

Université des Frères Mentouri Constantine1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Animale

N° d'ordre :60/D3C/2022

N° de série :04/BA/2022



Thèse de Doctorat
Présentée pour obtenir le diplôme de Doctorat 3^{ème} cycle
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences biologiques
Spécialité : Biodiversité des Arthropodes

Présentée et soutenue par :

DERROUCHE Chahinez

Intitulée :

**Biosystématique et écologie des orthoptères
(Insecta, Orthoptera) dans l'Est algérien**

Membres du jury :

Président :	M ^{er} HAMRA KROUA Salah	Prof. Université Frères Mentouri Constantine 1
Directeur de thèse :	M ^{me} BENKENANA Naima	Prof. Université Frères Mentouri Constantine 1
Examineurs :	M ^{me} AGUIB Sihem	MCA. Université Frères Mentouri Constantine 1
	M ^{er} MOUSSI Abdelhamid	Prof. Université Mohamed Khider Biskra
	M ^{er} DJAZOULI Zahr-Eddine	Prof. Université Saâd Dahlab Blida 1

Soutenue le 13/07/2022

Remerciements

A l'issue de ce travail de recherche sur la biosystématique et l'écologie des orthoptères (Insecta, Orthoptera) de l'est algérien, je tiens à adresser mes remerciements à Madame Benkenana Naima, Professeur à l'université Frères Mentouri Constantine 1, qui a accepté de diriger cette thèse avec autant d'attention et de soin ; Je lui suis très reconnaissante pour sa disponibilité, sa bienveillance, son soutien et pour son intérêt constant pour le sujet de la thèse.

Je profite de cette occasion pour exprimer ma gratitude et reconnaissance à Monsieur Hamra Kroua Salah, Professeur à l'université Frères Mentouri Constantine 1, qui m'a ouvert les yeux sur la spécialité et qui m'a transmis sa passion pour l'entomologie.

Je remercie Madame Aguib Sihem, Maître de conférences A à l'université Frères Mentouri Constantine 1, Monsieur Moussi Abdelhamid, Professeur à l'université Mohamed Khider Biskra, et Monsieur Djazouli Zahr-Eddine, Professeur à l'université Saâd Dahleb Blida 1 qui ont eu la gentillesse d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Je tiens à remercier Monsieur Massa Bruno, Professeur à l'université de Palerme Italie et Monsieur Petit Daniel Pierre, Professeur à l'université de Limoges France pour leur aide et leur disponibilité à tout moment.

Mes sincères remerciements vont également à Monsieur Bouaicha Foued, maître de conférences A à l'université Frères Mentouri Constantine 1, pour son aide et ses précieux conseils.

Je suis très reconnaissante à Professeur Benlaribi Mostefa, Docteur Bazri Kamel-Eddine et Docteur Boulassel Mouad à l'Université Frères Mentouri Constantine 1, pour leur aide à identifier les espèces végétales.

Biosystématique et écologie des orthoptères (Insecta, Orthoptera) dans l'Est algérien

Résumé

Les orthoptères de l'Est algérien ont fait l'objet d'une étude comprenant deux axes : Le premier axe porte sur l'inventaire de la faune de 16 stations réparties dans sept localités (Constantine, Batna, Mila, Khenchela, Oum El Bouaghi, Jijel et Skikda) et trois étages bioclimatiques (semi-aride, subhumide et humide) par une méthodologie appropriée.

La faune orthoptérique recensée est composée de 51 espèces appartenant aux deux sous-ordres, à sept (7) familles et à 17 sous-familles. La grande majorité de ces espèces inventoriées appartient au sous-ordre Caelifera (43 espèces). Tandis que le sous-ordre Ensifera est représenté par seulement huit (8) espèces.

Le second axe est accordé à la bioécologie des orthoptères, divers aspects ont été évoqués. La richesse spécifique est nettement plus élevée dans la station Fesdis à Batna. La famille Acrididae est dominante sur le plan de la richesse taxonomique, elle est présente dans toutes les stations d'étude. Une étude comparative par différentes méthodes entre les stations d'étude a été réalisée.

Il est à souligner que l'espèce *Sciobia algirica* (Gogorza, 1881), appartenant au sous-ordre des Ensifera, à la famille des Gryllidae et à la sous-famille des Gryllinae n'a jamais été mentionnée dans l'Est algérien.

La famille Tettigidae est représentée avec une seule espèce ; *Paratettix meridionalis* (Rambur, 1838), qui a fait l'objet d'une étude bioécologique. Les prospections et le suivi de cette espèce montrent qu'elle a deux générations par an. Pour l'étude du régime alimentaire, Les résultats de l'analyse des fèces révèlent qu'elle consomme des plantes qui appartiennent à deux familles essentielles : Asteraceae et Poaceae.

L'étude bioécologique de l'espèce *Praehippiger pachygaster* (Lucas, 1849) de la famille des Tettigoniidae montre que cette espèce est polyphage avec une préférence pour les plantes de la famille Asteraceae. Cette espèce est présente avec une pullulation marquée au niveau des stations Fesdis et El Hamma pendant la période d'étude.

Les bioclimogrammes réalisés pour les orthoptères de l'Est algérien permettent de constater que le plus grand nombre d'espèces appartient à l'étage bioclimatique semi-aride. La disponibilité des orthoptères est influencée par les températures élevées, les précipitations et l'altitude.

Au vu de la littérature consultée, les recherches sur les orthoptères ont surtout porté sur les caelifères, quelques publications ont été faites sur les ensifères, d'où notre travail qui vient enrichir la faune de l'Est algérien.

Mots clés : Orthoptères, Ensifera, Est algérien, humide, semi-aride, inventaire, bioécologie.

Biosystematics and Ecology of Orthopterans (Insecta, Orthoptera) in Eastern Algeria

Abstract

A study of the orthopterans in the Eastern Algerian region was conducted with two main objectives :

The first one is a survey of the fauna in 16 localities located in seven regions (Constantine, Batna, Mila, Khenchela, Oum El Bouaghi, Jijel and Skikda) and three bioclimatic stages (semi-arid, subhumid and humid) by an adequate methodology.

The total orthopteran fauna is composed of 51 species belonging to both suborders of orthoptera, seven (7) families and 17 subfamilies. Most of the species inventoried belong to the suborder Caelifera (43 species). While the suborder Ensifera is represented by only eight (8) species.

The second main objective is to study the orthopteran bioecology, several aspects were discussed. The specific richness is clearly higher in the locality of Fesdis. The family Acrididae is dominant regarding the taxonomic richness, being present in all the study localities. A comparative study using different methods between the localities was carried out.

It is emphasized that the species *Sciobia algirica* (Gogorza, 1881), belonging to the suborder Ensifera, Gryllidae family and Gryllinae subfamily, has never been reported in Eastern Algeria. The family Tettigidae is only represented by one species ; *Paratettix meridionalis* (Rambur, 1838), whose bio-ecological study was carried out. Surveys and monitoring of this species show that it has two generations annually. Regarding the diet study of this species, the results of the feces analysis of males and females reveal that it consumes plants belonging to two main families : Asteraceae and Poaceae.

The bioecological study of the species *Praephippiger pachygaster* (Lucas, 1849) belonging to the family Tettigoniidae indicates that this species is polyphagous and prefers plants belonging to the family Asteraceae. It occurs with significant pullulation at Fesdis and El Hamma stations during the study period.

The bioclimograms carried out for the orthopterans of Eastern Algeria show that the largest number of species belongs to the semi-arid bioclimatic stage. The availability of orthopterans is influenced by high temperatures, rainfall and altitude.

According to the literature reviewed, the main focus of research on orthopterans has been on caelifera, a few publications have been published on ensifera, thus our work coming to enrich the fauna of Eastern Algeria.

Key words : Orthoptera, Ensifera, Eastern Algeria, humid, semi-arid, inventory, bioecology.

دراسة بيئية تصنيفية لأنواع الجراد والنطاط (قسم الحشرات رتبة مستقيمة الاجنحة) في الشرق الجزائري

ملخص

خضعت فونا الجراد والنطاط لمنطقة شرق الجزائر لدراسة شملت قسمين:

القسم الاول حول جرد للأنواع في 16 منطقة تقع في ثلاث مناخات مختلفة (شبه جاف، رطب وشبه رطب) باستخدام منهجية مناسبة.

من خلال الدراسة التصنيفية تم التعرف على 51 نوعًا تنتمي إلى فرعين من فصيلة الأجنحة وسبعة عائلات و 17 عائلة فرعية. الغالبية العظمى من هذه الأنواع التي تم جردها تنتمي إلى رتبة Caelifera (43 نوعًا). بينما تم تمثيل فئة Ensifera بـ 8 أنواع فقط.

القسم الثاني من الدراسة اهتم بالدراسة البيئية للأنواع المتواجدة في كل منطقة من الواضح أن الثراء النوعي أعلى في منطقة فسديس لولاية باتنة حيث أن عائلة Acrididae هي المهيمنة من حيث الثراء التصنيفي، فهي موجودة في جميع مواقع الدراسة. أجريت دراسة مقارنة بطرق مختلفة بين تجمعات الجراد والنطاط في مختلف محطات الدراسة حسب المناخ السائد. وتجدر الإشارة إلى أن الأنواع *Sciobia algirica* (Gogorza, 1881) ، التي تنتمي إلى رتبة Ensifera ، إلى عائلة Gryllidae وإلى فصيلة Gryllinae الفرعية لم يتم ذكرها أبدًا من قبل في شرق الجزائر.

كجزء من دراسة بيولوجية، تم اختيار نوعين: *Paratettix meridionalis* (Rambur, 1838) و *Praephippiger* *pachygaster* (Lucas, 1849) بهدف أولاً إلى تقديم النوعين وتحليلاتها المورفومترية. ثانيًا: دراسة دورة التطور والنظام الغذائي والتوزيع الجغرافي للنوعين.

دراستنا الحالية تضاف الى الدراسات السابقة من اجل التعرف أكثر على الانواع التي يمكن ان تشكل خطر على المزروعات واخرى تلعب دورا مهما في التوازن البيئي وكذا التنوع البيولوجي في الجزائر

الكلمات المفتاحية: Orthoptera ، Ensifera ، شرق الجزائر ، رطب ، شبه جاف ، مخزون ، بيئة حيوية.

