de *Mus musculus domesticus* Ruddy et de *Mus spretus* Lataste soumises à divers régimes hydriques. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 300:699-704.

**Soriguer, R.C. et Amat, J.A., 1979.** Datos sobre la biología y dinámica numérica de una población de ratones de campo (*Apodemus sylvaticus*) en Andalucía occidental. *Bol. Est. Central Ecol.*, 8: 79-83.

**Souttou, K., Sekour, M., Gouissem, K., Hadjoudj, M., Guezoul, O., Doumandji, S. et Denys, C., 2012.** Paramètres écologiques des rongeurs dans un milieu semi-aride à Djelfa (Algérie). *Algérien journal of arid environment*, 2 (2): 28-41.

**Spitz, F., 1963.** Les techniques d'échantillonnage utilisées dans l'étude des populations des petits mammifères. *Terre Vie*, 2 : 203-231.

**Spitz, F., Le Louarn, H., Poulet, A. et Dassonville, B., 1974.** Standardisation des piégeages en ligne pour quelques espèces de rongeurs. *Terre Vie*, 28: 564- 578.

**Stenseth, N.C. et Lidicker, W.Z., 1992.** Animal dispersal: Small mammals as a model. Chapman and Hall, London, 365 p.

**Stenseth, N. C., Bjornstad, O. N. et Falck, W., 1996.** Is spacing behaviour coupled with predation causing the microtine density cycle? A synthesis of current process-oriented and pattern-oriented studies. *Proc. R. Soc. London Ser. B* 263: 1423-1435.

**Stewart, A., Lowe, A., Smales, L., Bajer, A., Bradley, J., Dwuznik, D., Franssen, F., Griffith, J., Stuart, P., Turner, C., Zalesny, G. et Behnke, J.M., 2017.** Parasitic nematodes of the genus *Syphacia* Seurat, 1916 infecting Muridae in the British Isles, and the peculiar case of *Syphacia frederici*. *Parasitology*, 23: 1-12.

**Stoetzel, E., 2013.** Late Cenozoic micromammal biochronology of northwestern Africa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 392: 359-381.

- Storch, G., 1975.** Eine mittelpleistozäne Nager-Fauna von der Insel Chios, Ägäis (Mammalia, Rodentia). *Senckenbergiana Biologica*, 56: 165-189.
- Świdorski, Z., Miquel, J., Młocicki, D., Georgiev, B., Eira, C., Grytner-Zięcina, B. et Feliu, C., 2007.** Post-embryonic development and ultrastructural characteristics of the polycephalic larva of *Taenia parva* Baer, 1926 (Cyclophyllidea, Taeniidae). *Acta Parasitologica*, 52(1): 31-50.
- Tattersall, F. H., Macdonald, D. W., Hart, B. J., Manley, W. J. et Feber, R. E., 2001.** Habitat use by wood mice (*Apodemus sylvaticus*) in a changeable arable landscape. *Journal of Zoology*, 255(4): 487-494.
- Taylor, P.J., 2017.** *Lemniscomys barbarus*. In: Handbook of the mammals of the World 7. Rodents II (eds. Wilson, D.E., Mittermeier, R.A., et Lacher, T.E.). Lynx, Barcelona, 769 p.
- Thaler, L., Bonhomme, F. et Britton-davidian. J., 1981.** Processes of speciation and semi-speciation in the house mouse. *Symposia of the Zoological Society of London* 47:27–41.
- Thomson, V., K. P., Aplin, A., Cooper, S., Hisheh, H., Suzuki, I., Maryanto. A., 2014.** « Molecular Genetic Evidence for the Place of Origin of the Pacific Rat, *Rattus exulans*. » *Plos One*, 9(3): 1-11.
- Torregrosa–Orts, M., Feliu, C. et Fons, R., 1987.** Contribution à la connaissance des helminthes parasites des micromammifères. I. Parasites de *Apodemus sylvaticus* L., 1758 (Rodentia: Muridae). *Travaux de la réserve naturelle de la Massane*, 22. Laboratoire Arago, Banyuls- sur-mer.
- Torre, I., Tella, J. L. et Arrizabalaga, A. 1996.** Environmental and geographic factors affecting the distribution of small mammals in an isolated Mediterranean mountain. *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 61:365-375.
- Torre, I., Arrizabalaga, A. et Díaz, M., 2002.** Ratón de campo *Apodemus sylvaticus* (Linnaeus, 1758). *Galemys*, 14: 1-26.
- Torre, I. et Diaz, M., 2004.** Abondances des petits mammifères dans les habitats post-incendie méditerranéens : un rôle pour les prédateurs ? *Acta Oecol.*, 25: 137- 143.
- Torres, J., Trelis, M., Espert, A., Ribas, A., Toledo, R., Casanova, J.C., Roman, J., Arrizabalaga, A., Esteban, J.G. et Feliu, C., 2003.** Helminth fauna of small mammals (insectivores and rodents) in Doñana (southeastern Iberian Peninsula). *Research and Reviews in Parasitology*, 63: 23-29.

- Tsegaye, G. et Kitessa H., 2015.** The reproductive and feeding ecology of rodents in Sekoru district, Southwest Ethiopia *J. Ecol. Nat. Environ*, 7(6) : 188-195.
- Van der Straeten, E., 1980.** Étude biométrique de *Lemniscomys linulus* (Afrique Occidentale) (Mammalia, Muridae). *Rev. Zool. Afr.*, 94: 185- 201.
- Van der Straeten, E., Verheyen, W.N., 1980.** Relations biométriques dans le groupe spécifique *Lemniscomys striatus* (Mammalia, Muridae). *Mammalia*, 44(1), 73–82.
- Vargas, J.M., España, A., Haro, R. et Sans- Coma, V., 1984.** Estructura poblacional de *Mus spretus* Lataste, 1883 en cultivos de caña de azúcar del sur de la Península Ibérica. *Misc. Zool.*, 8: 253-262.
- Vargas, J.M., Palomo, L.J. et Palmquist, P., 1991.** Reproduction of the Algerian mouse (*Mus spretus* Lataste, 1883) in the south of the Iberian Peninsula. *Bonn. Zool. Beitr.*, 42: 1-10.
- Vigne, J.D. et Villié, P. 1995.** Une preuve archéologique du transport d'animaux par bateau : le crâne de Rat surmulot (*Rattus norvegicus*) de l'épave du Ça Ira (Saint-Florent, Haute Corse, fin du XVIII<sup>e</sup> siècle). In : Chenorkian R. (éd.) *L'Homme Méditerranéen. Mélanges offerts à Gabriel Camp*. Université d'Aix-en-Provence : 411-416.
- Walther, B.A., Cotgreave, P., Gregory, R.D., Price, R.D. et Clayton, D.H., 1995.** Sampling effort and parasite species richness. *Parasitology Today*, 11: 306-310.
- Webster, J. P., Ellis, W.A. et Macdonald, D.W., 1995.,** « Prevalence of *Leptospira* spp. in wild brown rats (*Rattus norvegicus*) on UK farms. » *Epidemiol. Infect.*, 114: 195- 201.
- Wessels, W., 2009.** Miocene rodents evolution and migration Muroidea from Pakistan, Turkey and Northern Africa. *Geol. Ultraiectina*, 307: 1-290.
- Wilson, D.E. et Reeder, D.M., 2005.** Mammal Species of the World. 3<sup>a</sup> Edición. The Johns Hopkins University Press. 2142 p.
- Wilson, D.E. et Mittermeier, J.R.A., 2016.** Handbook of the mammals of the world, volume 6: lagomorphs and rodents I. Lynx Edicions, Barcelona, 987 p.
- Wolff, J.O., 1993.** Why are female small mammals territorial? *Oikos*, 68: 364-370.
- Yiğit, N., Çolak E. et Sözen, M., 1998.** The Taxonomy and Karyology of *Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1769) and *Rattus rattus* (Linnaeus, 1758) (Rodentia: Muridae) in Turkey. *Tr. J. of Zoology*, 22: 203-212.

## **Références bibliographiques**

**Zaïme, A., 1985.** Contribution à l'étude éco-éthologique de trois rongeurs des milieux arides et semi-arides au Maroc, *Meriones shawi*, *Gerbillus campestris* et *Lemniscomys barbarus*. Doct. Ing. Ecol. Ethol. thesis, Rennes 1 University, France, 236 p.

**Zimmermann, K., 1962.** Die Untergattungen der Gattung *Apodemus* Kaup. *Bonner Zoologische Beiträge*, 13:198-208.

**Zilber, A.L., 2015.** Rôle du rat brun (*Rattus norvegicus*) dans la persistance des leptospires en conditions naturelles. Santé publique et épidémiologie. Thèse de Doctorat dans le domaine des Sciences de la Vie Université Claude Bernard - Lyon I, 236 p.

## **Références webographiques**

<https://www.instinct-animal.fr/mulot-sylvestre/>

<https://www.biolib.cz/en/image/id97928/>

[https://fr.wikipedia.org/Rattus\\_novegicus/](https://fr.wikipedia.org/Rattus_novegicus/)

<https://www.dfm-mousery.com/articles/reproduction/sexage/>

# ANNEXES

## Annexe I

Meunier et *al.*, (2020) ont actualisés la liste des rongeurs d'Algérie en se basant sur les archives, bulletins et publications

Ordre	Famille	Sous famille	Genre et espèce	Nom vernaculaire
Rodentia	Muridae	Deomyinae	<i>Acomys seurati</i>	Souris épineuse
		Gerbillinae	<i>Gerbillus campestris</i>	Gerbille champêtre
			<i>Gerbillus amoneus</i>	/
			<i>Gerbillus gerbillus</i>	Petite gerbille du sable
			<i>Gerbillus henleyi</i>	Gerbille de Henley
			<i>Gerbillus latastei</i>	Gebille lataste
			<i>Gerbillus simoni</i>	Gerbille de Simon
			<i>Gebillus tarabuli</i>	Gerbille de Lybie
			<i>Gerbillus garamantis</i>	/
			<i>Meriones crassus</i>	Mériones du désert
			<i>Meriones libycus</i>	Mériones à queue rouge
			<i>Meriones shawii</i>	Mériones de shaw
			<i>Pachyuromys duprasi</i>	Pachyuromys à queue massue
		<i>Psammomys obesus</i>	Rat de sable diurne	
		Murinae	<i>Apodemus sylvaticus</i> *	Mulot syvestre
			<i>Lemniscomys barbarus</i> *	Lemniscomys barbarus
			<i>Mus spretus</i> *	Souris sauvage
			<i>Mus musculus</i>	Souris domestique
			<i>Rattus novogicus</i> *	Rat surmulot
	<i>Rattus rattus</i>		Rat noir	
	<i>Arvicanthis cf. niloticus</i>		/	
	Dipodidae	Dipodinae	<i>Jaculus sp.</i>	/
			<i>Jaculus jaculus</i>	Gerboise du désert
			<i>Jaculus orientalis</i>	Grande gerboise
			<i>Jaculus hirtipes</i>	/
	Ctenodactylidae	/	<i>Ctenodactylus gundi</i>	Goundi de l'Atlas
			<i>Ctenodactylus vali</i>	Goundi du sahara
<i>Messoutiera mzabi</i>			Goundi du Mzab	
Hystricidae	/	<i>Hystrix cristata</i>	Porc-épic à crêtes	
Sciuridae	Xerinae	<i>Atlanoxerus getulus</i>	Ecureuil de barbarie	
Gliridae	Leithiinae	<i>Eliomys munbyanus</i>	Lérot de l'Arabie	

\*Les espèces prises en compte dans notre étude

## Annexe II: Matériel utilisé pendant la période d'étude

Étapes	Matériel
Capture des rongeurs et prise de mensurations corporelles	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Cages</li><li>➤ Chloroforme</li><li>➤ Sac en plastique</li><li>➤ Pain enduit d'huile de thon</li><li>➤ Pied à coulisse manuel</li><li>➤ Etiquettes</li><li>➤ Gants</li></ul>
Prélèvement des ectoparasites et conservation	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Pincettes</li><li>➤ Micro-tubes type Eppendorf</li><li>➤ Ethanol à 75%</li><li>➤ Loupe binoculaire</li></ul>
Dissection et préparation de crânes	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Trousse à dissection</li><li>➤ Flacons ECBU</li><li>➤ Épingles</li><li>➤ Résistance</li><li>➤ Bichre</li><li>➤ Eau</li><li>➤ Eau de javel</li><li>➤ Pied à coulisse électronique</li></ul>



**A : Pied à coulisse manuel B : Pied à coulisse digital**

### Annexe III:

Descriptif des usures molaires du mulot sylvestre établies par FELTEN (1952).