Table des matières

Titre	Page
<i>Remerciements</i>	
<i>Résumés</i>	
<i>Table des matières</i>	
<i>Liste des figures</i>	
<i>Liste des tableaux</i>	
<i>Liste des annexes</i>	
Introduction	2
Chapitre I. Synthèse bibliographique	6
1. Position systématique	7
1.1 Classification de Chopard (1943)	7
1.1.1 Le sous-ordre Ensifera	8
1.1.1.1 La famille Tettigoniidae	8
1.1.1.2 La famille Gryllidae	9
1.1.1.3 La famille Stenopelmatidae	9
1.1.2 Le sous-ordre Caelifera	10
1.1.2.1 La superfamille Tridactyloidea	10
1.1.2.2 La superfamille Tetrigoidea	10
1.1.2.3 La superfamille Acridoidea	11
1.2 Classification de Dirsh (1965)	12
1.3 Classification de Mounassif (1971)	12
1.4 Classification de Louveaux et Benhalima (1986)	12
1.5 Classification de Louveaux <i>et al.</i> (2021)	13
2. Phylogénie des orthoptères	19
3. Morphologie des orthoptères	20
4. Habitat	23
5. Régime alimentaire	23
6. Biologie	24
6.1 Développement et cycle de vie	24
6.2 Reproduction	25
7. Dynamique des populations d'orthoptères	25
7.1 Facteurs climatiques	25
7.1.1 Température	26
7.1.2 Pluviométrie	26
7.2 Végétation	26
8. Répartition géographique	27
9. Moyens de lutte	27
9.1 Les insecticides	28
9.2 La lutte biologique	28
9.2.1 La lutte biologique par utilisation des prédateurs et parasitoïdes	29
9.2.2 La lutte biologique par utilisation des microorganismes entomopathogènes	29
9.3 Les phytopesticides	29
9.4 La lutte préventive	30
Chapitre II. Présentation de la région d'étude	31
1. Situation et limites géographiques	32
1.1 Situation géographique de la localité de Constantine	32
1.2 Situation géographique de la localité de Batna	33
1.3 Situation géographique de la localité de Khenchela	33

1.4 Situation géographique de la localité de Mila	33
1.5 Situation géographique de la localité d'Oum El Bouaghi	33
1.6 Situation géographique de la localité de Jijel	33
1.7 Situation géographique de la localité de Skikda	34
2. Relief	34
2.1 Relief de la localité de Constantine	34
2.2 Relief de la localité de Batna	34
2.3 Relief de la localité de Khenchela	35
2.4 Relief de la localité de Mila	36
2.5 Relief de la localité d'Oum El Bouaghi	36
2.6 Relief de la localité de Jijel	36
2.7 Relief de la localité de Skikda	37
3. Végétation	38
3.1 Végétation de la localité de Constantine	38
3.2 Végétation de la localité de Batna	38
3.3 Végétation de la localité de Khenchela	39
3.4 Végétation de la localité de Mila	39
3.5 Végétation de la localité d'Oum El Bouaghi	39
3.6 Végétation de la localité de Jijel	39
3.7 Végétation de la localité de Skikda	40
4. Synthèse climatique	40
4.1 Température	40
4.2 Précipitations	46
4.3 Climagramme d'Emberger	51
Chapitre III. Matériel et méthodes	53
1. Choix des stations échantillonnées	54
2. Présentation des stations échantillonnées	54
3. Méthodologie de travail	56
3.1 Echantillonnage	56
3.1.1 Collecte à vue	56
3.1.2 Filet fauchoir	56
3.1.3 Pièges au sol	56
3.2 Techniques utilisées au laboratoire	56
3.2.1 Préparation des boîtes de collection	56
3.2.2 Identification	57
3.2.3 Etude morphométrique	57
3.2.4 Etude du régime alimentaire	57
3.2.5 Répartition géographique	58
4. Méthodes d'exploitation des résultats	58
4.1 Analyses écologiques	58
4.1.1 Richesse spécifique	58
4.1.1.1 La richesse totale	58
4.1.1.2 La richesse moyenne	58
4.1.2 Fréquence relative	59
4.1.3 Constance et statut écologique des espèces inventoriées	59
4.1.4 Indices de diversité	59
4.1.4.1 Indice de Shannon H'	59
4.1.4.2 Indice de Simpson	60
4.1.4.3 Indice de richesse de Margalef	60
4.1.4.4 Dominance	61

4.1.5 Coefficient de similitude de Sørensen	61
4.2 Analyse bioclimatique	61
4.3 Analyse statistique	61
4.3.1 Coefficient de corrélation de Pearson	61
4.3.2 Analyse de similarité (ANOSIM)	62
4.3.3 Analyse en composantes principales (ACP)	62
Chapitre IV. Résultats	63
1. Analyse faunistique	64
1.1 Composition de la faune orthoptérique dans les différentes stations prospectées	64
1.2 Répartitions des espèces dans les stations prospectées	66
2. Etude des espèces d'Ensifera inventoriées	74
2.1 Description et distribution géographique	74
2.1.1 <i>Decticus albifrons</i> (Fabricius, 1775)	74
2.1.2 <i>Tessellana tessellata</i> (Charpentier, 1825)	75
2.1.3 <i>Platycleis sp</i> Fieber, 1853	76
2.1.4 <i>Praehippiger pachygaster</i> (Lucas, 1849)	77
2.1.5 <i>Odontura algerica</i> Brunner von Wattenwyl, 1878	78
2.1.6 <i>Gryllus bimaculatus</i> De Geer, 1773	79
2.1.7 <i>Eumodicogryllus bordigalensis</i> (Latreille, 1804)	80
2.1.8 <i>Sciobia algerica</i> (Gogorza, 1881)	81
2.2 Paramètres morphométriques	82
3. Etude de l'espèce <i>Paratettix meridionalis</i> (Rambur, 1838)	83
3.1 Paramètres morphométriques	83
3.2 Etude de cycle de vie	84
3.3 Etude du régime alimentaire	84
3.4 Distribution géographique	85
4. Etude de l'espèce <i>Praehippiger pachygaster</i> (Lucas, 1849)	86
4.1 Paramètres morphométriques	89
4.2 Etude de la fécondité	89
4.3 Etude du régime alimentaire	89
5. Analyse écologique du peuplement des orthoptères dans les stations prospectées	90
5.1 Richesse totale	90
5.2 Richesse moyenne	91
5.3 Fréquence relative, constance et statut écologique des espèces inventoriées	92
5.4 Indices de diversité	98
5.5 Similarité du peuplement des orthoptères	99
6. Analyse bioclimatique du peuplement des orthoptères dans les stations prospectées (Climagramme des espèces)	100
7. Analyse statistique du peuplement des orthoptères dans les stations prospectées	112
7.1 Variation de la richesse orthoptérique	112
7.2 La classification ascendante hiérarchique (CAH)	113
7.3 Analyse en composantes principales	114
Discussion	117
Conclusion et perspectives	126
Références bibliographiques	129

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Photo générale de l'espèce <i>Steropleurus annae</i> (Targioni-Tozzetti, 1881)	9
2	Photo générale de l'espèce <i>Acheta domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	9
3	Photo générale de l'espèce <i>Gryllotalpa gryllotalpa</i> (Linnaeus, 1758)	10
4	Photo générale de l'espèce <i>Xya variegata</i> (Latreille, 1809)	10
5	Photo générale de l'espèce <i>Paraphyllum antennatum</i> Hancock, 1909	11
6	Photo générale de l'espèce <i>Schistocerca gregaria</i> (Forskål, 1775)	11
7	Morphologie générale d'un orthoptère	20
8	Tête d'un orthoptère	21
9	Thorax d'un orthoptère	21
10	Abdomen d'un orthoptère	22
11	Succession des états biologiques chez le Criquet pélerin <i>Schistocerca gregaria</i>	25
12	Carte de la région d'étude (Est algérien)	32
13	Carte du Relief de la région d'étude	38
14	Températures moyennes mensuelles de la localité de Constantine (2009- 2019)	41
15	Températures moyennes mensuelles de la localité de Batna (2009- 2019)	42
16	Températures moyennes mensuelles de la localité de Khenchela (2009- 2019)	42
17	Températures moyennes mensuelles de la localité de Mila (2009-2019)	43
18	Températures moyennes mensuelles de la localité d'Oum El Bouaghi (2009-2019)	44
19	Température moyennes mensuelles de la localité de Jijel (2009-2019)	44
20	Températures moyennes mensuelles de la localité de Skikda (2009-2019)	45
21	Carte des températures moyennes de la région d'étude	46
22	Précipitations mensuelles moyennes de la localité de Constantine (2009-2019)	47
23	Les précipitations mensuelles moyennes de la localité de Batna (2009-2019)	47
24	Les précipitations mensuelles moyennes de la localité de Khenchela (2009-2019)	48
25	Précipitations moyennes mensuelles de la localité de Mila (2009-2019)	48
26	Précipitations mensuelles moyennes de la localité de Oum El Bouaghi (2009-2019)	49
27	Précipitations mensuelles moyennes de la localité de Jijel (2009-2019)	49
28	Précipitations mensuelles moyennes de la localité de Skikda (2009-2019)	50
29	Carte de précipitations de la région d'étude	51
30	Position de la région d'étude dans le climagramme d'Emberger	52
31	Présentation des stations d'étude dans l'Est algérien	54
32	Diversité des familles d'orthoptères dans la région d'étude Est algérien (Exprimée en %)	65
33	Diversité des sous-familles d'orthoptères dans la région d'étude Est algérien (Exprimée en %)	66
34	Diversité des sous-familles d'orthoptères dans les stations d'étude	70
35	Diversité des sous-familles d'orthoptères dans les stations d'étude (suite)	71
36	Diversité des sous-familles d'orthoptères dans les stations d'étude (suite)	72
37	Diversité des sous-familles d'orthoptères dans les stations d'étude (suite)	73
38	<i>Decticus albifrons</i> (Fabricius, 1775) a: ♂, b: ♀	74
39	Aire de distribution de l'espèce <i>Decticus albifrons</i> dans l'Est algérien	75
40	<i>Tessellana tessellata</i> (Charpentier, 1825) ♀	75
41	Aire de distribution de l'espèce <i>Tessellana tessellata</i> dans l'Est algérien	76
42	<i>Platycleis</i> sp ♂	76
43	Aire de distribution de l'espèce <i>Platycleis</i> sp dans l'Est algérien	77
44	<i>Praehippiger pachygaster</i> (Lucas, 1849) ♀	78