<b>Classe d'âge</b>	<b>Caractéristiques de la série molaire</b>	<b>Stades d'usure</b>
<b>I</b>	Dents saines, souvent la troisième molaire (M3) non développée.	
<b>II</b>	Les trois molaires présentent un début d'usure, la plus petite (M3) présente une table d'usure constituée par la fusion de 3 ou 4 tubercules (t5, t9, t8 et t7) formant une ligne presque ou entièrement continue d'émail. La (M2) constituée par la fusion de 4 cercles d'émail (t4, t5, t6, t9) le t8 restant fermé (caractère distinctif choisi). La (M1) présente une table d'usure constituée par la fusion de 5 cercles d'émail (t4, t5, t6, t9, et t8).	Stade 1
	Sur la M2 apparaît la fusion d'un 5 <sup>e</sup> cercle d'émail (t8) aux quatre premiers	Stade 2
<b>III</b>	Sur la M2 apparaît la fusion d'un 6 <sup>e</sup> cercle d'émail (t7) aux cinq précédents.	Stade 3
<b>IV</b>	Sur la M1 apparaît la fusion d'un 6 <sup>e</sup> cercle d'émail (t7) aux cinq précédents. Tous les cercles d'émail de la M3 ont fusionné	Stade 4 a Stade 4b
<b>V</b>	Dents usées.	stades 4c, 5a et 5b

**Annexe IV**

Dessin original des molaires montrant différentes classes d'âge de *L. barbarus*

La classe des juvéniles (a), la classe des sub- adultes (b) et la classe des adultes (c)



## Annexe V

Descriptif des usures molaires de la souris sauvage établies par Keller (1974 in Palomo et *al.*, 1983)

Classe d'âge	Caractéristiques de la série molaire	Stades d'usure
0	M3 non apparente, M1 et M2 à peine usés	II
I	Sur la M1 les tubercules t4-t5-t6 et t7-t8 sont encore séparés	II2
II	Sur la M3 les tubercules t15-t16 sont encore séparés. Sur la M2 les cercles d'émail t10-t11-t12 ont fusionnés en partie. Sur la M1 les tubercules t1-t2-t3 sont unis en partie ou totalement et les t4-t5-t6 et t7-t8 sont complètement unis.	
III	Les tubercules t15-t16 sont quasiment ou totalement unis. Les tubercules t1-t2-t3, t4-t5-t6, t7-t8, t10-t11-t12 et t13-t14 sont unis complètement	III5
IV	t10-t11-t12-t13 sont unis	III6-III7
V	t4-t5-t6-t7-t8 sont unis	IV8
VI	M1, M2 et M3 complètement usées.	V9

## Annexe VI

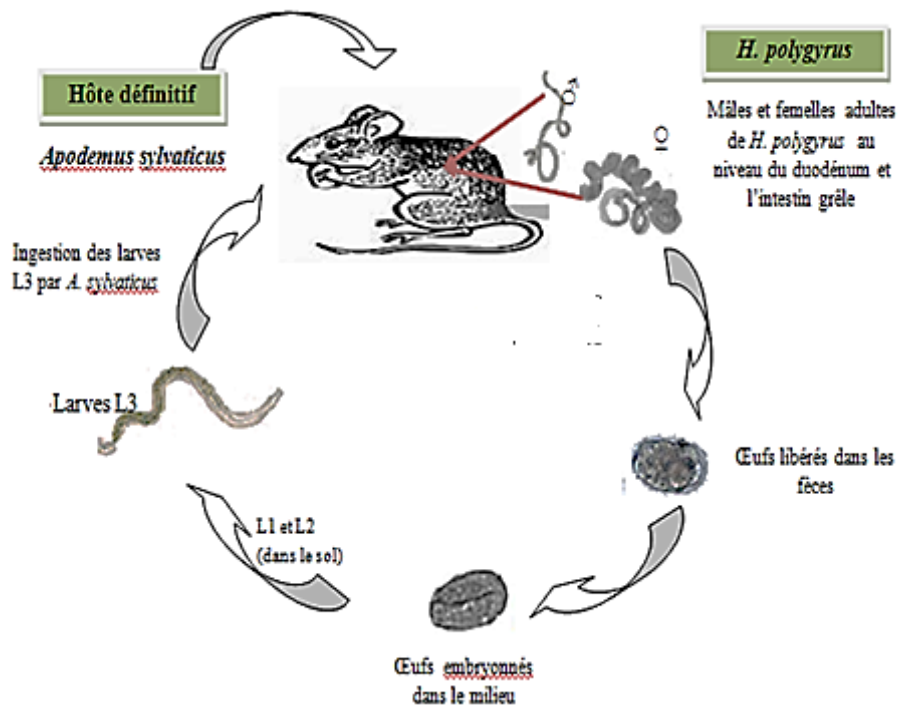
Matrice de corrélation de Pearson appliquée aux différentes variables crâniennes du mulot sylvestre

	Ln	ln	io	Lcr	lcr	lbz	hc	Lipa	
Ln	<b>0,472</b> <b>0,000</b>								
io	-0,024 0,783	<b>0,208</b> <b>0,014</b>							
Lcr	<b>0,593</b> <b>0,000</b>	<b>0,511</b> <b>0,000</b>	0,111 0,212						
Lcr	<b>0,290</b> <b>0,001</b>	<b>0,494</b> <b>0,000</b>	<b>0,362</b> <b>0,000</b>	<b>0,664</b> <b>0,000</b>					
Lbz	<b>0,550</b> <b>0,000</b>	<b>0,417</b> <b>0,000</b>	<b>0,195</b> <b>0,033</b>	<b>0,701</b> <b>0,000</b>	<b>0,653</b> <b>0,000</b>				
hc	0,010 0,913	0,121 0,173	0,093 0,294	<b>0,227</b> <b>0,011</b>	0,084 0,351	0,048 0,609			
Lipa	<b>0,533</b> <b>0,000</b>	<b>0,202</b> <b>0,017</b>	0,050 0,558	<b>0,566</b> <b>0,000</b>	<b>0,378</b> <b>0,000</b>	<b>0,548</b> <b>0,000</b>	0,098 0,268		
lpal	0,153 0,073	<b>0,386</b> <b>0,000</b>	0,135 0,116	<b>0,405</b> <b>0,000</b>	<b>0,264</b> <b>0,003</b>	<b>0,272</b> <b>0,003</b>	<b>0,197</b> <b>0,025</b>	0,026 0,764	
Fopal	<b>0,406</b> <b>0,000</b>	<b>0,355</b> <b>0,000</b>	0,105 0,226	<b>0,535</b> <b>0,000</b>	<b>0,344</b> <b>0,000</b>	<b>0,493</b> <b>0,000</b>	0,155 0,082	<b>0,375</b> <b>0,000</b>	
Lorb	<b>0,381</b> <b>0,000</b>	<b>0,337</b> <b>0,000</b>	<b>0,265</b> <b>0,002</b>	<b>0,574</b> <b>0,000</b>	<b>0,462</b> <b>0,000</b>	<b>0,534</b> <b>0,000</b>	<b>0,179</b> <b>0,043</b>	<b>0,455</b> <b>0,000</b>	
Lbul	<b>0,400</b> <b>0,000</b>	<b>0,466</b> <b>0,000</b>	0,000 0,998	<b>0,467</b> <b>0,000</b>	<b>0,275</b> <b>0,002</b>	<b>0,329</b> <b>0,000</b>	<b>0,196</b> <b>0,028</b>	<b>0,188</b> <b>0,033</b>	
lbul	-0,023 0,793	<b>-0,175</b> <b>0,048</b>	<b>0,209</b> <b>0,018</b>	-0,032 0,725	0,105 0,242	0,063 0,499	-0,043 0,634	0,071 0,427	
Focc	-0,020 0,836	0,060 0,523	<b>0,442</b> <b>0,000</b>	0,121 0,200	0,151 0,109	0,090 0,352	0,090 0,342	-0,025 0,793	
Lsq	<b>0,327</b> <b>0,000</b>	<b>0,238</b> <b>0,011</b>	-0,060 0,532	<b>0,337</b> <b>0,000</b>	0,137 0,150	<b>0,205</b> <b>0,034</b>	0,006 0,946	<b>0,215</b> <b>0,023</b>	
Coz	-0,001 0,991	0,047 0,580	<b>0,264</b> <b>0,002</b>	0,044 0,622	<b>0,225</b> <b>0,011</b>	0,081 0,378	0,105 0,238	-0,061 0,477	
Fopal	Lpal <b>0,240</b> <b>0,005</b>	Fopal	Lorb	Lbul	lbul	Focc	lsq		
Lorb	<b>0,170</b> <b>0,047</b>	<b>0,472</b> <b>0,000</b>							
Lbul	<b>0,293</b> <b>0,001</b>	<b>0,365</b> <b>0,000</b>	<b>0,295</b> <b>0,001</b>						
lbul	-0,144	<b>0,315</b>	0,095	-0,094					