45	Aire de distribution de l'espèce <i>Praehippiger</i> <i>pachygaster</i> dans l'Est algérien	78
46	<i>Odontura algerica</i> (Brunner von Wattenwyl, 1878) ♀	79
47	Aire de distribution de l'espèce <i>Odontura algerica</i> dans l'Est algérien	79
48	<i>Gryllus bimaculatus</i> (De Geer, 1773) ♀	80
49	Aire de distribution de l'espèce <i>Gryllus bimaculatus</i> dans l'Est algérien	80
50	<i>Eumodicogryllus bordigalensis</i> (Latreille, 1804) ♀	81
51	Aire de distribution de l'espèce <i>Eumodicogryllus bordigalensis</i> dans l'Est algérien	81
52	<i>Sciobia algerica</i> (Gogorza, 1881) ♂	82
53	Aire de distribution de l'espèce <i>Sciobia algerica</i> dans l'Est algérien	82
54	<i>Paratettix meridionalis</i> (Rambur, 1838)	83
55	Cycle de vie de l'espèce <i>Paratettix meridionalis</i>	84
56	Proportions des familles végétales dans la station d'étude Campus universitaire	85
57	Carte de la répartition géographique de l'espèce <i>Paratettix meridionalis</i> dans l'Est algérien	86
58	Photos de <i>Praehippiger</i> <i>pachygaster</i> sur terrain	87
59	Photos microscopiques de l'espèce <i>Praehippiger</i> <i>pachygaster</i> (Lucas, 1849) (x 40)	88
60	Fréquence d'occurrence des plantes présentes dans les fèces des mâles et des femelles de <i>P. pachygaster</i>	90
61	Répartition des orthoptères selon leur richesse spécifique au niveau des localités d'étude	90
62	Constance des espèces orthoptériques au niveau des stations	94
63	Constance des espèces orthoptériques au niveau des stations (suite)	95
64	Constance des espèces orthoptériques au niveau des stations (suite)	96
65	Constance des espèces orthoptériques au niveau des stations (suite)	97
66	Relation entre la richesse spécifique et l'indice de diversité Shannon-Weaver dans les différentes stations prospectées	99
67	Diagramme bioclimatique des espèces d'orthoptères répertoriées dans l'Est algérien	101
68	Bioclimagrammes d'Emberger des espèces	103
69	Variation de la richesse orthoptérique A. Le long du gradient d'abondance, B. Le long du gradient d'altitude	112
70	Dendrogramme de la distribution des stations d'étude en fonction des abondances saisonnières	114
71	Analyse en composante principale de la disponibilité des orthoptères sur la base des facteurs climatiques	115

Liste des Tableaux

Tableau	Titre	Page
1	Classification des orthoptères de l'Afrique du Nord-Ouest proposée par Chopard (1943)	8
2	Classification des Acridoidea d'Afrique du Nord (Mounassif, 1971)	12
3	Classification des Orthoptères de l'Afrique du Nord-Ouest proposée par Louveaux et Ben Halima (1986)	13
4	Classification des Orthoptères Acridomorpha de l'Afrique du Nord-Ouest proposée par Louveaux <i>et al.</i> (2021)	14
5	Quelques espèces de l'Afrique du Nord par Louveaux <i>et al.</i> 2021	17
6	Les valeurs des températures (°C) moyennes mensuelles de la localité de Constantine (2009-2019)	41
7	Les valeurs des températures (°C) moyennes mensuelles de la localité de Batna (2009-2019)	41
8	Les valeurs des températures (°C) moyennes mensuelles de la localité de Khenchela (2009-2019)	42
9	Les valeurs des températures (°C) moyennes mensuelles de la localité de Mila (2009-2019)	43
10	Les valeurs des températures (°C) moyennes mensuelles de la localité d'Oum El Bouaghi (2009-2019)	43
11	Les valeurs des températures (°C) moyennes mensuelles de la localité de Jijel (2009-2019)	44
12	Les valeurs des températures (°C) moyennes mensuelles de la localité de Skikda (2009-2019)	45
13	Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la localité de Constantine (2009-2019)	47
14	Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la localité de Batna (2009-2019)	47
15	Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la localité de Khenchela (2009-2019)	48
16	Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la localité de Mila (2009-2019)	48
17	Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la localité d'Oum El Bouaghi (2009-2019)	49
18	Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la localité de Jijel (2009-2019)	49
19	Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la localité de Skikda (2009-2019)	50
20	Caractéristiques des stations prospectées	55
21	Espèces recensées dans les stations prospectées	64
22	Distribution des espèces entre les stations prospectées	67
23	Paramètres morphométriques des espèces ensifères	83
24	Mesures morphométriques de l'espèce <i>P. meridionalis</i>	84
25	Espèces végétales dans les fèces des individus de l'espèce <i>P. meridionalis</i> dans la station Campus universitaire.	85
26	Analyses morphométriques de l'espèce <i>P. pachygaster</i>	89
27	Etude de la fécondité des femelles de l'espèce <i>P. pachygaster</i>	89
28	La richesse moyenne des espèces au niveau des stations prospectées	91

29	Indices écologiques de la faune orthoptérique au niveau des stations prospectées	98
30	Similarité du peuplement des orthoptères au niveau des stations prospectées.	99
31	Paramètres descriptifs des stations prospectées	100

Liste des annexes

Annexe 1. Evaluation du statut écologique et de la fréquence relative des espèces d'orthoptères dans les stations prospectées.

Annexe 2. Evaluation du statut écologique et de la fréquence relative des espèces d'orthoptères dans les stations prospectées (suite).

Annexe 3. Evaluation du statut écologique et de la fréquence relative des espèces d'orthoptères dans les stations prospectées (suite).

Annexe 4. Evaluation du statut écologique et de la fréquence relative des espèces d'orthoptères dans les stations prospectées (suite).

Annexe 5. Abondance des espèces recensées suivant les stations prospectées.

Annexe 6. Photos de quelques stations d'étude.

Annexe 7. Photos de quelques espèces appartenant au sous-ordre Caelifera et à la famille Pamphagidae.

Annexe 8. Photo d'une espèce appartenant au sous-ordre Ensifera et à la famille Tettigoniidae.

Introduction

Introduction

La biodiversité désigne la variété des organismes, elle comprend les variations des gènes, des espèces et des écosystèmes (Feistner, 2004). En effet, elle contribue à la productivité des écosystèmes où chaque espèce, aussi petite soit-elle, a un rôle important à jouer.

Cependant, la dégradation et la destruction des habitats, les espèces invasives, le changement climatique, la surexploitation et la pollution sont les principaux facteurs qui entraînent le déclin de la biodiversité. De ce fait, dans le but de protéger la biodiversité, il est primordial d'étudier ses composantes (à partir des gènes aux espèces et aux écosystèmes).

L'ordre des orthoptères représente plus de la moitié de la biomasse totale des arthropodes (Gillon, 1983). Il compte environ 25 700 espèces dans le monde et constitue l'ordre le plus diversifié parmi les lignées d'insectes polynéoptères (Eades *et al.*, 2021 ; Grimaldi et Engel 2005). En Algérie, environ 165 espèces ont été citées par Louveaux *et al.* (2021).

Ces insectes occupent tous les habitats terrestres hormis les régions polaires et jouent un rôle intégral dans l'écosystème (Kevan, 1982 ; Uvarov, 1966). Ils dominent dans les biotopes à climat sec et chaud, et ils se raréfient en hiver et au froid.

Les pullulations et l'activité de ces insectes dépendent des conditions climatiques. Sous certaines conditions liées aux épisodes de sécheresse et de pluie qui font varier la quantité de nourriture disponible, ils deviennent grégaires et provoquent des nuées.

Au cours du siècle dernier, le changement climatique a modifié la répartition géographique de nombreuses espèces (Lemoine, 2021), y compris les insectes, leur permettant de coloniser des milieux auparavant hostiles (Hickling *et al.*, 2006).

Les orthoptères présentent un intérêt économique dans le monde. Effectivement, ils causent d'importants dégâts et d'immenses pertes à l'agriculture en détruisant toutes sortes de cultures comme : *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775), *Nomadacris septemfasciata* (Serville, 1838), *Locusta migratoria* (Linnaeus, 1758), *Doclostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815), *Chortoicetes terminifera* (Walker, 1870) et de nombreuses autres espèces. Elles sont susceptibles d'augmenter considérablement leurs populations et de produire des invasions désastreuses menaçant la production agricole et la sécurité alimentaire mondiale (Latchininsky *et al.*, 2011). D'après Latchininsky (2013), tout au long de l'histoire de l'humanité, des invasions de criquets se sont produites sur tous les continents, à l'exception de l'Antarctique, et ont touché une personne sur dix sur terre, à titre d'exemple, un grand essaim de criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* a touché 26 pays d'Afrique, du Moyen-Orient et du

sud de l'Europe et près de 13 millions d'hectares de zones infestées ont dû être traités aux pesticides de 2003 à 2005.

De nombreuses organisations internationales ont été créées pour étudier, prévenir et contrôler ces ravageurs, notamment le CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) en France, la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) aux Etats Unis, le CSAO (Le Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest) et l'INPV (Institut National de la Protection des Végétaux) en Algérie.

D'un point de vue écologique, nombreuses espèces d'orthoptères sont nuisibles mais certaines sont bénéfiques, elles jouent le rôle de recycleurs de matière végétale, En particulier, les sauterelles qui consomment près de 10% de la biomasse végétale et la convertissent en matière fécale qui est facilement décomposée par les microbes, fournissant ainsi des nutriments pour la production végétale (Mitchell et Pfadt 1974 ; Belovsky et Slade 2002).

Elles sont qualifiées de bioindicateurs (Samways et Sergeev, 1997). Elles sont utilisées comme auxiliaires dans la lutte biologique (Bownes *et al.*, 2013).

De plus, elles représentent une source de nutrition pour les invertébrés tels que les araignées et les vertébrés dont les oiseaux, les lézards et les petits mammifères (Gandar, 1982 ; Joern *et al.*, 2006).

La bibliographie portant sur la faune des orthoptères dans différentes régions du monde est très abondante, à savoir : les travaux de Chopard (1951), Dirsh (1965), Lamotte et Bourilière (1969), Massa et Cusimano (1979), Louveaux et Benhalima (1986), Picaud (1998), Picaud *et al.* (2002, 2003), Picaud et Petit (2007), Ma *et al.* (2012), Massa *et al.* (2012), Zhang *et al.* (2013), Defaut *et al.* (2013), Defaut (2018), Massa (2021).

En Algérie, il y a eu pas mal d'études sur les orthoptères qui se sont focalisées sur l'identification, la répartition et le régime alimentaire des espèces. Parmi les travaux, on citera : Chopard (1943), Descamps et Mounassif (1972), Massa (1992), Doumandji *et al.* (1992 ; 1993 ; 1994), Benzara *et al.* (1993), Ould El Hadj (2001), Guendouz-Benrima *et al.* (2011).

Dans l'Est algérien, beaucoup de travaux ont été consacrés à ce groupe d'insectes, notamment, Bounechada *et al.* à Sétif (2006), Harrat et Moussi (2007), Benkenana *et al.* (2009 ; 2012 ; 2017) à Constantine, Moussi (2012) à Biskra, Tekkouk (2012) à El Aouana (Jijel), Rouibah et Doumandji (2013) dans le parc national de Taza (Jijel), Sohbi *et al.* (2013) dans les environs d'El Taref, Mahloul *et al.* (2016) à Ain Mlila, Rouibah (2018), Betina *et al.*

(2017) qui a travaillé dans la région des Aurès (Batna), Bouguessa (2017) à Tébessa et Moussi *et al.* (2018).