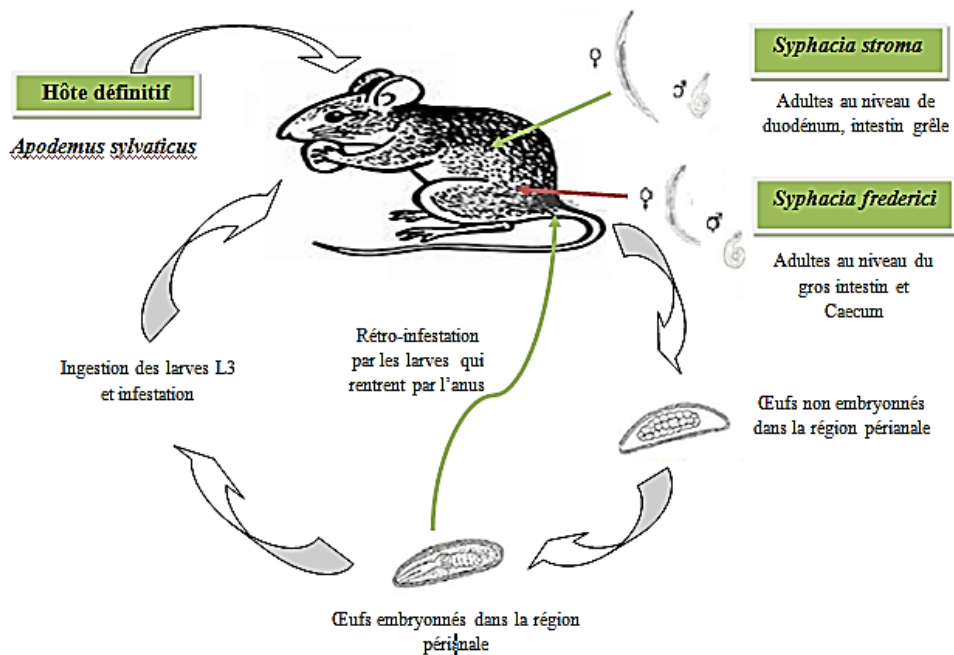
	0,105	<b>0,000</b>	0,284	0,292			
Focc	0,183	0,189	0,112	-0,026	<b>0,204</b>		
	0,051	0,046	0,233	0,780	<b>0,028</b>		
lsq	0,089	<b>0,257</b>	<b>0,319</b>	<b>0,193</b>	-0,040	0,029	
	0,351	<b>0,007</b>	<b>0,001</b>	<b>0,040</b>	0,674	0,761	
Coz	<b>0,246</b>	0,057	0,144	-0,005	0,110	<b>0,193</b>	0,184
	<b>0,004</b>	0,515	0,094	0,956	0,217	<b>0,041</b>	0,053

## Annexe VII

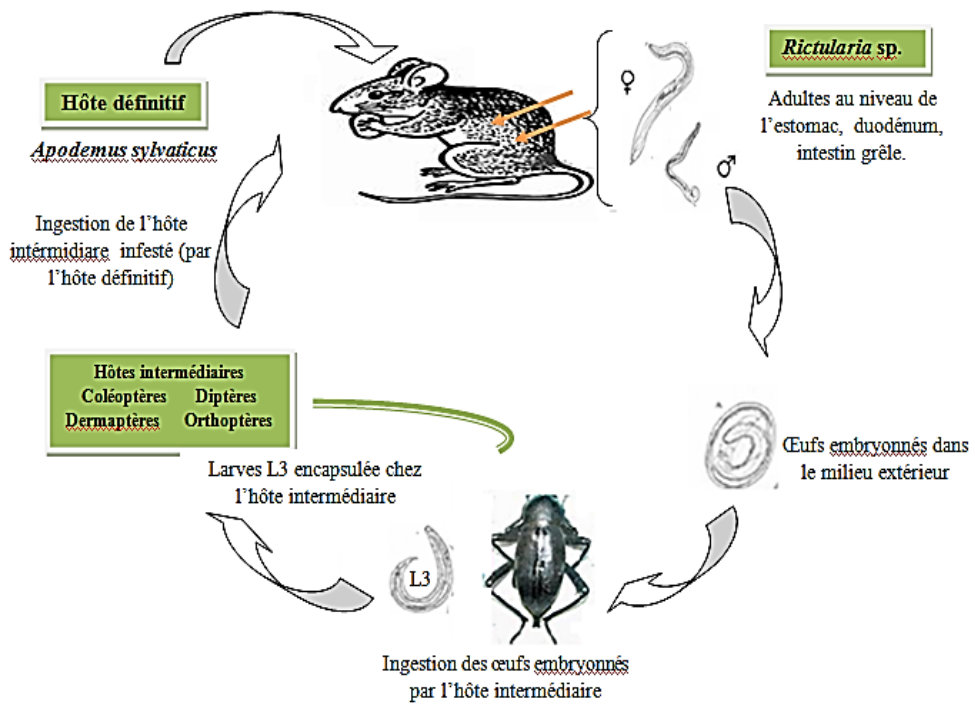
### Cycle des différentes espèces parasites d'*Apodemus sylvaticus*



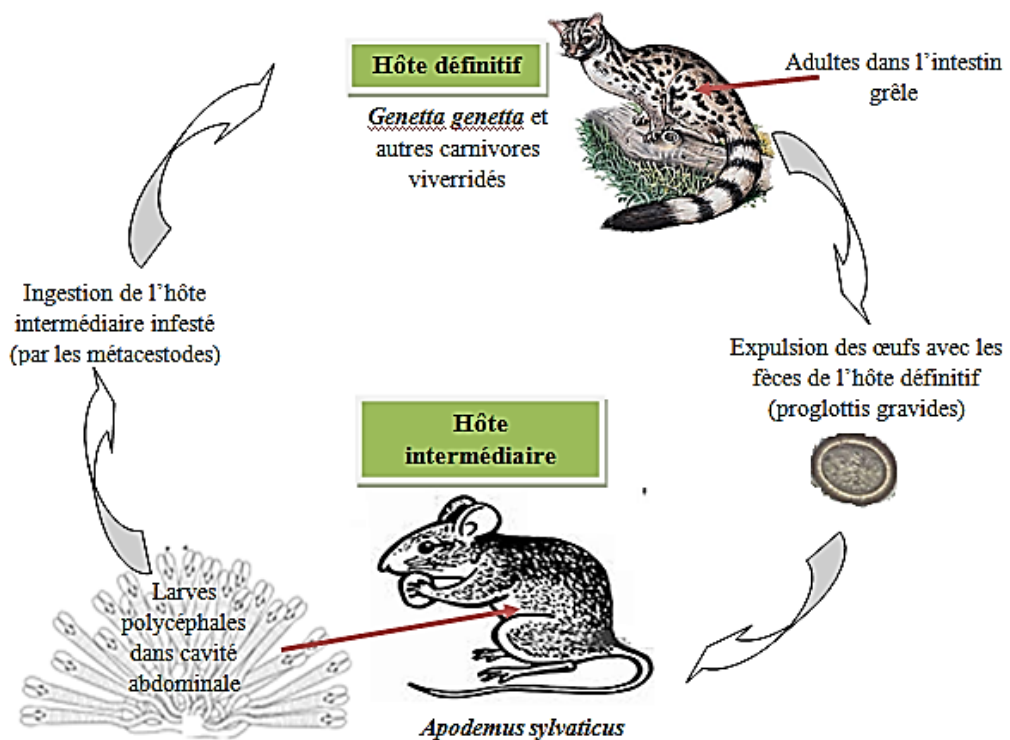
### Mode d'infestation par *H. polygyrus*



### Mode d'infestation par *Syphacia Stroma* et *Syphacia frederici*



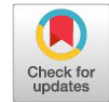
### Mode d'infestation par *Rictularia sp.*



### Mode d'infestation par *Hydatigera parva* larvae

**Annexe VIII. Article reproduction**

**Annexe VIII. Article parasites**



# Seasonal Reproduction Shift among Three Murine Rodents in a Mediterranean Area of North-Western Africa

Samira Merabet<sup>1</sup>, Nora Khammes-El Homs<sup>1,\*</sup>, Lydia Aftisse<sup>1</sup> and Stéphane Aulagnier<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Ecologie et Biologie des Organismes Terrestres, Université Mouloud Mammeri, Bastos Tizi-Ouzou 15000, Algérie

<sup>2</sup>Comportement et Ecologie de la Faune sauvage, INRAE, Université de Toulouse, CS 52627, 31326 Castanet-Tolosan cedex, France

## ABSTRACT

Reproduction of wild rodents in the temperate regions is adaptively timed with the season under the influence of photoperiod, temperature and food availability. The aim of this study was to investigate the responses of three small-sized murine species to the same physical and ecological conditions in a locality of Great Kabylia (Algeria). *Apodemus sylvaticus*, and *Mus spretus* synchronized their reproduction in winter and spring, *Lemniscomys barbarus* in spring and summer. Photoperiod and temperature cannot explain this reproduction shift that might be linked to the feeding ecology of the species.

## INTRODUCTION

All latitudes find some mammals reproducing seasonally, even in the deep tropics (Bronson, 2009). In the temperate regions the reproductive process of wild rodents is adaptively timed with the season contrary to synanthropic species which can have litters along the year (Bronson and Perrigo, 1987). Winter is a period of high energetic demand and many rodents show a break in reproductive activity (Gockel and Ruf, 2001), under the main influence of poorer foraging conditions and shorter photoperiod. Ovulation more than spermatogenesis is commonly sensitive to both low temperature and food restriction in small mammals (Bronson, 2009). Hence the end of winter usually initiates the reproductive period in response to lengthening of days, rising of temperature and vegetation growth (e.g. Martinet and Spitz, 1971). Within the reproductive period extending from spring to the beginning of autumn many species show a peak of reproductive activity depending mostly on their feeding ecology, herbivores being earlier than granivores, as they face an enormous energetic drain during lactation (Bronson and Perrigo, 1987). However, this reproductive pattern can be softened by winter reproduction for some members of the population (e.g. Gockel and Ruf, 2001) or even be inverted for the whole population. So, for example, populations of wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) breed

from March to November in Brittany (north-western France), and from November to April in Doñana (southern Spain), Pyrénées-Orientales (southern France) and Corsica (Moreno and Kufner, 1988; Fons and Saint Girons, 1993).

In North Africa, rodent females usually give birth during winter and spring, after autumn rainfalls, either in Dipodidae, Gerbillinae, Murinae or Ctenodactylidae (Bernard, 1969; Osborn and Helmy, 1980). For some species, the reproductive period may vary geographically, according to the wet season in the most arid zones, to the temperature in mountains. So, for the lesser Egyptian gerbil (*Gerbillus gerbillus*), it extends from January to May in Egypt (Osborn and Helmy, 1980) and from July to September in Mauritania (Klein *et al.*, 1975). Pregnant wood mouse females have been recorded from September to February or April in Tunisia, Algeria and Moroccan lowlands (Bernard, 1969; Kowalski, 1985; Harich and Benazzou, 1990; Khidas, 1993; Hamdine and Poitevin, 1994), while the reproductive period extends to May in Moroccan high mountains where there is also a winter break (Saint Girons, 1972). The Algerian mouse (*Mus spretus*) exhibits a similar last pattern with an approximately three-month winter rest period (Bernard, 1969; Palomo *et al.*, 1985; Kowalski and RzebiK-Kowalska, 1991), like in southern Spain (Vargas *et al.*, 1984, 1991; Antuñez *et al.*, 1990). However, Orsini *et al.* (1982) reported an absence of reproduction in summer in southern France. The Barbary striped grass mouse (*Lemniscomys barbarus*) is the third non-commensal murine species widely distributed in north-western Africa (Happold, 2013).

\* Corresponding author: [n\\_khammes@hotmail.com](mailto:n_khammes@hotmail.com)  
0030-9923/2021/0001-0001 \$ 9.00/0

### Article Information

Received 14 November 2020

Revised 12 April 2021

Accepted 10 June 2021

Available online 07 December 2021  
(early access)

### Authors' Contributions

NKEH and SA conceived the project. SM and LA collected data. SM and NKEH collated and analysed the data. All authors wrote the manuscript.

### Key words

Seasonal reproduction, Murine rodents, *Apodemus sylvaticus*, *Mus spretus*, *Lemniscomys barbarus*.

Zaïme (1985) trapped juveniles mainly during winter and spring periods in central Morocco, suggesting births from September-October or December-January depending on the year. However, pregnant females were reported in May, June and September in Tunisia (Bernard, 1969), in spring/summer months in northern Morocco (Lahmam *et al.*, 2008).

Investigating such variations was the starting point of a study in a Mediterranean area where the three small-sized murine species live sympatrically. We aimed to identify the specific responses to the same physical and ecological conditions in the wild. We hypothesized that all three species may adapt similarly to photoperiod and temperature variations for adjusting their reproductive activity to vegetation growth.

## MATERIALS AND METHODS

### Study site

The study site is located at Boudjima (36°48'50"N, 4°09'32"E, 429 m), 21 km north-west of Tizi-Ouzou (Great Kabylia, northern Algeria). According to Daget (1977), the climate is sub-humid and winter is cool. The mean monthly temperatures vary from 9.9°C in January to 29.7°C in July. Rainfalls extends irregularly from November to April, with a peak in January with 130.6 mm; summer is usually dry, July is the driest month. Vegetation is relatively dense including the trees and shrubs *Olea europea*, *O. oleaster*, *Ficus carica*, *Pistacia lentiscus*, *Calycotome spinosa*, *Rubus ulmifolius*, *Rosa canina*. Grasses and forbs include mainly *Phragmites* sp., *Centaurea napifolia*, *Malva sylvestris*, *Apiaceae* sp., *Emex spinosa*, *Poaceae* sp., *Hedysarum* sp., *Borago officinallis* and *Galactite tomentosa*. Human activity is restricted around some sparse buildings.

### Study plan

Rodents were trapped along a 150 m linear transect, a low disturbing but efficient method for sampling rodent populations in the temperate zone (Spitz *et al.*, 1974). Three-day captures were conducted each month from January to December 2017. Baited traps with bread and pilchard were 3-meter spaced, giving a total of 1620 night-trappings. Animals were euthanized, sexed, aged, measured and any sexual activity was recorded. According to Kowalski (1985), males were considered sexually active when the diameter of testes was over 10 mm and seminal vesicles were developed. For females, reproductive state was estimated by appearance of open vagina, developed mammary glands and uterus (including embryos). They were considered sexually active when gestating and/or lactating (Birkan, 1968).

Age classes were identified according to upper molar wear after cleaning the skulls by boiling heads and then soaking them in bleaching water during 5-10 min. For *Apodemus sylvaticus*, we followed Saint-Girons (1972) who considered three age classes: juveniles, sub-adults and adults. For *Mus spretus*, we identified the same three age classes according to Palomo *et al.* (1983). For *Lemniscomys barbarus*, we adapted the table published by Van der Straeten (1980) for *L. linulus* to our trapped specimens for identifying the same three age classes.

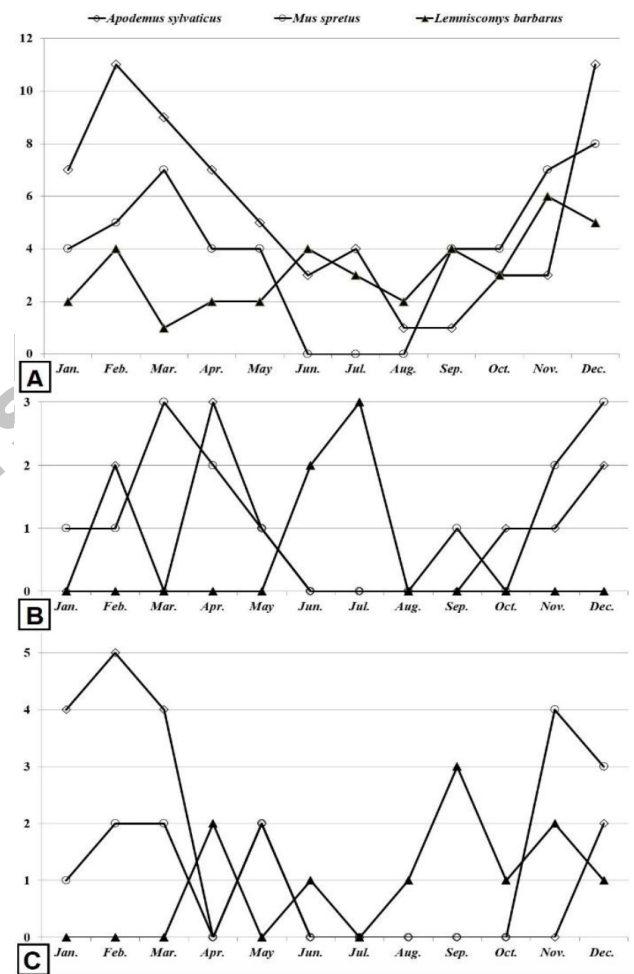


Fig. 1. Monthly captures of adults (A), juveniles (B) and sub-adults (C) of three wild murine species at Boudjima (Great Kabylia, Algeria).

## RESULTS

The 1620 night-trappings provided the capture of 165 small mammals, including 150 murine species: 65 *Apodemus sylvaticus* (43.3%), 47 *Mus spretus* (31.3%) and 38 *Lemniscomys barbarus* (25.3%). Trapping result varied

along the year with larger numbers in winter (December to February) and lower numbers in summer (June to September) for *A. sylvaticus* and *M. spretus*, which no specimen was trapped in June, July and August (Fig. 1A). The monthly low number of *L. barbarus* (maximum 6 specimens in November) was quite similar along the year. The gross sex-ratio was balanced for *A. sylvaticus* (33:32) and in favour of males for *M. spretus* (32:15) and *L. barbarus* (28:10), including deep monthly variations for the two first species and not for the third one, males being always more numerous than females (Fig. 2). No female of *L. barbarus* was trapped from March to May, in August and October.

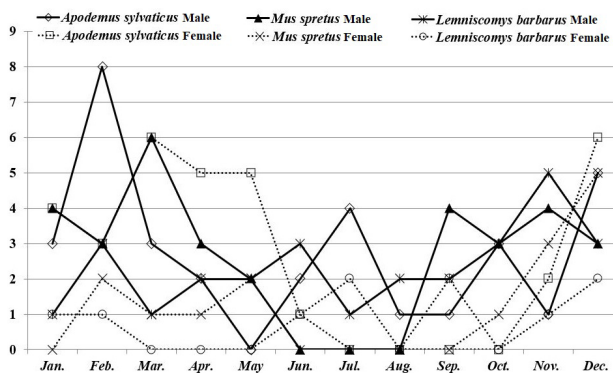


Fig. 2. Monthly captures of males and females of three wild murine species at Boudjima (Great Kabylia, Algeria).



Fig. 3. Nests of *Lemniscomys barbarus* (Mekla, Great Kabylia, Algeria, June 2017).

Few juveniles were trapped for any species except for *M. spretus* with 11 juveniles over 26 specimens. Juveniles of *L. barbarus* were trapped in June and July (Fig. 1B) and sub-adults mainly from August to December (Fig. 1C), suggesting a winter break of reproduction. At the opposite, juveniles of *M. spretus* were trapped from September to May, and sub-adults from November to May. A quite similar pattern was observed for *A. sylvaticus* with juveniles from October to May and sub-adults from December to March. None of sub-adults was sexually active as well as none adult male of *A. sylvaticus* trapped from June to September, the first gestating female being

recorded in December. Adult males of *L. barbarus* were sexually active from April to October.

Two nests of *L. barbarus* with litters of 6 pups were found in June at Mekla (36°41'16"N, 4°16'05"E), a locality 33 km from our study site (Fig. 3).

## DISCUSSION

The vegetation of our study site is relatively dense, so it is not surprising that *Apodemus sylvaticus* was the most trapped species among small mammals. This species which prefers forest or forest edges is found in a wide variety of habitats (Denys, 2017a), including mountain grasslands, shrubs and undergrowth cover (lower woody vegetation) in Kabylia (Hamdine and Poitevin, 1994; Khidas *et al.*, 2002). *Mus spretus* is associated with Mediterranean scrub, bush, grasslands and cultivated fields (Denys, 2017b), and was found syntopic with wood mouse where high woody vegetation is sparse (Khidas *et al.*, 2002) despite some competition for food (Fons *et al.*, 1988). *Lemniscomys barbarus* prefers bushes and grasses habitats with dense ground cover (Happold, 2013) whereas *M. spretus* includes a high percentage of bare ground in its home range in Kabylia (Khidas *et al.*, 2002). Such occurrence of the three murine species has been rarely reported, for example in cultivated fields of Esperada (Morocco), among 17 sampled sites, and Lansarine region (Tunisia) with a low number of *A. sylvaticus* each time (Denys *et al.*, 2015; Ben Ibrahim *et al.*, 2019). In Kabylia, these three species were previously trapped in four sites: Bouberak (Khidas, 1993), Azazga (Khammes, 1998), Cap Djinet and Boukhalfa (Amrouche-Larabi *et al.*, 2015), with a lower number of *L. barbarus* each time, like in our study site.

Sex-ratio was balanced for *A. sylvaticus*, contrary to Hamdine and Poitevin (1994) who reported a larger percentage of males, as we recorded for *M. spretus* and *L. barbarus*. An unbalanced sex-ratio is most often observed in trapped small murine species, particularly during the breeding period for *A. sylvaticus* (Butet and Paillat, 1997) and after the breeding period for *M. spretus* (Vargas *et al.*, 1984; Cassaing and Croset, 1985). In *L. barbarus* males are more often trapped than females after the age of five months when the later become more sedentary (Zaime, 1985). Juvenile dispersal and exploratory behaviour are widely reported in small mammals to explain sex ratios skewed in favour of males in trapping sessions (Stenseth and Lidicker, 1992).

Despite the small sample size our results clearly suggest a different reproductive period for *A. sylvaticus* and *M. spretus* with a summer break (June to August), and *L. barbarus* with a winter break (November to January).

In the Mediterranean region, the reproductive period of *A. sylvaticus* was linked to the availability of food, usually reduced in summer as a consequence of drought, and abundant in autumn (fruits and berries) and winter after vegetation growth following autumn rainfalls (Soriguer and Amat, 1979; Torre *et al.*, 2002; Díaz and Alonso, 2003; Rosário and Mathias, 2004). Similarly, the reproductive period of *M. spretus* is linked to water availability and vegetation growth, mainly mast production and grass seeds in southern France (Orsini *et al.*, 1982).