Ces études ont permis d'acquérir une base de données importante et intéressante sur les orthoptères mais qui reste incomplète. Une mise à jour de l'identification à l'aide de nouveaux critères et paramètres se révèle nécessaire. La plupart de ces travaux ont été consacrés aux caelifères. Les ensifères n'ont fait l'objet d'étude que deux fois par Chopard (1943) qui a mentionné 96 espèces dans son ouvrage "Les Orthoptéroïdes d'Afrique du Nord" et Sahnoun *et al.* (2010) qui ont fait une révision de check-list de 118 espèces ce qui nous a amené à étudier ce sous-ordre d'orthoptères dans l'Est algérien.

Ce travail s'inscrit dans la continuité de précédentes études déployées par les auteurs précités. Dans ce but, nous avons entrepris une étude sur ce groupe d'insectes dans sept régions différentes se situant à différents étages bioclimatiques et en fonction du type de végétation (naturelle et agricole) : Constantine, Mila, Oum El Bouaghi, Batna et Khenchela (semi-aride), Jijel et Skikda (humide).

Le but de cette étude est de réaliser une synthèse sur les orthoptères dans quelques localités de l'Est algérien mal connues. Une Attention particulière sera accordée aux ensifères.

Cinq objectifs ont été définies :

- Dresser un inventaire de la faune des orthoptères dans plusieurs stations de l'Est algérien.
- L'étude de cycles biologiques et une analyse systématique de quelques espèces.
- Etude écologique ; répartition, densité, régime alimentaire des espèces d'intérêt économique.
- Une contribution à la réalisation d'une collection de référence des orthoptères.
- Une contribution à la réalisation d'une liste complète de la faune d'orthoptères de l'Est algérien.

La thèse est structurée en quatre parties et une conclusion générale. La première partie (chapitre I) est une synthèse bibliographique permettant d'exposer les généralités sur la systématique, la phylogénie, la morphologie, la biologie et l'écologie des peuplements d'orthoptères. La seconde partie (chapitre II) a pour objectif de décrire la région d'étude. La troisième partie (chapitre III) regroupe les méthodes employées pour la réalisation de ce travail (techniques d'échantillonnage, analyses écologiques et statistiques). La quatrième partie est consacrée à l'ensemble des résultats et leur discussion. Cette partie se placera

d'abord dans une perspective biogéographique en dressant l'inventaire des orthoptères dans différentes régions de l'est du pays. Ensuite, on s'intéressera à l'analyse faunistique et la structure des peuplements d'orthoptères au niveau de 16 localités et à la comparaison de la diversité de ces insectes dans les différentes localités d'étude en prenant en considération leur altitude et leurs étages bioclimatiques.

*Chapitre 9. Synthèse
bibliographique sur les
orthoptères*

Chapitre I. Synthèse bibliographique sur les orthoptères

1. Position systématique

Les orthoptères appartiennent à l'embranchement des Arthropodes, au sous-embranchement des Antennates, à la classe des insectes (Hexapodes). Selon Houlbert (1924), le nom orthoptère a été désigné par Guillaume-Antoine Olivier (du grec : orthos= droit et pteron = aile). Ils se divisent en deux sous-ordres ; les ensifères et les caelifères (Dirsh, 1965). Ils font partie du groupe des hémimétaboles, ce sont des insectes à métamorphose incomplète (Bellmann et Luquet, 1995). Ils ont les ailes postérieures membraneuses qui se replient longitudinalement en éventail sous les élytres.

Les caelifères connus aussi sous le nom de criquets sont caractérisés par : des antennes plus courtes et épaisses qui ne dépassent jamais la longueur du corps, les tympanes sont situés sur le premier segment abdominal et l'oviscapte non saillant, composé de quatre valves rigides recourbées vers l'extérieur.

Les œufs sont pondus en masse enveloppée de matière spumeuse et enrobés dans le sol par la pénétration presque totale de l'abdomen (Benkenana, 2013). Quelques espèces acridiennes de forêt déposent leurs œufs sur les feuilles.

La stridulation est produite par le frottement des fémurs postérieurs sur les tégmina (Ryelandt, 2015).

D'après Ryelandt (2015), les ensifères se caractérisent par : Les antennes longues et fines à l'exception des Gryllotalpidae. Les valves génitales bien développées. L'oviscapte saillant, en forme de sabre ou d'épée. Les œufs sont pondus isolément dans le sol ou à sa surface. Les tympanes se situent sur les tibias antérieurs, le frottement des tégmina l'un sur l'autre provoque la stridulation. (Duranton *et al.*, 1982).

1.1 Classification de Chopard (1943)

En 1943, Chopard dans son catalogue « Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord », qui a servi d'ouvrage de base de systématique, biologie et écologie des orthoptères pendant des années, a subdivisé les orthoptères en sept familles : les Phasmidae, les Tettigoniidae, les Gryllidae, les Stenopelmatidae, les Tridactyliidae, les Acrydiidae et les Acrididae (tableau 1).

Chapitre I. Synthèse bibliographique sur les orthoptères

Tableau 1. Classification des orthoptères de l’Afrique du Nord-Ouest proposée par Chopard (1943)

Familles	Sous-familles	Nombre de genres	
Phasmidae	Bacillinae	3	
	Cliluminae	1	
Tettigoniidae	Phaneropleurinae	4	
	Meconeminae	1	
	Conocephalinae	1	
	Copiphorinae	1	
	Telligoniidae	2	
	Decticinae	10	
	Ephippigirinae	4	
	Pycnogastrinae	1	
	Hetrodinae	1	
	Lesininae	1	
Stenopelmatidae	Gryllotalpinae	1	
	Geryllinae	13	
	Mogoplistinae	3	
	Myrmecophilinae	1	
	Nemobiinae	2	
	Trigonidiinae	2	
	Occanthinae	1	
	Tridactyiidae	/	1
	Acrydyiidae	/	2
	Acrididae	Acridinae	18
Oedipodinae		16	
Balrachotetrigininae		2	
Pyrgomorphinae		4	
Pamphaginae		15	
Catantopinae		14	

1.1.1 Le sous-ordre Ensifera

Il regroupe trois familles : les Tettigoniidae, les Gryllidae et les Stenopelmatidae.

1.1.1.1 La famille Tettigoniidae

Les espèces de cette famille se caractérisent par un pronotum arrondi en dessus faiblement caréné. Les cerques uniarticulés avec une forme variable à l’extrémité de l’abdomen, l’oviscapte comporte quatre à six valves. Cette famille est classée selon la taille en deux groupes : celles de petite taille avec des tibias postérieurs liés avec une épine apicale au bord supéro-externe. L’autre renferme les espèces à tibia postérieur sans liaison (figure 1).

Les espèces les plus communes de cette famille sont : *Praehippiger pachygaster*, *Decticus albifrons* et *Amphies tris baetica* (Doumandji-Mitiche, 1995).



Figure 1. Photo générale de l'espèce *Steropleurus annae* (Targioni-Tozzetti, 1881)
(Massa *et al.*, 2012)

1.1.1.2 La famille Gryllidae

Cette famille est constituée principalement des grillons et courtilières. La tête est d'une forme globuleuse, un pronotum presque plat en dessus. Les cerques de l'abdomen sont longs et flexibles. L'oviscapte est aussi long et constitué de quatre valves (figure 2). D'après Doumandji et Doumandji-Mitiche (1994), en Algérie, cette famille regroupe deux sous-familles essentielles : les Gryllinae et les Gryllotalpinae.



Figure 2. Photo générale de l'espèce *Acheta domesticus* (Linnaeus, 1758) (Massa *et al.*, 2012)

1.1.1.3 La famille Stenopelmatidae

Seule l'espèce *Lezina peyerimhoffi* a été signalée en Algérie. En 1943, Chopard rapporte que cette famille est distinguée des autres familles par une grosse tête, les antennes longues et fines, les fémurs renflés avec des tarsi munis de quatre articles (figure 3).



Figure 3. Photo générale de l'espèce *Gryllotalpa gryllotalpa* (Linnaeus, 1758) (Massa *et al.*, 2012)

1.1.2 Le sous-groupe Caelifera

Il se subdivise en trois superfamilles :

1.1.2.1 La superfamille Tridactyloidea

Cette superfamille renferme plus de cinquante espèces connues. Elle se rapproche de la famille Gryllotalpidae à cause de la forme du prothorax et l'aspect des pattes antérieures armées (figure 4). Ces insectes vivent dans les endroits sablonneux en creusant de petites galeries et au bord des eaux. Les lamelles de leurs pattes postérieures leur permettent de se déplacer dans l'eau. Ils ont les tibias antérieurs élargis et munis de trois ou quatre éperons alignés.



Figure 4. Photo générale de l'espèce *Xya variegata* (Latreille, 1809) (Massa *et al.*, 2012)

1.1.2.2 La superfamille Tetrigoidea

Ils sont de petite taille, ils ont un pronotum longuement prolongé qui couvre l'abdomen jusqu'à l'apex et des élytres réduites à de petites écailles (figure 5). Ils ont une préférence pour les endroits humides avec peu de végétation.



Figure 5. Photo générale de l'espèce *Paraphyllum antennatum* Hancock, 1909 (Skejo *et al.*, 2019)

1.1.2.3 La superfamille Acridoidea

Ces insectes sont de taille et de forme variables. Ils sont caractérisés par un pronotum relativement court et des élytres bien développés (figure 6). Beaucoup d'espèces strident, le son est produit par le frottement des pattes postérieures sur une nervure des élytres. Les femelles pondent leurs œufs en grappes dans le sol ou à la base des touffes d'herbes sous forme d'oothèques. Les œufs sont souvent enrobés de matière spumeuse et surmontés d'un bouchon de la même substance (Duranton *et al.*, 1982). Cette superfamille renferme plus de 10000 espèces (Bonnemaison, 1962 ; Stanek, 1978) appartenant à quatorze familles : Eumastacidae, Proscopidae, Tenaoceridae, Pneumoridae, Xyronotidae, Trigonopterygidae, Lathiceridae, Charilaidae, Pamphagidae, Pyrgomorphidae, Ommexechidae, Lentulidae, Pauliniidae et Acrididae (Duranton *et al.*, 1982). Seulement quatre familles d'entre elles ont été signalées en Afrique du Nord par Louveaux et Benhalima (1986), il s'agit de : les Charilaidae, les Pamphagidae, les Pyrgomorphidae et les Acrididae.



Figure 6. Photo générale de l'espèce *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Massa *et al.*, 2012)

Chapitre I. Synthèse bibliographique sur les orthoptères

1.2 Classification de Dirsh (1965)

Des années après les travaux de Chopard, Dirsh en 1965 a révisé le super ordre Acridoidea de l'Afrique et l'a subdivisé en huit familles dont les Pamphagidae composées de quatre sous-familles et les Acrididae avec 16 sous-familles.

1.3 Classification de Mounassif (1971)

D'après Mounassif (1971), la faune acridienne d'Afrique du Nord est répartie en cinq familles : Pamphagidae, Charilaidae, Pyrgomorphidae, Dericorythidae et Acrididae (tableau 2). La famille Acrididae est la plus représentative et compte 50 genres et 326 espèces.