Similarly, according to Zaime (1985) food availability synchronized the reproductive period of *L. barbarus* and the two syntopic gerbilline species *Meriones grandis* and *Gerbillus campestris*. But this period is spread over winter and spring in this sub-arid study site of central Morocco, before the spring and summer period estimated from our data which are supported by previous studies in Tunisia (Bernard, 1969) and northern Morocco (Lahmam *et al.*, 2008), where the climate is sub-humid. These results confirm that, in the Mediterranean area, small mammals are irresponsive to variation in photoperiod (Bronson, 2009). For a species which reproduces along the whole year in captivity (Lenkiewicz and Saint-Girons, 1964), the reproduction shift agrees with the hypothesis of an adjustment of the breeding activity to vegetation growth. Moreover, Lenkiewicz and Saint-Girons (1964) showed that activity declined in cold weather, which can contribute to delay the reproductive period to hotter days in some parts of its range.

The influence of temperature on the shift of reproductive period among the three murine species is hardly supported by our data. First, the mean January temperature is lower in central Morocco (Zaime, 1985) than in Boudjima. Second, *L. barbarus*, a diurnal species, should be less affected by winter cold nights than *A. sylvaticus* and *M. spretus*, which are mainly nocturnal. Then, feeding ecology remains the main likely cause of this seasonal reproduction shift. *A. sylvaticus* is omnivorous, but predominant food is seeds and acorns, and *M. spretus* eats mainly fruits, seeds and green parts of plants (Denys, 2017b). In Kabylia, both species are primarily granivorous (Khammes, 1998; Khammes and Aulagnier, 2007). *L. barbarus* is “probably herbivorous” (Happold, 2013), like most *Lemniscomys* species (Taylor, 2017) and its reproductive activity seems to respond to herbaceous vegetation growth starting at the end of winter, whereas the two granivorous species get an energetic source from seed and acorn production in autumn and winter.

## CONCLUSION

The occurrence of the three small-sized non

commensal murine species in one area is a quite rare event that is worth to be reported, mainly when populations seem to be almost balanced, contrary to previous trapping sites reported in the literature. As some competition between *Apodemus sylvaticus* and *Mus spretus* was recorded by Fons and Saint Girons, (1988), our study site provides a good opportunity for investigating their interactions with a third phylogenetically related species that could influence their population dynamics.

Our main result is the seasonal reproduction shift between *A. sylvaticus* and *M. spretus* on one side, and *Lemniscomys barbarus* on the other. Roughly, the summer break of the formers stands in opposition to the winter break of the later. This pattern cannot be related to physical factors widely reported to influence reproductive period, such as photoperiod or temperature. Ecological factors are also poorly relevant since, even if they exhibit different daily activity pattern, the three species are living in syntopy. However, a more comprehensive study could reveal some different use of the study area. More likely, the reproduction shift among the three species is linked to their feeding ecology that should be investigated, our study site becoming a higher research spot.

### Statement of conflict of interest

Authors have declared no conflict of interest.

## REFERENCES

- Amrouche-Larabi, L., Denys, C., Boukhemza, M., Bensidhoum, M., Hamani, A., Nicolas, V., Khifer, L. and Mamou, R., 2015. Inventaire des petits vertébrés terrestres de quelques localités du Nord algérien. *Trav. Inst. Sci. Sér. Gén.*, **8**: 85-95.
- Antuñez, A., Vargas, J.M., Sans-Coma, V. and Palomo, L.J., 1990. Quelques aspects du cycle biologique de *Mus spretus* au sud de la Péninsule Ibérique. *Vie Milieu*, **40**: 196-200.
- Ben Ibrahim, A., Ben Salem, I., Labidi, I., Chetoui, M. and Noura, S., 2019. Suivi local d'une communauté de rongeurs dans la région de Lansarine au nord de la Tunisie : activité et distribution spatiale et temporelle des espèces. *Ecol. Medit.*, **45**: 67-74. <https://doi.org/10.3406/ecmed.2019.2076>
- Bernard, J., 1969. Les Mammifères de Tunisie et des régions voisines. *Bull. Facul. Agro. Tunis*, **24/25**: 38-160. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-92977-9\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-642-92977-9_11)
- Birkan, M., 1968. Répartition écologique et dynamique des populations d'*Apodemus sylvaticus* et *Clethrionomys glareolus* en pinède à Rambouillet. *Rev. Ecol.*, **3**: 231-273.

- Bronson, F.H., 2009. Climate change and seasonal reproduction in mammals. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, **364**: 3331-3340. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0140>
- Bronson, F.H. and Perrigo, G., 1987. Seasonal regulation of reproduction in muroid rodents. *Am. Zool.*, **37**: 929-940. <https://doi.org/10.1093/icb/27.3.929>
- Butet, A. and Paillat, G., 1997. Insectivores et Rongeurs de France: le *Mulot sylvestre* – *Apodemus sylvaticus* (Linné, 1758). *Arvicola*, **9**: 7-23. <https://doi.org/10.3406/ecmed.1997.1818>
- Cassaing, J. and Croset H., 1985. Organisation spatiale, compétition et dynamique des populations sauvages de souris (*Mus spretus* Lataste et *Mus musculus domesticus* Ruddy) du Midi de la France. *Z. Säugetierk.*, **50**: 271-284. <https://doi.org/10.1080/00231940.1985.11758043>
- Daget, P., 1977. Le bioclimat méditerranéen: analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetatio*, **34**: 87-103. <https://doi.org/10.1007/BF00054477>
- Denys, C., 2017a. *Apodemus sylvaticus*. In: *Handbook of the mammals of the World. 6. Rodents II* (eds. D.E. Wilson, R.A. Mittermeier and T.E. Lacher). Lynx, Barcelona, pp. 780-781.
- Denys, C., 2017b. *Mus spretus*. In: *Handbook of the mammals of the World. 6. Rodents II* (eds. D.E. Wilson, R.A. Mittermeier and T.E. Lacher). Lynx, Barcelona, pp. 789-790.
- Denys, C., Stoetzel, E., Lalis, A., Nicolas, V., Delapre, A., Mataame, A., Tifraouine, L., Rihane, A., El Brini, H., Liefried, S., Fahd, S., Ouarour, A., Cherkaoui, A., Fekhaoui, M., Benhoussa, A., El Hassani, A. and Benazzou, T., 2015. Inventaire des petits mammifères de milieux anthropisés et naturels du Maroc septentrional. in: Approche intégrative de la 6ème extinction : influence de l'installation des hommes modernes au Maroc sur l'évolution de la biodiversité des petits vertébrés terrestres. *Trav. Inst. Sci. Sér. Gén.*, **8**: 113-126.
- Díaz, M. and Alonso, C.L., 2003. Wood mouse *Apodemus sylvaticus* winter food supply, density, condition breeding, and parasites. *Ecology*, **84**: 2680-2691. <https://doi.org/10.1890/02-0534>
- Fons, R. and Saint Girons, M.C., 1993. Le cycle sexuel chez le *Mulot sylvestre*, *Apodemus sylvaticus* (L., 1758), (Muridae) en région méditerranéenne. *Z. Säugetierk.*, **58**: 38-47.
- Fons, R., Grabulosa, I., Saint-Girons, M.C., Galan-Puchades, M.T. and Feliu, C., 1988. Incendie et cicatrization des écosystèmes méditerranéens dynamique du repeuplement en micromammifères. *Vie Milieu*, **38**: 259-280.
- Gockel, J. and Ruf, T., 2001. Alternative seasonal reproductive strategies in wild rodent populations. *J. Mammal.*, **82**: 1034-1046. [https://doi.org/10.1644/1545-1542\(2001\)082<1034:ASRSIW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1542(2001)082<1034:ASRSIW>2.0.CO;2)
- Hamdine, W. and Poitevin, F., 1994. Données préliminaires sur l'écologie du Mulot sylvestre *Apodemus sylvaticus* Linné, 1758, Parc national du Djurdjura, Algérie. *Rev. Ecol.*, **49**: 181-186. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)90013-2](https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)90013-2)
- Happold, D.C.D., 2013. *Lemniscomys barbarus* Barbary grass mouse (*Barbary lemniscomys*). In: *Mammals of Africa*, Volume III. *Rodents, hares and rabbits* (ed. D.C.D. Happold). Bloomsbury Publications, London, pp. 443-444.
- Harich, N. and Benazzou, T., 1990. Contribution à l'étude de la Biologie du Mulot (*Apodemus sylvaticus*, Rongeurs, Muridés) de la plaine côtière du Maroc. *Mammalia*, **54**: 47-59. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(90\)90041-M](https://doi.org/10.1016/0006-3207(90)90041-M)
- Khammes, N., 1998. *Biologie comparée du Mulot sylvestre Apodemus sylvaticus Linnaeus, 1758 et de la Souris sauvage Mus spretus Lataste, 1883 en region méditerranéenne d'Algérie*. Magist. Biol. thesis, M. Mammeri University, Tizi-Ouzou, Algeria, pp. 109.
- Khammes, N. and Aulagnier, S., 2007. Diet of the wood mouse, *Apodemus sylvaticus*, in three biotopes of Kabylie of Djurdjura (Algeria). *Folia Zool.*, **56**: 243-252.
- Khidas, K., 1993. Distribution des rongeurs en Kabylie du Djurdjura (Algérie). *Mammalia*, **57**: 207-212. <https://doi.org/10.1515/mamm.1993.57.2.207>
- Khidas, K., Khammes, N., Khelloufi, S., Lek, S. and Aulagnier, S., 2002. Abundance of the wood mouse *Apodemus sylvaticus* and the Algerian mouse *Mus spretus* (Rodentia, Muridae) in different habitats of Northern Algeria. *Mammal. Biol.*, **67**: 34-41. <https://doi.org/10.1078/1616-5047-00003>
- Klein, J.M., Poulet, A.R. and Simonkovich, E., 1975. Observations écologiques dans une zone enzootique de peste en Mauritanie. I. Les rongeurs, et en particulier *Gerbillus gerbillus* Olivier, 1801 (Rodentia, Gerbillinae). *Cah. Orstom. Sér. Ent. méd. Parasitol.*, **13**: 13-28. <https://doi.org/10.1063/1.3068763>
- Kowalski, K., 1985. Annual cycle of reproduction in *Apodemus sylvaticus* in Algeria. *Acta Zool. Fenn.*, **173**: 85-86. [https://doi.org/10.1016/0040-6031\(85\)87036-2](https://doi.org/10.1016/0040-6031(85)87036-2)
- Kowalski, K. and Rzebik-Kowalska, B., 1991. *Mammals*