Tableau 2. Classification des Acridoidea d'Afrique du Nord (Mounassif, 1971)

Familles	Sous-familles	Nombre de genres	Nombre d'espèces
Charilaidae	Charilinae	1	1
Pygomorphidae	Pyrgomorphinae	4	31
Pamphagidae	Akicerinae	2	4
	Pamphaginae	10	58
Dericorythidae	Dericorythinae	4	17
Acrididae	Acridinae	2	14
	Catantopinae	2	2
	Calliptaminae	2	19
	Cyrtacanthacridinae	4	17
	Egnatiinae	3	9
	Eremogryllinae	2	5
	Eyprepocnemidinae	1	20
	Oedipodinae	19	153
	Tropidopolinae	1	3
	Truxalinae	10	67

1.4 Classification de Louveaux et Benhalima (1986)

Afin de mettre à jour la nomenclature de Chopard, Louveaux & Ben Halima (1986) ont fait appel aux catalogues de Johnston (1956, 1968), Kevan (1977) et Dirsh (1965), ainsi que les révisions de plusieurs genres : *Calliptamus* (Jago, 1963) ; *Dociostaurus* (Soltani, 1978) ; *Ochrilidia* (Jago 1977) ; *Oedaleus* (Ritchie, 1981) ; *Paracinipe*, *Acinipe*, *Pamphagus* (Descamps et Mounassif, 1972) ; *Sphodromerus* (Uvarov, 1943 a) ; *Leptacris* (Uvarov, 1944) ; *Pyrgormopha* (Kevan, 1962) ; *Truxalis* (Dirsh, 1951).

Selon eux, les Caelifères regroupent quatre familles ; les Pamphagidae, les Charilaidae, les Pyrgomorphidae et les Acrididae. La famille Acrididae domine avec 13 sous-familles en Afrique du Nord-Ouest (tableau 3).

Chapitre I. Synthèse bibliographique sur les orthoptères

Tableau 3. Classification des Orthoptères de l’Afrique du Nord-Ouest proposée par Louveaux et Ben Halima (1986)

Familles	Sous-familles	Nombre de genres	Nombre d'espèces
Pamphagidae	Akicerinae	2	11
	Pamphaginae	11	78
Charilidae	/	1	1
Pyrgomorphidae	Chrotogoninae	1	1
	Poecilocerinae	1	1
	Pyrgomorphinae	3	9
Acrididae	Dericorythinae	4	15
	Hemiacridinae	1	1
	Tropidopolinae	1	2
	Calliptaminae	2	10
	Euprepocnemidinae	3	8
	Catantopinae	2	2
	Cyrtacanthacridinae	4	5
	Egnatiinae	3	8
	Acridinae	8	11
	Oedipodinae	17	74
	Gomphocerinae	9	38
	Eremogryllina	2	7
	Truxalinae	1	1

1.5 Classification de Louveaux *et al.* (2021)

Selon Louveaux *et al.* (2021), Les caelifères regroupent cinq familles. La famille Acrididae est la mieux représentée avec 11 sous-familles et 47 genres, suivie de la famille Pamphagidae avec deux sous-familles et 17 genres. Les familles Dericorythidae, Pamphogodidae et Pyrgomorphidae sont représentées par une seule sous-famille chacune (tableau 4).

Le tableau 5 comprend quelques espèces d’orthoptères de l’Afrique du Nord-Ouest répertoriées par Louveaux *et al.* (2021).

Chapitre I. Synthèse bibliographique sur les orthoptères

Tableau 4. Classification des Orthoptères Acridomorpha de l’Afrique du Nord-Ouest
proposée par Louveaux *et al.* (2021)

Familles	Sous-familles	Genres	Espèces	
			N	Exemples
Acrididae	Acridinae	<i>Acrida</i>	1	<i>Acrida turrita</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Calephorus</i>	1	<i>Calephorus compressicornis</i> (Latreille, 1804)
		<i>Duroniella</i>	1	<i>Duroniella lucasii</i> (Bolivar, 1881)
		<i>Truxalis</i>	3	<i>Truxalis annulata</i> (Thunberg, 1815) <i>Truxalis procera</i> (Klug, 1830) <i>Truxalis nasuta</i> (Linnaeus, 1758)
	Calliptaminae	<i>Calliptamus</i>	3	<i>Calliptamus wattenwylanus</i> (Pantel, 1896) <i>Calliptamus montanus</i> (Chopard, 1937) <i>Calliptamus barbarus barbarus</i> (Costa, 1836)
		<i>Sphodromerus</i>	5	<i>Sphodromerus tuareg</i> (Uvarov, 1943) <i>Sphodromerus cruentatus</i> (Krauss, 1902) <i>Sphodromerus decoloratus</i> (Finot, 1894)
	Cyrtacanthacridinae	<i>Acanthacris</i>	1	<i>Acanthacris ruficornis citrina</i> (Serville, 1839)
		<i>Anacridium</i>	2	<i>Anacridium aegyptium</i> (Linné, 1764)
		<i>Schistocerca</i>	1	<i>Schistocerca gregaria</i> (Forskål, 1775)
	Egnatiinae	<i>Egnatiella</i>	4	<i>Egnatiella cabrerai</i> (Bolivar, 1914)
		<i>Egnatioides</i>	2	<i>Egnatioides coeruleans</i> (Krauss, 1893) <i>Egnatioides striatus</i> (Vosseler, 1902)
	Eremogryllinae	<i>Eremogryllus</i>	1	<i>Eremogryllus hammadiae</i> (Krauss, 1902)
		<i>Notopleura</i>	4	<i>Notopleura rothschildi</i> <i>Notopleura saharica</i>
	Eyreprocnemidinae	<i>Eyreprocnemis</i>	1	<i>Eyreprocnemis plorans plorans</i> (Charpentier, 1825)
		<i>Heteracris</i>	7	<i>Heteracris minuta</i> (Uvarov, 1921) <i>Heteracris annulosa</i> (Walker, 1870) <i>Heteracris littoralis</i> (Rambur, 1838)
	Gomphocerinae	<i>Arcyptera</i>	1	<i>Arcyptera (Pararcyptera) maroccana</i> (Werner, 1931)
		<i>Chorthippus</i>	7	<i>Chorthippus apicalis apicalis</i> (Herrich-Schäffer, 1840) <i>Chorthippus (Chorthippus) jucundus</i> (Fischer-Waldheim, 1853) <i>Chorthippus (Chorthippus) brachypterus</i> (Werner, 1932)
		<i>Dociostaurus</i>	5	<i>Dociostaurus biskrensis</i> (Moussi et Petit, 2014) <i>Dociostaurus (Kazakia) jagoi jagoi</i> (Soltani, 1978) <i>Dociostaurus maroccanus</i> (Thunberg, 1815)
		<i>Euchorthippus</i>	1	<i>Euchorthippus albolineatus albolineatus</i> (Lucas, 1849)
<i>Notostaurus</i>		1	<i>Notostaurus avicennai</i> (Soltani, 1978)	
<i>Ochrilidia</i>		5	<i>Ochrilidia gracilis gracilis</i> (Krauss, 1902) <i>Ochrilidia surcoufi</i> (Chopard, 1937) <i>Ochrilidia harterti harterti</i> (Bolivar, 1913)	
<i>Omocestus</i>		7	<i>Omocestus (Omocestus) nadigi</i> (Harz, 1987) <i>Omocestus (Omocestus) lucasii</i> (Brisout de Barneville, 1850) <i>Omocestus (Dreuxius) lepineyi</i> (Chopard, 1937)	
<i>Ramburiella</i>		1	<i>Ramburiella hispanica</i> (Rambur, 1838)	
<i>Stenobothrus</i>		5	<i>Stenobothrus amoenus</i> (Brisout de Barneville, 1850) <i>Stenobothrus berberus</i> (Uvarov, 1942) <i>Stenobothrus palpalis</i> (Uvarov, 1927)	
<i>Stenohippus</i>		1	<i>Stenohippus mundus</i> (Walker, 1871)	

Chapitre I. Synthèse bibliographique sur les orthoptères

		<i>Xerohippus</i>	1	<i>Xerohippus rhelbanensis</i> (Defaut, 1984)
Oedipodinae		<i>Acrotylus</i>	5	<i>Acrotylus longipes</i> (Charpentier, 1845) <i>Acrotylus fischeri</i> (Azam, 1901) <i>Acrotylus errabundus</i> (Finot, 1893)
		<i>Aiolopus</i>	4	<i>Aiolopus simulatrix simulatrix</i> (Walker, 1870) <i>Aiolopus puissanti</i> (Defaut, 2005) <i>Aiolopus strepens strepens</i> (Latreille, 1804)
		<i>Helioscirtus</i>	3	<i>Helioscirtus gracilis</i> (Vosseler, 1902) <i>Helioscirtus capsitanus capsitanus</i> (Bonnet, 1884) <i>Helioscirtus capsitanus capsitanus</i> (Bonnet, 1884)
		<i>Hilethera</i>	1	<i>Hilethera aeolopoides</i> (Uvarov, 1922)
		<i>Hyalorrhhipis</i>	2	<i>Hyalorrhhipis canescens</i> (Saussure, 1888) <i>Hyalorrhhipis calcarata</i> (Vosseler, 1902)
		<i>Leptopternis</i>	4	<i>Leptopternis maculata</i> (Vosseler, 1902) <i>Leptopternis vosseleri</i> (Bolivar, 1914) <i>Leptopternis rothschildi</i> (Bolivar, 1913)
		<i>Locusta</i>	1	<i>Locusta migratoria cinerascens</i> (Fabricius, 1781)
		<i>Mioscirtus</i>	1	<i>Mioscirtus wagneri wagneri</i> (Eversmann, 1859)
		<i>Morphacris</i>	1	<i>Morphacris fasciata</i> (Thunberg, 1815)
		<i>Oedaleus</i>	2	<i>Oedaleus decorus</i> (Germar, 1826) <i>Oedaleus senegalensis</i> (Krauss, 1877)
		<i>Oedipoda</i>	3	<i>Oedipoda caeruleascens sulfurescens</i> (Saussure, 1884) <i>Oedipoda fuscocincta fuscocincta</i> (Lucas, 1849) <i>Oedipoda miniata mauritanica</i> (Lucas, 1849)
		<i>Paracinema</i>	1	<i>Paracinema tricolor bisignata</i> (Charpentier, 1825)
		<i>Platypygius</i>	1	<i>Platypygius platypygius</i> (Pantel, 1886)
		<i>Scintharista</i>	1	<i>Scintharista notabilis notabilis</i> (Walker, 1870)
		<i>Sphingoderus</i>	1	<i>Sphingoderus carinatus</i> (Saussure, 1888)
		<i>Sphingonotus</i>	2	<i>Sphingonotus (Sphingonotus) vosseleri</i> (Krauss, 1902)
			0	<i>Sphingonotus (Sphingonotus) savignyi</i> (Saussure, 1884) <i>Sphingonotus (Sphingonotus) octofasciatus</i> (Serville, 1839)
		<i>Thalpomena</i>	7	<i>Thalpomena deserta</i> (Dirsh, 1949) <i>Thalpomena rungsi</i> (Dirsh, 1949) <i>Thalpomena viridipennis</i> (Uvarov, 1927)
		<i>Vosseleriana</i>	3	<i>Vosseleriana fonti</i> (Bolivar, 1902) <i>Vosseleriana korsakovi</i> (Chopard, 1943) <i>Vosseleriana strepens</i> (Uvarov, 1938)
	Pezotettiginae	<i>Pezotettix</i>	1	<i>Pezotettix giornae</i> (Rossi, 1794)
	Tropidopolinae	<i>Tropidopola</i>	1	<i>Tropidopola cylindrica cylindrica</i> (Marschall, 1836)
	Catantopinae	<i>Amismizia</i>	1	<i>Amismizia puppa</i> (Bolivar, 1914)
Dericorythidae	Dericorythinae	<i>Anamesacris</i>	2	<i>Anamesacris saharae</i> (Uvarov, 1934) <i>Anamesacris zolotarevskyi</i> (Uvarov, 1938)
		<i>Bolivaremia</i>	1	<i>Bolivaremia domenechi</i> (Morales Agacino, 1949)
		<i>Dericorys</i>	5	<i>Dericorys lobata bolivari</i> (Krauss, 1892) <i>Dericorys millierei</i> (Bonnet & Finot, 1884) <i>Dericorys murati</i> (Uvarov, 1938)
		<i>Pamphagulus</i>	5	<i>Pamphagulus ifniensis</i> (Bolivar, 1936) <i>Pamphagulus lepineyi</i> (Chopard, 1941) <i>Pamphagulus vicinus</i> (Ramme, 1931)
			<i>Acinipe</i>	1
			7	<i>Acinipe algeriensis</i> (Descamps & Mounassif, 1972) <i>Acinipe angustipennis</i> (Chopard, 1943)

Chapitre I. Synthèse bibliographique sur les orthoptères

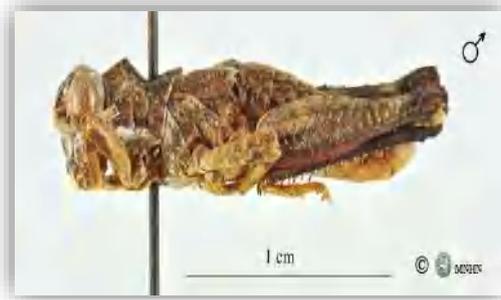
		<i>Amigus</i>	1	<i>Amigus nigroadspersus</i> (Bolivar, 1907)
		<i>Eunapiodes</i>	4	<i>Eunapiodes atlantis</i> (Chopard, 1943) <i>Eunapiodes granosus</i> (Stål, 1876) <i>Eunapiodes latipes</i> (Bolivar, 1912)
		<i>Euryaryphes</i>	1	<i>Euryaryphes breviphallus</i> (La Greca, 1993)
			5	<i>Euryaryphes bolivarii</i> (Stål, 1876) <i>Euryaryphes atlasicus</i> (La Greca, 1993)
		<i>Finotia</i>	1	<i>Finotia spinicollis</i> (Bonnet, 1884)
		<i>Glauia</i>	3	<i>Glauia durieui</i> (Bolivar, 1878) <i>Glauia saharae</i> (Morales Agacino & Descamps, 1968) <i>Glauia tricolor</i> (Morales Agacino & Descamps, 1968)
		<i>Glauvarovia</i>	1	<i>Glauvarovia mendizabali</i> (Morales Agacino, 1945)
		<i>Nadigeumigus</i>	1	<i>Nadigeumigus mirabilis</i> (La Greca, 1993)
		<i>Ocneridia</i>	3	<i>Ocneridia nigropunctata</i> (Lucas, 1849) <i>Ocneridia microptera</i> (Brisout de Barneville, 1850) <i>Ocneridia volxemii</i> (Bolivar, 1878)
		<i>Pamphagus</i>	9	<i>Pamphagus aurisianus</i> (Massa, 1992) <i>Pamphagus betnensis</i> (Benkenana & Petit, 2012) <i>Pamphagus cristatus</i> (Descamps & Mounassif, 1972)
		<i>Paracinipe</i>	1	<i>Paracinipe alticola</i> (Werner, 1932)
			2	<i>Paracinipe crassicornis</i> (Bolivar, 1907) <i>Paracinipe theryi</i> (Werner, 1931)
		<i>Paraeumigus</i>	1	<i>Paraeumigus bolivari</i> (La Greca, 1993)
			2	<i>Paraeumigus diversipes</i> (Uvarov, 1927) <i>Paraeumigus escalerae</i> (Bolivar, 1912)
		<i>Paraeryaryphes</i>	1	<i>Paraeryaryphes quadridentatus</i> (Brisout de Barneville, 1852)
		<i>Pseudamigus</i>	1	<i>Pseudamigus villiersi</i> (Chopard, 1939)
		<i>Pseudoglauia</i>	2	<i>Pseudoglauia tarudantica</i> (Bolivar, 1914) <i>Pseudoglauia terrea</i> (Bolivar, 1912)
	Thrinchinae	<i>Tmethis</i>	3	<i>Tmethis cisti</i> (Fabricius, 1787) <i>Tmethis pulchripennis</i> (Serville, 1839) <i>Tmethis maroccanus</i> (Bolivar, 1908)
		<i>Tuarega</i>	1	<i>Tuarega insignis</i> (Lucas, 1851)
Pamphogodidae	Pamphagodinae	<i>Pamphagodes</i>	1	<i>Pamphagodes riffensis</i> (Bolivar, 1878)
Pyrgomorphidae	Pyrgomorphae	<i>Leptea</i>	1	<i>Leptea debilis</i> (Finot, 1894)
		<i>Macroleptea</i>	1	<i>Macroleptea laevigata</i> (Werner, 1914)
		<i>Poekilocerus</i>	1	<i>Poekilocerus bufonius hieroglyphicus</i> (Klug, 1829)
		<i>Pyrgomorpha</i>	6	<i>Pyrgomorpha conica</i> (Olivier, 1791) <i>Pyrgomorpha agarena agarena</i> (Bolivar, 1914) <i>Pyrgomorpha maruxina maruxina</i> (Bolivar, 1908)
		<i>Tenuitarsus</i>	1	<i>Tenuitarsus angustus</i> (Blanchard, 1836)

Tableau 5. Quelques espèces de l'Afrique du Nord par Louveaux *et al.* 2021

Sous-ordre. CAELIFERA	
Famille. Acrididae	
Sous-famille. Acridinae	Sous-famille. Calliptaminae
	
Sous-famille. Cyrtacantharinae	Sous-famille. Eyprepocnemidinae
	
Sous-famille. Gomphocerinae	Sous-famille. Oedipodinae
	
Sous-famille. Pezotettiginae	Sous-famille. Tropidopolinae
	

Chapitre I. Synthèse bibliographique sur les orthoptères

Fam. **Dericorythidae**
Sous-famille. **Dericorythinae**



Sous-famille. **Pamphaginae**



Sous-famille. **Thrinchinae**



Fam. **Pamphogodidae**
Sous-famille. **Pamphagodinae**



Fam. **Pyrgomophidae**
Sous-famille. **Pyrgomorphinae**



2. Phylogénie des Orthoptères

Chez les insectes, la phylogénie permet de retracer l'histoire évolutive des différentes familles à l'aide d'outils moléculaires et génétiques, et d'analyses comparatives entre de milliers de gènes et de séquences nucléotidiques.

Aujourd'hui, pour la classification des espèces, les systématiciens font appel aux multiples techniques de biologie moléculaire. Ces techniques constituent un outil supplémentaire aux techniques plus classiques qui reposent sur les ressemblances morphologiques.

La position phylogénétique des orthoptères est peu débattue. Selon Moussi *et al.* (2018), De nombreux pays en Europe et en Amérique du Nord profitent des nouvelles technologies de séquençage pour générer des inventaires locaux complets et des séquences de référence, contrairement aux pays d'Afrique, d'Asie et d'Amérique du Sud, qui malgré leur grande biodiversité sont peu étudiés. Selon eux, le barcoding moléculaire représente un outil objectif pour l'identification rapide des espèces, en particulier pour les taxons pour lesquels l'identification morphologique est difficile.

L'apparition des orthoptères remonte au Carbonifère (il y a 350 à 300 millions d'années). Les plus anciens fossiles des deux sous-ordres ; Ensifera avec six superfamilles et Caelifera avec neuf superfamilles datent du Permien (il y a 300 à 250 millions d'années) (Roche, 2015). Il compte parmi les plus anciennes lignées d'insectes (Sharov, 1968 ; Grimaldi et Engel, 2005). La monophylie de cet ordre a été soutenue par des données morphologiques et moléculaires (Jost et Shaw 2006 ; Fenn *et al.*, 2008 ; Ma *et al.*, 2009).

Zhang *et al.* (2013) rapportent qu'il est important d'utiliser des données d'ADN provenant de marqueurs génétiques hautement polymorphes tels que les séquences mitogénomiques afin de résoudre les relations profondes au sein de l'ordre. Ces génomes mitochondriaux (mitogénomes) et les données transcriptomiques ont été utilisés pour explorer les questions d'évolution des insectes orthoptères (Chang *et al.*, 2020 ; Song *et al.*, 2020).

Cependant, les données mitogénomiques des orthoptères des bases de données sont limitées, ce qui restreint les recherches phylogénétiques (Zhang *et al.*, 2013). A travers le monde, plusieurs travaux de phylogénie moléculaire ont été réalisés, on citera : Bugrov *et al.* (2006), Nattier *et al.* (2011) et Zhang *et al.* (2013). Ma *et al.* (2012) ont réalisé une étude de phylogénie moléculaire sur le criquet migrateur en s'appuyant sur l'étude de génomes et de gènes mitochondriaux chez 263 échantillons récoltés dans 53 localités d'Afrique, Asie et Europe. Il découle de cette étude l'existence de deux lignées de *Locusta migratoria*, une lignée septentrionale *Locusta m. migratoria* qui occupe les régions tempérées en Asie et en Europe et une lignée méridionale *Locusta m. migratorioides* qui couvre le continent

Chapitre I. Synthèse bibliographique sur les orthoptères

d'Afrique, le sud de l'Europe, le Sud-Est asiatique et l'Australie. Le phylogramme de cette dernière étude a été réinterprété en 2013 par Defaut *et al.* avec deux espèces *locusta migratoria* et *locusta cinerascens* plus une dizaine de sous-espèces récoltées sur trois localités en France. Selon eux, les deux uniques sous-espèces que les auteurs admettent chez le Criquet migrateur sont *Locusta migratoria* L., 1758 et *Locusta cinerascens* F., 1781.