- of Algeria. Ossolineum, Wroclaw, pp. 370.
- Lahmam, M., El M'rabet A., Ouarour A., Pevet P. and Challet E., 2008. Daily behavioral rhythmicity and organization of the suprachiasmatic nuclei in the diurnal rodent, *Lemniscomys barbarus*. *Chronobiol. Int.*, **25**: 882-904. <https://doi.org/10.1080/07420520802553556>
- Lenkiewicz, S. and Saint Girons, M.C., 1964. Notes sur le rythme nyctéméral d'activité chez *Lemniscomys barbarus* (L., 1766) au laboratoire. *Mammalia*, **28**: 453-461. <https://doi.org/10.1515/mamm.1964.28.3.453>
- Martinet, L. and Spitz, F., 1971. Variations saisonnières de la croissance et de la mortalité du Campagnol des champs, *Microtus arvalis*. Rôle du photopériodisme et de la végétation sur ces variations. *Mammalia*, **35**: 38-84. <https://doi.org/10.1515/mamm.1971.35.1.38>
- Moreno, S. and Kufner, M.B., 1988. Seasonal pattern in the wood mouse population in Mediterranean scrubland. *Acta Theriol.*, **33**: 79-85. <https://doi.org/10.4098/AT.arch.88-7>
- Orsini, P., Cassaing, J., Duplantier, J.M. and Croset, H., 1982. Premières données sur l'écologie des populations naturelles de Souris, *Mus spretus* Lataste et *Mus musculus domesticus* Ruddy dans le midi de la France. *Rev. Ecol.*, **36**: 321-336.
- Osborn, D.J. and Helmy, I., 1980. The contemporary land mammals of Egypt (including Sinai). *Field Zool. N.S.*, **5**: 1-579.
- Palomo, L.J., España, M., López-Fuster, M.J., Gosálbez, J. and Sans Coma, V., 1983. Sobre la variabilidad genética y morfométrica de *Mus spretus* Lataste, 1883 en la Península Ibérica. *Misc. Zool.*, **7**: 171-192.
- Palomo, L.J., Antuñez, A., Ibañez, C., Vargas, J.M. and Sans Coma, V., 1985. Estudio taxonómico de *Mus spretus* Lataste, 1883 del norte de Marruecos. *Misc. Zool.*, **9**: 367-374.
- Rosário, I.T. and Mathias, M.L., 2004. Annual weight variation and reproductive cycle of the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) in a Mediterranean environment. *Mammalia*, **68**: 133-140. <https://doi.org/10.1515/mamm.2004.014>
- Saint Girons, M.C., 1972. Le genre *Apodemus* Kaup, 1892, au Maroc. *Z. Säugetierk.*, **37**: 362-371. <https://doi.org/10.1515/mamm.1973.37.3.439>
- Soriguer, R.C. and Amat, J.A., 1979. Datos sobre la biología y dinámica numérica de una población de ratones de campo (*Apodemus sylvaticus*) en Andalucía occidental. *Bol. Est. Central Ecol.*, **8**: 79-83.
- Spitz, F., Le Louarn, H., Poulet, A. and Dassonville, B., 1974. Standardisation des piégeages en ligne pour quelques espèces de rongeurs. *Terre Vie*, **28**: 564-578.
- Stenseth, N.C. and Lidicker, W.Z., 1992. *Animal dispersal: Small mammals as a model*. Chapman and Hall, London, pp. 365. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-2338-9>
- Taylor, P.J., 2017. *Lemniscomys barbarus*. In: *Handbook of the mammals of the World. 6. Rodents II* (eds. D.E. Wilson, R.A. Mittermeier and T.E. Lacher). Lynx, Barcelona, pp. 769.
- Torre, I., Arrizabalaga, A. and Díaz, M., 2002. Ratón de campo *Apodemus sylvaticus* (Linnaeus, 1758). *Galemys*, **14**: 1-26.
- Van der Straeten, E., 1980. Étude biométrique de *Lemniscomys linulus* (Afrique Occidentale) (Mammalia, Muridae). *Rev. Zool. Afr.*, **94**: 185-201. <https://doi.org/10.1093/genetics/94.1.185>
- Vargas, J.M., España, A., Haro, R. and Sans-Coma, V., 1984. Estructura poblacional de *Mus spretus* Lataste, 1883 en cultivos de caña de azúcar del sur de la Península Ibérica. *Misc. Zool.*, **8**: 253-262.
- Vargas, J.M., Palomo, L.J. and Palmquist, P., 1991. Reproduction of the Algerian mouse (*Mus spretus* Lataste, 1883) in the south of the Iberian Peninsula. *Bonn. Zool. Beitr.*, **42**: 1-10.
- Zaïme, A., 1985. *Contribution à l'étude éco-éthologique de trois rongeurs des milieux arides et semi-arides au Maroc*, Meriones shawi, Gerbillus campestris et Lemniscomys barbarus. Doct. Ing. Ecol. Ethol. thesis, Rennes 1 University, France, pp. 236.

# Helminth parasites in the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) from Algeria

S. Merabet, N. Khammes–El Homsí, L. Aftisse,  
N. Khammes–Talbi, A. Milla, S. Morand, A. Ribas

Merabet, S., Khammes–El Homsí, N., Aftisse, L., Khammes–Talbi, N., Milla, A., Morand, S., Ribas, A., 2021. Helminth parasites in the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) from Algeria. *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, 19: 205–212, Doi: <https://doi.org/10.32800/amz.2021.19.0205>

## Abstract

*Helminth parasites in the wood mouse (Apodemus sylvaticus) from Algeria.* Helminth parasites of the wood mouse *Apodemus sylvaticus* (Rodentia, Murinae) were studied for the first time in Algeria. Fifty mice from Mizrana forest were examined in 2017. Our results showed a general prevalence of 82% and a six species of helminths: four nematodes (*Heligmosomoides polygyrus*, *Syphacia stroma*, *Syphacia frederici* and *Rictularia* sp.) and two cestodes (*Hymenolepis* sp. and *Hydatigera parva* larvae). The most prevalent species was *S. stroma* (52.0%), followed by *S. frederici* (46%) and *H. polygyrus* (26%). Infection rates in the analysed mice were higher in Nematoda (70%) than in Cestoda (12%). Host age was the most important factor determining the prevalence of helminth species, with adults being the most infected group. The differences were significant. No differences in prevalence were observed related to host sex or seasonality.

Key words: *Apodemus*, Forest, Algeria, Helminth

## Resumen

*Helmintos parásitos en el ratón de campo (Apodemus sylvaticus) de Argelia.* Primer estudio de los helmintos parásitos del ratón de campo, *Apodemus sylvaticus* (Rodentia, Murinae) en Argelia. En total, se examinaron 50 individuos del bosque de Mizrana durante el año 2017. Nuestros resultados mostraron una prevalencia general del 82% y se registraron un total de seis especies de helmintos: cuatro nematodos (*Heligmosomoides polygyrus*, *Syphacia stroma*, *Syphacia frederici* y *Rictularia* sp.) y dos cestodos (larvas de *Hymenolepis* sp. y *Hydatigera parva*). La especie más prevalente fue *S. stroma* (52,0%) seguida de *S. frederici* (46%) y *H. polygyrus* (26%). Nematoda mostró una mayor tasa de infestación entre los ratones analizados (70%) que cestoda (12%). La edad del huésped fue el factor más importante y determinante respecto a la prevalencia de especies de helmintos. Las diferencias fueron significativas y los adultos el grupo más infestado. No se observaron diferencias de prevalencia relacionadas con el sexo del huésped ni con la estacionalidad.

Palabras clave: *Apodemus*, Bosque, Argelia, Helminto

## Resum

*Helmints paràsits en el ratolí de bosc (Apodemus sylvaticus) d'Algèria.* Primer estudi dels helmints paràsits del ratolí de bosc, *Apodemus sylvaticus* (Rodentia, Murinae) a Algèria. En total, es van examinar 50 individus del bosc de Mizrana durant l'any 2017. Els nostres resultats van mostrar una prevalença general del 82% i es van registrar un total de sis espècies d'helmints: quatre nematodes (*Heligmosomoides polygyrus*, *Syphacia stroma*, *Syphacia frederici* i *Rictularia* sp.) i dos cestodes (larves d'*Hymenolepis* sp. i *Hydatigera parva*). L'espècie més prevalent va ser *S. stroma* (52,0%) seguida de *S. frederici* (46%) i *H. polygyrus* (26%). Nematoda va mostrar una taxa d'infestació més alta entre els ratolins analitzats (70%) que cestoda (12%). L'edat de l'hoste va ser el factor més important i determinant respecte a la prevalença d'espècies d'helmints. Les diferències van ser significatives i els adults el grup més infestat. No es van observar diferències de prevalença relacionades amb el sexe de l'hoste ni amb l'estacionalitat.

Paraules clau: *Apodemus*, Bosc, Algèria, Helmint

Rebut: 13/04/2021; Conditional acceptance: 26/05/2021; Final acceptance: 06/09/2021

S. Merabet, N. Khammes–El Homs, L. Aftisse, N. Khammes–Talbi, Laboratoire d'Écologie et de Biologie des Organismes Terrestres–LEBIOT, Faculty of Biology and Agronomy Science, University of Mouloud Mammeri, Tizi–Ouzou, Algeria.– A. Milla, Laboratoire Santé et Production Animale–SPA, École Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger, Oued Smar, Algiers, Algeria.– S. Morand, Department of Helminthology, Faculty of Tropical Medicine, Mahidol University, Bangkok, Thailand and CNRS–CIRAD, Faculty of Veterinary Technology, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.– Alexis Ribas, Parasitology Section, Department of Biology, Health Care and Environment, Faculty of Pharmacy and Food Science, University of Barcelona, Barcelona, Spain and Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Barcelona, Spain.

Corresponding author: A. Ribas. E–mail: [aribas@ub.edu](mailto:aribas@ub.edu)

ORCID: 0000-0002-1256-3316

---

## Introduction

The wood mouse, *Apodemus sylvaticus* (Linnaeus 1758), is found throughout Europe and in parts of North Africa (Schlitter et al., 2021). The helminths of this species have been extensively studied in continental Europe (Ondříková et al., 2010), peninsular Europe (Milazzo et al., 2005, 2010; Torre et al., 2013), the British Isles (Behnke et al., 1999) and the Mediterranean Islands (Goüy de Bellocq et al., 2003) but information on the helminth fauna of North African wood mice (Morocco, Algeria and Tunisia) is lacking. Northern African wood mice populations are of south–western European origin, with the Maghreb probably having been colonized either across the Strait of Gibraltar during the Mesolithic, or as a result of anthropogenic translocation (Lalis et al., 2016). In Algeria, our study area, the presence of *A. sylvaticus* is known from 2,500–4,000 years ago from the Capelletti cave (Stoetzel, 2013).

In Algeria, the wood mouse is distributed from sea level up to 2,000 m, from the coast to mountainous zones, and in several types of habitats (Kowalski, 1985; Kowalski et Rzebik–Kowalska, 1991; Khidas, 1993; Hamdine and Poitevin, 1994). As previously reported, *A. sylvaticus* is the commonest species in high–altitude forests and mountains (Khidas, 1993, Khidas et al., 2002; Khammes, 2008). Despite this wide–ranging distribution, no surveys of

helminth parasite have yet been conducted on this rodent species in Algeria. This study of these Maghreb populations (and as an introduced species) is thus of special interest. The aim of our study was to report data for the helminths of *A. sylvaticus* in Algeria for the first time.

---

## Material and methods

### Study site

The study site was located in the Mizrana forest (36° 50' N and 4° 4' E and 850 m a.s.l.) in the Kabylia region in the north of Algeria. This forest is located in a humid bioclimatic zone and is composed of mixed cork (*Quercus suber*) and holm (*Quercus ilex*) oak forest. Trapping was carried out in a species-poor understory consisting mainly of *Erica arborea*, *Calycotome spinosa* and *Cytisus triflorus*.