A ce jour, en Algérie, les recherches phylogéniques sont fragmentaires si ce n'est le travail de Moussi et ses collaborateurs qui a été publié en 2018, la première étude phylogénique des sauterelles à ailes en bandes (Oedipodinae) de la région de Biskra.

3. Morphologie des Orthoptères

L'originalité d'une espèce animale comme entité vivante en équilibre avec son milieu peut être exprimée par l'allure générale du corps, la couleur et l'aspect extérieur.

Les orthoptères sont des insectes de taille moyenne à grande selon l'espèce. D'après Chopard (1943), chez les acridiens, les mâles de *Paratettix meridionalis* Rambur, 1838 sont les plus petits (6mm) et les femelles de *Pamphagus elephas* Linnaeus, 1758 sont les plus grandes (80mm). Le corps des orthoptères est divisé en trois parties ou tagmes qui sont de l'avant vers l'arrière : la tête, le thorax et l'abdomen (Mestre, 1988) (figure 7).

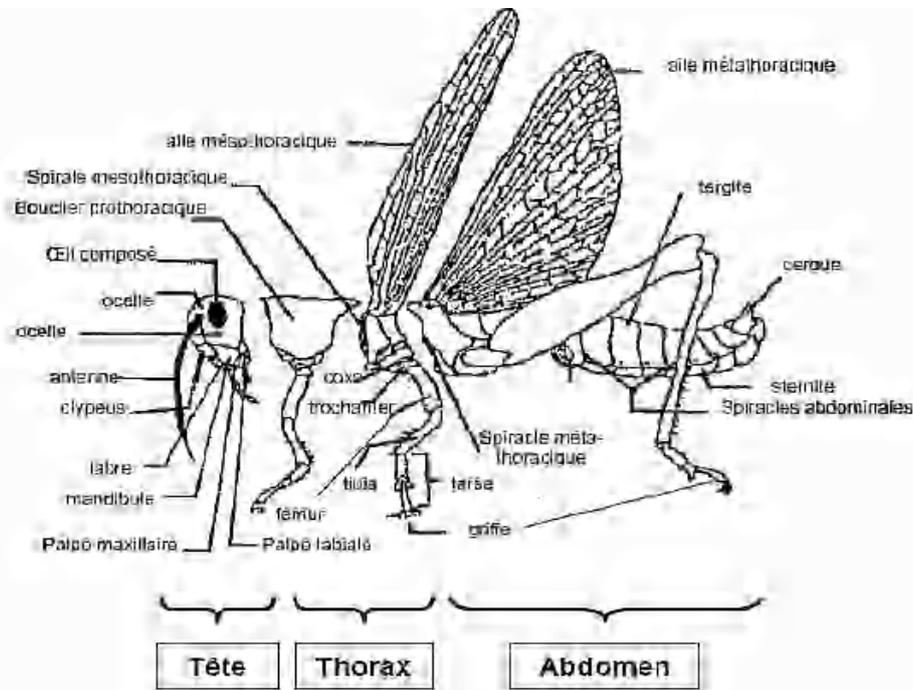


Figure 7. Morphologie générale d'un orthoptère (Moussi, 2012)

Chapitre I. Synthèse bibliographique sur les orthoptères

La tête ; premier tagme du corps, est composée d'une capsule céphalique et des appendices céphaliques. Selon Doumandji-Mitiche (1995), la forme de la tête peut servir comme critère de distinction entre groupes d'espèces. L'angle formé par l'axe longitudinal du corps et par celui de la tête se rapproche de 90° (figure 8).

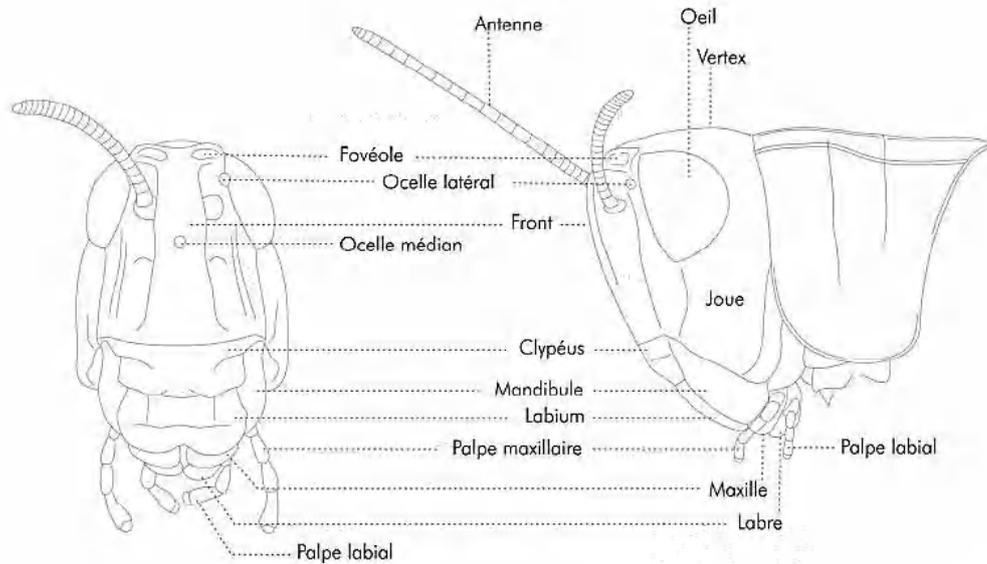


Figure 8. Tête d'un orthoptère (Ryelandt, 2015)

Le thorax ; deuxième tagme du corps, est composé de trois segments (Prothorax, mésothorax, métathorax), trois paires de pattes insérées entre les pleurs et le sternum de chaque segment et les ailes, d'après Duranton *et al.* (1982), la disposition des nervures principales est un caractère important à considérer dans l'identification des familles (figure 9).

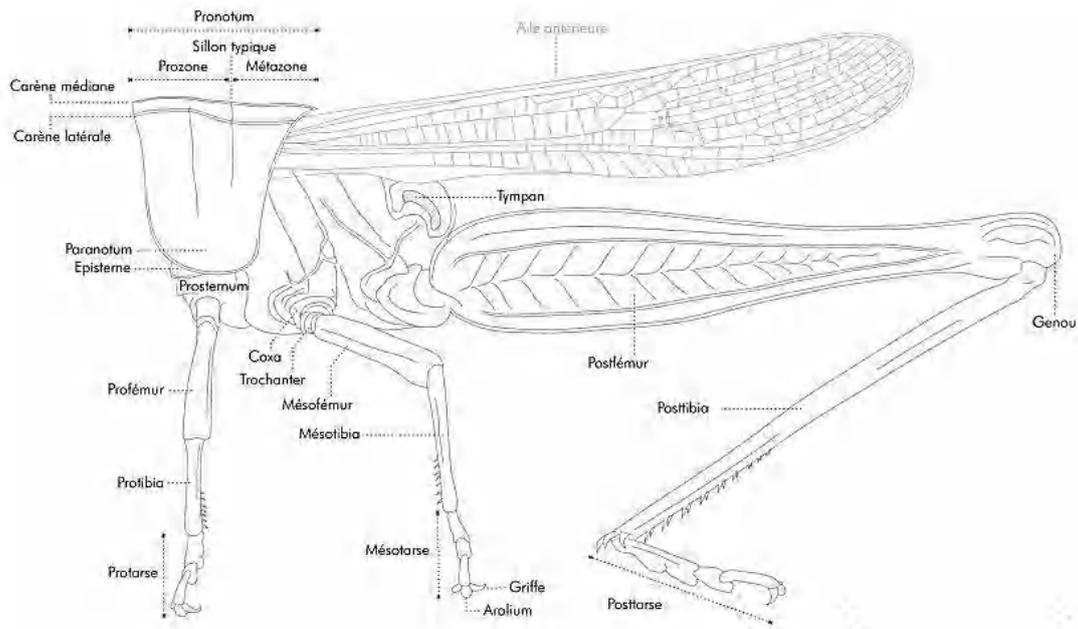


Figure 9. Thorax d'un orthoptère (Ryelandt, 2015)

Chapitre I. Synthèse bibliographique sur les orthoptères

L'abdomen ; troisième tagme du corps, il est composé de onze segments, il comporte l'appareil digestif, l'appareil reproducteur et les organes sexuels. Les dix premiers sont divisés dorsalement en dix tergites, ventralement en neuf sternites chez les mâles et huit sternites chez les femelles. Des membranes très extensibles relient les segments entre eux et permettent les mouvements respiratoires (figure 10).

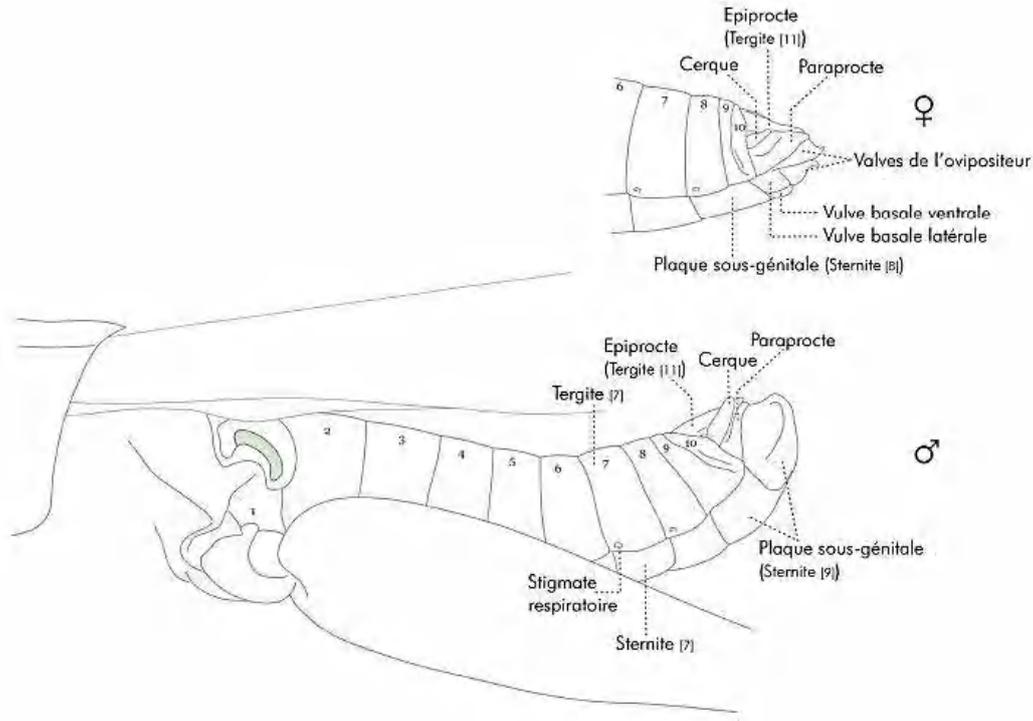


Figure 10. Abdomen d'un orthoptère (Ryelandt, 2015)

Le critère couleur n'est pas pertinent pour l'identification. En effet, Chez une même population, les individus peuvent être ternes ou colorés mais fréquemment ils sont bariolés (Ryelandt, 2015). Chez certaines espèces, les ailes des mâles sont de couleurs vives qu'ils utilisent pour attirer les femelles, d'autres mangent des plantes toxiques et gardent les toxines dans leur corps pour les protéger, la couleur avertit les prédateurs qu'ils ont mauvais goût.