### Trapping and characterization of specimens

Wood mice were trapped over 10 months (January–November, excluding May) in 2017 to assess helminth diversity. Thirty metal live-traps, baited with bread mixed with fish meat (sardines), were set and, depending on external conditions, trapping campaigns were conducted over periods of 2–4 days.

Weight, sex, body length and reproductive status were recorded for each individual. The maturity of males was determined by the position and size of the testicles and the seminal vesicles following Kowalski (1985). Female activity was evaluated by external (vagina perforated and teats easily visible) or internal characteristics (development of embryos and presence of scars on uterus). Captured mice were categorized into one of three age categories (juveniles, young adults, or adults) based on dental wear (Birkan, 1968).

### Examination of gut contents and visceral organs

Mice were dissected and gastrointestinal tracts and livers were removed, stomach, duodenum, small intestine and large intestine were separated and transferred to large Petri dishes containing a standard saline solution. They were then carefully examined both by the naked eye and under a low-power binocular microscope for helminth parasites (Ribas et al., 2011). Helminths were collected, counted and stored in labelled Eppendorf tubes containing 70% ethanol. They were then processed using general helminthological methods and identified following previous descriptions. The ecological terminology and quantitative parameters used followed Bush et al. (1997). Descriptive parameters and their confidence intervals for statistical analyses were calculated using quantitative parasitology (Reiczigel et al., 2019) using Fisher's exact test. Data were analysed according to season using the climatic characteristics of the surveyed site.

---

## Results

A total of 50 *A. sylvaticus* were captured (representing 810 trap-nights) and screened for parasites as follows: January (n = 6), February (n = 6), March (n = 10), April (n = 5), June (n = 6), July (n = 4), August (n = 6), September (n = 2), October (n = 3) and November (n = 2). By age, captures were as follows: juveniles (22%), young adults (16%), and adults (62%). Our results showed a general prevalence of 82%, with a total parasite load of 2,585 helminths.

Four species of nematodes were recovered: *Heligmosomoides polygyrus*, *Syphacia stroma*, *Syphacia frederici* and *Rictularia* sp., and two species of cestodes were identified: *Hymenolepis* sp. (body cavity) and *Hydatigera parva* larvae (body cavity).

Table 1. Prevalence and intensity of helminth species in *A. sylvaticus* from Algeria.Tabla 1. Prevalencia e intensidad de especies de helmintos en *A. sylvaticus* en Argelia.

Species	Microhabitat	Infected mice	Prevalence (%)	Intensity
Nematoda		41		
<i>S. stroma</i>	Duodenum, small intestine	26	52.0	64.42
<i>S. frederici</i>	Large intestine and caecum	22	46.0	32.13
<i>H. polygyrus</i>	Duodenum, small intestine	20	42.0	4.90
<i>Rictularia</i> sp.	Stomach, small and large intestine	13	26.0	4
Cestoda		6		
<i>Hymenolepis</i> sp.	Body cavity	4	8.0	1.75
<i>Hydatigera parva</i> larvae	Body cavity	2	4.0	1.0

No mice were found to be infected with all six helminth species. The highest co-infection was four of the six helminth species. The number of worms per host varied for each species: 0–547 for *S. stroma*; 0–126 for *S. frederici*; 0–26 for *H. polygyrus*; 0–29 for *Rictularia* sp.; 0–3 for *Hymenolepis* sp. and 0–1 for *Hydatigera parva* larvae.

More mice (70%) were infected by Nematoda than by Cestoda (12%); the genus *Syphacia* was the most prevalent. *Syphacia stroma* was the most prevalent species (52.0%) with the highest mean intensity (64.42 parasites/host) and a total of 1,675 identified worms. The second commonest species, *S. frederici*, had a helminth prevalence of 46%, with a mean intensity of 32.13 parasites/host. Twenty mice were hosts to *H. polygyrus* but with a slightly lower prevalence than the previous helminth species (42.0%) and lower mean intensity (4.90 parasites/host). The spirurid nematode *Rictularia* sp. was recovered from thirteen mice, with a 26.0% rate infection and mean intensity of 4 parasites/host. The two recovered cestodes (*Hymenolepis* sp. and *H. parva* larvae) both had a lower prevalence and mean intensity (details in table 1).

Differences in host sex prevalence between male (88.2%) and female (68.8%) mice were not significant ( $P$ -value = 0.12). In contrast, the general prevalence varied significantly ( $***P < 0.01$ ) and increased between age cohorts: juveniles (36.4%), young adults (87.5%) and adults (96.8%). The overall helminth prevalence was slightly higher in summer (93.8%) but this was not significant ( $P$ -value: 0.41) if compared to the other seasons: winter (83.3%), spring (73.3%) and autumn (71.4%) (table 2).

Table 2. Prevalence of helminth species in male and female *A. sylvaticus* over the seasons in Algeria.

Tabla 2. Prevalencia de especies de helmintos en machos y hembras de *A. sylvaticus*, así como en las diferentes estaciones, en Argelia.

Host sex	Infected mice	Prevalence (%)	P-value
Host ssex			
Males	30	88.2	
Females	11	68.8	0.12
Host age			
Adults	30	96.8	
Young adults	7	87.5	< 0.01*
Juveniles	4	36.4	
Season			
Summer	15	93.8	
Winter	10	83.3	0.41
Spring	11	73.3	
Autumn	5	71.4	

## Discussion

This study presents the first data for a helminth community in wood mice in Algeria. Six helminth species were recorded, with a predominance of Nematoda and with *S. stroma*, followed by *S. frederici* and *H. polygyrus* as the most prevalent species. Previous studies of *A. sylvaticus* helminths from the Magreb are limited to reports of a number of helminth species but with no accompanying ecological data (Bernard, 1963, 1967). The following species have been recorded in Tunisia from *A. sylvaticus*: *Aonchotheca annulosa*, *Aspicularis tetraptera*, *Eucoleus bacillatus*, *Heterakis spumosa*, *Protospirura muris*, *Rictularia proni* and *Syphacia stroma* (Bernard, 1963); *Heligmosomoides polygyrus*, *Longistriata seurati* and *S. stroma* (Bernard 1967). Only one species has been recorded from Morocco: *Rictularia proni*, by Dollfus (1960). The most prevalent helminths in our study (*H. polygyrus*, *S. stroma* and *S. frederici*) are specific to *Apodemus*, and have been reported to be the most prevalent species in the Iberian Peninsula, the origin of the Algerian wood mice populations. In Portugal, Eira et al. (2006) recorded a total of 12 helminth species in 557 mice: *H. polygyrus* was the most prevalent followed by *S. stroma* and *S. frederici*. Also detected in high prevalence was *Angiostrongylus dujardini*, which could be an artefact due to the particular ecological conditions of the area. In southern Spain (Sierra Espuña), Fuentes et al. (2004) isolated 13 helminth species from 74 mice; the nematode *S. frederici* and the cestode *Pseudocatenotaenia matovi* were the most prevalent and most abundant. The helminth parasite community of 150 wood mice from the Erro valley (Spain) consisted of 14 species, with the nematode *H. polygyrus* being the most prevalent (Debenedetti et al., 2014). In Serra Calderona Natural Park, Fuentes et

al. (2010) studied the helminth community of wood mice in a burnt area and in a control area (unburnt) over several years. They detected 17 helminth species in 564 wood mice analyzed, the prevalence being lower in the control area than in the burnt area. *S. stroma* was the most prevalent helminth parasite in the burnt area, while *H. polygyrus* was the most prevalent in the control area. As the life cycle of *H. polygyrus* includes free-living stages (Anderson, 1992) local environment conditions could determine the prevalence in our Algerian populations studied, where this species was not as prevalent as in some of the above-mentioned studies in the Iberian Peninsula. The greatest number of helminth species isolated (21) in wood mouse populations to date is from the Massane Natural Reserve (south-east France), where the most frequent parasite was *H. polygyrus* (Torregrosa–Orts et al., 1987). Our study suggests that the low parasite species richness in the wood mouse at the study site in Algeria could be the consequence of the human introduction of this host. The loss of parasites in the event of a host introduction has been reported in introduced populations of *A. sylvaticus* on islands (Goüy de Bellocq et al., 2003), and in other rodents such as the squirrel *Atlantoxerus getulus*, introduced into the Canary Islands from Morocco (López–Darias et al., 2008). However, it is important to note that the small sample size in our study probably underestimates the full parasite specific richness, as indicated by Feliu et al. (1997). In conclusion, this study provides the first record of helminth species in *A. sylvaticus* from Algeria. Nevertheless, as helminthic diversity in *A. sylvaticus* in Algeria is far from being well-studied, further studies exploring more localities are required.

---

## Acknowledgements

We are grateful to all the forest staff in Mizrana (Algeria) for their help with the fieldwork.

---

## References

- Anderson, R. M., 1992. *Nematode parasites of vertebrates*. C. A. B. International, Oxford.
- Behnke, J. M., Lewis, J. W., Zain, S. N., Gilbert, F. S., 1999. Helminth Infections in *Apodemus sylvaticus* in Southern England: interactive effects of host age, sex and year on the prevalence and abundance of infections. *Journal of Helminthology*, 73(1): 31–44, Doi: [10.1017/S0022149X99000049](https://doi.org/10.1017/S0022149X99000049)
- Birkan, M., 1968. Répartition écologique et dynamique des populations d'*Apodemus sylvaticus* et *Clethrionomys glareolus* en pinède à Rambouillet. *Revue d'Écologie (La Terre et La Vie)*, 3: 231–273.
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M., Shostak, A. W., 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology*, 83(4): 575–583, Doi: [10.2307/3284227](https://doi.org/10.2307/3284227)
- Bernard, J., 1963. Etude sur la faune parasitaire de Tunisie. I. Nématodes parasites des Muridae. *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, 40: 5–64.
- 1967. Contribution à la connaissance de la faune helminthologique d'Afrique du Nord. *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, 44: 163–182.
- Debenedetti, A. L., Sainz–Elipse, S., Saéz–Durán, S., Galicia, D., Imaz, A., Galán–Puchades, M. T., Fuentes, M. V., 2014. The helminth community of the wood mouse *Apodemus sylvaticus* from Erro River valley, Navarre, Spain. *Journal of Helminthology*, 89(6): 727–733, Doi: [10.1017/S0022149X1400056X](https://doi.org/10.1017/S0022149X1400056X)
- Dollfus, R. P., 1960. Miscellanea helminthologica maroccana. XXXII. Nématode du genre *Rictularia* chez un *Apodemus* en Moyen–Atlas. *Archives de l'Institut Pasteur Maroc*, 6: 5–25.

- Eira, C., Torres, J., Vingada, J., Miquel, J., 2006. Ecological aspects influencing the helminth community of the wood mouse *Apodemus sylvaticus* in Dunas de Mira, Portugal. *Acta Parasitologica*, 51: 300–308, Doi: [10.2478/s11686-006-0046-0](https://doi.org/10.2478/s11686-006-0046-0)
- Feliu, C., Renaud, F., Catzeffis, F., Hugot, J. P., Durand, P., Morand, S., 1997. A comparative analysis of parasite species richness of Iberian rodents. *Parasitology*, 115: 453–466, Doi: [10.1017/S0031182097001479](https://doi.org/10.1017/S0031182097001479)
- Fuentes, M. V., Saéz, S., Trelis, M., Galán–Puchades, M. T., Esteban, J. G., 2004. Helminth community of the wood mouse in Sierra Espuña, Spain. *Journal of Helminthology*, 78: 219–223, Doi: [10.1079/JOH2003226](https://doi.org/10.1079/JOH2003226)
- Fuentes, M. V., Saéz–Durán, S., Galán–Puchades, M. T., 2010. The helminth community of the wood mouse *Apodemus sylvaticus* in Mediterranean ecosystem in regeneration ten years after wildfire. *Journal of Helminthology*, 84: 39–48, Doi: [10.1017/S0022149X09990277](https://doi.org/10.1017/S0022149X09990277)
- Goüy de Bellocq, J., Sarà, M., Casanova, J. C., Feliu, C., Morand, S., 2003. A comparison of the structure of helminth communities in the wood mouse, *Apodemus sylvaticus*, on islands of the western Mediterranean and continental Europe. *Parasitology Research*, 90: 64–70, Doi: [10.1007/s00436-002-0806-1](https://doi.org/10.1007/s00436-002-0806-1)
- Hamdine, W., Poitevin, F., 1994. Données préliminaires sur l'écologie du Mulot sylvestre *Apodemus sylvaticus* Linné, 1758, dans la région de Tala–Guilef, parc national du Djurdjura, Algérie. *Revue d'écologie*, 49(2): 181–186.
- Khammes, N., 2008. Fragmentation des populations de rongeurs muridés en Méditerranée Occidentale: de l'échelle stationnelle à l'aire de répartition. PhD thesis, University of Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Algeria.
- Khidas, K., 1993. Distribution des rongeurs en Kabylie du Djurdjura (Algérie). *Mammalia*, 57(2): 207–212, Doi: [10.1515/mamm.1993.57.2.207](https://doi.org/10.1515/mamm.1993.57.2.207)
- Khidas, K., Khammes, N., Kelloufi, S., Lek, S., 2002. Abundance of the wood mouse *Apodemus sylvaticus* and the Algerian mouse *Mus spretus* (Rodentia, Muridae) in different habitats of northern Algeria. *Mammalian Biology*, 67: 34–41, Doi: [10.1078/1616-5047-00003](https://doi.org/10.1078/1616-5047-00003)
- Kowalski, K., 1985. Annual cycle of reproduction in *Apodemus sylvaticus* in Algeria. *Acta Zoologica Fennica*, 173: 85–86.
- Kowalski, K., Rzebiak–Kowalska, B., 1991. Mammals of Algeria. Ossolineum Editorial, Wroclaw.
- Lalis, A., Leblois, R., Liefried, S., Ouarour, A., Beeravolu, C. R., Michaux, J., Hamani, A., Denys, C., Nicolas, V., 2016. New molecular data favour an anthropogenic introduction of the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) in North Africa. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 54(1): 1–12, Doi: [10.1111/jzs.12111](https://doi.org/10.1111/jzs.12111)
- López–Darias, M., Ribas, A., Feliú, C., 2008. Helminth parasites in native and invasive mammal populations: Comparative study on the Barbary ground squirrel *Atlantoxerus getulus* L. (Rodentia, Sciuridae) in Morocco and the Canary Islands. *Acta Parasitologica*, 53(3): 296–301, Doi: [10.2478/s11686-008-0036-5](https://doi.org/10.2478/s11686-008-0036-5)
- Milazzo, C., Aloise, G., Cagnin, M., Di Bella, C., Geraci, F., Feliu, C., Casanova, J. C., 2005. Helminths of *Apodemus sylvaticus* (Muridae) distributed on the southern European border (Italian peninsula). *Vie et Milieu*, 55: 45–51.
- Milazzo, C., Di Bella, C., Casanova, J. C., Ribas, A., Cagnin, M., 2010. Helminth communities of wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) on the River Avena (Calabria, southern Italy). *Hystrix*, 21(2): 171–176, Doi: [10.4404/hystrix-21.2-4477](https://doi.org/10.4404/hystrix-21.2-4477)
- Ondříková, J., Miklisová, D., Ribas, A., Stanko, M., 2010. The helminth parasites of two sympatric species of the genus *Apodemus* (Rodentia, Muridae) from south–eastern Slovakia. *Acta Parasitologica*, 55: 369–378, Doi: [10.2478/s11686-010-0043-1](https://doi.org/10.2478/s11686-010-0043-1)
- Reiczigel, J., Marozzi, M., Fábíán, I., Rózsa, L., 2019. Biostatistics for parasitologists – a primer to Quantitative Parasitology. *Trends in Parasitology*, 35(4): 277–281, Doi: [10.1016/j.pt.2019.01.003](https://doi.org/10.1016/j.pt.2019.01.003)
- Ribas, A., Chaisiri, K., Morand, S., Hugot, J. P., Haukisalmi, V., Henttonen, H., 2011. Isolating helminths in rodents. In: *Protocols for field and laboratory rodent studies* (V. Herbreteau, S. Jittapalong, W. Rerkamnuaychoke, Y. Chaval, J. F. Cosson, S. Morand, Eds.). Kasetsart University Press, Bangkok.

- Schlitter, D., Van der Straeten, E., Amori, G., Hutterer, R., Kryštufek, B., Yigit, N., Mitsainas, G., 2021. *Apodemus sylvaticus* (amended version of 2016 assessment). In: *The IUCN Red List of Threatened Species 2021*: e.T1904A197270811, Doi: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T1904A197270811.en>
- Stoetzel, E., 2013. Late Cenozoic micro mammal biochronology of north western Africa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 392: 359–381, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2013.09.026>
- Torregrosa–Orts, M., Feliu, C., Fons, R., 1987. Contribution à la connaissance des helminthes parasites des micromammifères. I. Parasites de *Apodemus sylvaticus* L., 1758 (Rodentia: Muridae). *Travaux de la réserve naturelle de la Massane*, 22. Laboratoire Arago, Banyuls-sur-mer.
- Torre, I., Arrizabalaga, A., Feliu, C., A., Ribas, A., 2013. The helminth infracommunities of the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) two years after the fire in Mediterranean forests. *Helminthologia*, 50(1): 27–38, Doi: [10.2478/s11687-013-0104-8](https://doi.org/10.2478/s11687-013-0104-8)

## Résumé

En menant une étude pluridisciplinaire à plusieurs aspects, nous avons pour objectif principal de renforcer les connaissances en montrant l'intérêt des approches écologiques morphométriques, biologiques et parasitaires dans l'étude de quelques espèces de rongeurs Muridés en Kabylie du Djurdjura (*Apodemus sylvaticus* capturés au maquis et en forêt, *Lemniscomys barbarus*, *Mus spretus* capturés au maquis et *Rattus norvegicus* capturé au niveau du milieu semi-urbain). Pour un effort d'échantillonnage de 3600 nuits pièges, 291 individus ont été capturés. L'étude de la biométrie corporelle et crâniennes effectuées sur les espèces *Lemniscomys barbarus*, *Apodemus sylvaticus* et *Rattus norvegicus* montre des différences significatives qui varient avec l'âge. En plus de la corrélation relevée entre, les mesures crâniennes effectuées et l'usure dentaire, une analyse en composante principales (ACP) appliquée sur 16 variables crâniennes et 07 variables mandibulaires et dentaires de 118 individus d'*A. sylvaticus* des deux habitats, a montré que les individus de la forêt semblent avoir un crâne et une mandibule plus grands que ceux du maquis.

Concernant la phénologie de reproduction dont l'étude a porté sur *A. sylvaticus*, *L. barbarus*, et *M. spretus*, nous avons constaté une similitude dans le décours de la reproduction chez *A. sylvaticus* et *M. spretus* qui ont synchronisé leur reproduction avec les saisons d'hiver et du printemps, *L. barbarus* avec le printemps et l'été alors que *R. norvegicus* peut se reproduire toutes l'année. D'après les résultats de notre étude la photopériode et la température ne peuvent pas expliquer ce changement de reproduction mais cette adaptation pourrait être liée à l'écologie alimentaire de chacune de ces espèces.

Les helminthes parasites d'*A. sylvaticus*, de *L. barbarus* et de *R. norvegicus* ont été étudiés pour la première fois en Algérie. Globalement 8 espèces d'helminthes parasites ont été récoltées avec 6 espèces de nématodes et 2 espèces de cestodes.

La richesse en helminthes parasites varie entre 2 espèces identifiées chez *L. barbarus* et 6 espèces identifiées chez *A. sylvaticus* et l'âge des hôtes reste le principal facteur déterminant la prévalence en helminthes parasites.

**Mots clés :** Morphométrie, reproduction, parasites, rongeurs, Muridés, *Apodemus sylvaticus*, *Mus spretus*, *Lemniscomys barbarus*, *Rattus norvegicus*, Kabylie du Djurdjura.

## **Abstract**

By conducting a multidisciplinary study with several aspects, our main objective was to strength enknowledge by showing the interest of ecological, morphometric, biological and parasitic approaches in the study of some species of Murine rodents in Kabylie of Djurdjura (*Apodemus sylvaticus* captured in scrubland and in forest, *Lemniscomys barbarus*, *Mus spretus* captured in scrub land and *Rattus norvegicus* captured in the semi-urban environment). With a sampling effort of 3600 trap/nights, 291 individuals were captured. The body and cranial measurements carried out on the species *Lemniscomys barbarus*, *Apodemus sylvaticus* and *Rattus norvegicus* shows significant differences varying with age. In addition to the correlation noted between the cranial measurements taken and dental wear a principal component analysis (PCA) applied to 16 cranial variables and 07 mandibular and dental variables of 118 individuals of *A. sylvaticus* from both habitats, showed that individuals from the forest seem to have a larger skull and mandible than those from the scrubland.

The reproductive phenology study focused on *A. sylvaticus*, *L. barbarus*, and *M. spretus*, showed a similarity in the course of reproduction in *A. sylvaticus* and *M. spretus* which synchronized their reproduction with winter and spring seasons, *L. barbarus* with spring and summer while *R. norvegicus* can breed all year round. According to our results, photoperiod and temperature cannot explain this change in reproduction, but this adaptation could be linked to the feeding ecology of each of these species.

The parasitic helminths of *A. sylvaticus*, *L. barbarus* and *R. norvegicus* were studied for the first time in Algeria. Overall 8 species of parasitic helminths were collected with 6 species of nematodes and 2 species of cestodes.

The richness in parasitic helminths varies between 2 species identified in *L. barbarus* and 6 species identified in *A. sylvaticus* and the age of the hosts remains the main factor determining the prevalence of parasitic helminths.

**Key words:** Morphometry, reproduction, parasites, rodents, Muridae, *Apodemus sylvaticus*, *Mus spretus*, *Lemniscomys barbarus*, *Rattus norvegicus*, Kabylie of Djurdjura.