Selon Leroy (1973), chez les Tettigonioidea, la plupart des espèces sont de couleur verte ou brune, la pigmentation des tarses diffère d'une espèce à une autre, fréquemment, ils sont bruns ou noirs, ils ne sont pas très visibles, ils peuvent être blancs ou même rouges.

La plus grande partie des espèces d'orthoptères présente un dimorphisme sexuel (Mokhlesse *et al.*, 2007 ; Hochkirch et Gröning, 2008). Les femelles sont généralement plus grosses que les mâles.

4. Habitat

Les Orthoptères sont un groupe d'insectes qui mènent une vie solitaire, ils sont présents dans tous les habitats terrestres. Ils se retrouvent dans les milieux ouverts, ce qui leur permet d'être libres et de se déplacer, ils sont hélio- et thermophiles. Ils occupent les prairies et pâturages extensifs, les jachères et les forêts (Bellmann et Luquet, 1995 ; Peveling *et al.*, 1999).

De manière générale, la température et l'humidité déterminent le choix du biotope des orthoptères, l'espèce *Paratettix meridionalis* (Rambur, 1838) préfère les endroits humides (Derrouiche *et al.*, 2020). Selon Gardiner *et al.* (2002), la densité et la hauteur de la végétation jouent également un rôle dans la détermination de l'abondance des orthoptères, Ils peuvent être xérophiles, thermophiles et sinanthropes car on les trouve dans les milieux urbains. La diversité en milieu agricole est plus élevée que dans les prairies (Badenhausser et Cordeau, 2012).

5. Régime alimentaire

Les orthoptères sont connus comme ravageurs des cultures en causant des dommages gigantesques (Benzara *et al.*, 2003). Le choix de la plante-hôte dépend de sa disponibilité et son accessibilité (Bernays & Chapman, 1970 ; Gangwere *et al.*, 1998) car cette dernière n'est pas seulement la source nutritive, mais aussi l'habitat du criquet (Le Gall, 1989). D'après Peveling *et al.* (1999) et Zaim *et al.* (2013) dans (Bouguessa, 2017), en se basant sur le nombre des sensilles au niveau du labre, il existe quatre types alimentaires ; Il y a les mangeurs de végétaux, les prédateurs, les charognards et quelques omnivores. Les herbivores ou phytophages se nourrissent de plantes diverses. Ils consomment essentiellement des graminées.

La plupart des orthoptères sont phytophages et se nourrissent d'une variété de matières végétales. Le type de régime alimentaire des caelifères est différent de celui des ensifères (Bellmann et Luquet, 1995). En effet, les caelifères sont phytophages, selon Le Gall (1989) et Nicole (2002), ils peuvent être monophages, qui ne consomment qu'une seule espèce de plante, oligophages en se nourrissant de plantes d'une même famille ou d'un même genre ou bien polyphages en s'alimentant de différentes espèces appartenant à diverses familles. Les caelifères sont subdivisés en deux types : les graminivores stricts qui se nourrissent de diverses Poaceae en fonction de leur abondance relative sur le terrain (Mestre, 1984) et les non graminivores qui consomment des plantes herbacées, des feuilles d'arbres et d'arbustes (Le Gall, 1989). Les ensifères, quant à eux, sont majoritairement omnivores, ils se nourrissent d'insectes, mais ils peuvent avoir des préférences, en consommant aussi diverses plantes dont

Chapitre I. Synthèse bibliographique sur les orthoptères

les tissus sont tendres et pleins de sève. La proportion des aliments d'origine animale et végétale varie selon les espèces. Selon Barataud (2003), la taille de l'espèce définit la proportion animale de l'alimentation, plus elle est grande plus elle tend à avoir un régime alimentaire carnivore.

6. Biologie

6.1 Développement et cycle de vie

La biologie des orthoptères varie d'une espèce à une autre. Ces insectes sont à métamorphose incomplète (figure 11).

L'état embryonnaire ; l'œuf : la ponte commence généralement fin juillet et se poursuit à l'automne. La plupart des orthoptères passent l'hiver sous forme d'œufs dans le sol. Les œufs sont déposés dans le sol en grappes (Le Gall, 1989), maintenus ensemble par sécrétion mousseuse qui, une fois sèche, forme un revêtement rigide. L'éclosion des œufs pour les espèces potentiellement nuisibles commence généralement à la fin Mai lorsque les températures sont élevées.

L'état larvaire ; la larve : elle est de type vermiforme. Le développement larvaire a lieu au printemps qui est marqué par l'abondance de la végétation, les criquets bénéficieront d'un taux de survie élevé et donc d'un potentiel de reproduction important (El Ghadraoui *et al.*, 2003). Les larves vivent dans la végétation à la surface du sol (Duranton *et al.*, 1982). Elles passent de l'éclosion à l'état imaginal par plusieurs stades en nombre variable selon les espèces (Lecoq et Mestre, 1988).

L'état imaginal ; l'imago : après quelques jours de la dernière mue larvaire s'effectuera le durcissement cuticulaire (Allal-Benfekih, 2006). L'éclosion des juvéniles est généralement suivie d'une dispersion des individus qui recherchent activement une ressource trophique convenable (Duranton *et al.*, 1982 ; Le Gall, 1989). Au cours de leur vie, les imagos passent par trois étapes de développement, les périodes pré reproductive, reproductive et poste reproductive (Allal-Benfekih, 2006). Le terme adulte désigne un individu sexuellement mûr (Uvarov, 1966).

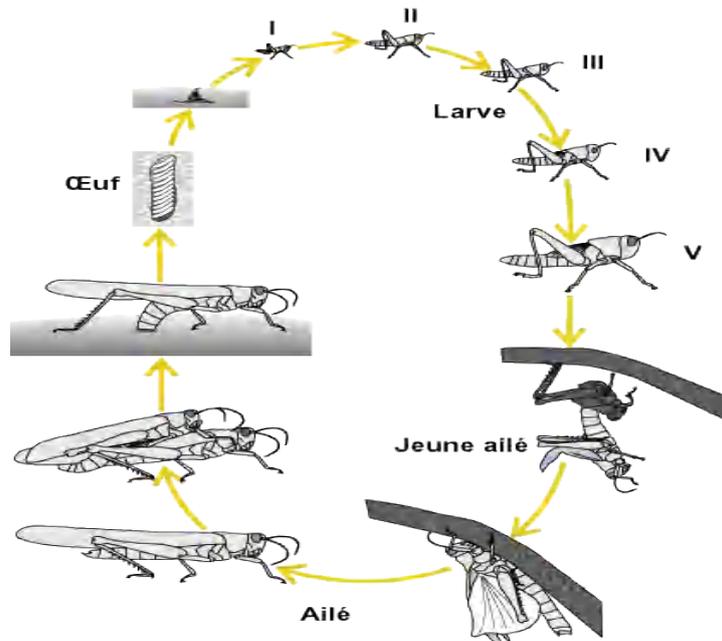


Figure 11. Succession des états biologiques chez le Criquet pélerin *Schistocerca gregaria* (Symmons et Cressman, 2001)

6.2 Reproduction

A la fin de l'Été et en Automne, les orthoptères deviennent matures et sexuellement actifs. Selon Kriegbaum (1997), le nombre d'œufs pondus par jour est réduit lorsque la reproduction est précoce, par contre lorsqu'elle est tardive, le nombre d'œufs est grand. L'accouplement est précédé par divers préliminaires : l'embuscade, la poursuite, les stridulations, le battement des ailes au sol, les vols spéciaux. Chez les caelifères, la stridulation est produite par des frottements entre les tegmina et les fémurs postérieurs, en revanche, les ensifères émettent des sons par les tégmina uniquement (Busnel *et al.*, 1953 ; Bellmann et Luquet, 1995).

Les orthoptères sont des insectes ovipares, les œufs pondus sont groupés dans le sol, agglutinés dans une substance spumeuse produite par la femelle. L'ensemble de la masse ovigère est surmonté par un bouchon spumeux. Celui-ci sert de protection thermique ; il peut aussi drainer l'humidité du sol par ses propriétés hygroscopiques et faciliter la sortie des jeunes larves venant d'éclore en guidant leur reptation vers la surface du sol.

7. Dynamique des populations d'orthoptères

7.1 Facteurs climatiques

Les changements climatiques ont un impact important sur les orthoptères, les modifications de la température, des précipitations, de l'humidité, de l'ensoleillement et des nuages ont des conséquences directes sur le développement, l'activité biologique et la répartition géographique de ces insectes. Des études ont en effet permis de déterminer les effets du

Chapitre I. Synthèse bibliographique sur les orthoptères

climat sur les orthoptères. Ainsi, Louveaux *et al.* (1988) qui ont étudié l'impact des circonstances climatiques et édaphiques sur les pullulations des espèces *Calliptamus italicus* et *Calliptamus b.barbarus*.

7.1.1 Température

La température constitue un facteur majeur qui affecte de manière significative les performances ainsi que le développement des insectes (Chown et Nicolson, 2004). En effet, chez *Locusta migratoria* le déplacement est plus rapide quand la température est élevée (Launois *et al.*, 1996) et chez *Schistocerca gregaria*, le vol est toujours puissant à haute température (Michel & Albrecht, 1978). La température peut également avoir un impact sur la reproduction, Srygley (2014) a démontré que l'espèce *Anabrus simplex* a une reproduction optimale lorsque la température atteint les 30°C. D'après Bligh et Johnson (1973), La température du corps des insectes n'est pas stable et change selon celle du milieu, ce sont des organismes poïkilothermes. Voisin (1979) a classé les orthoptères selon leurs caractéristiques thermiques, en espèces thermophiles, méso-thermophiles, méso-cryophiles et cryophiles.

Il est à noter que chaque orthoptère a son propre optimum thermique qui varie en fonction du sexe et de l'âge (Bounechada, 2007).

7.1.2 Pluviométrie

Voisin (1979) a répartie les orthoptères en trois catégories : hygrophiles, mésophiles et xérophiles. Selon lui, c'est difficile d'étudier l'impact de l'humidité sur la répartition des orthoptères car ce facteur peut prendre plusieurs formes comme la hauteur des précipitations reçues dans une région donnée et l'humidité relative de l'air.

La biologie et le comportement des orthoptères sont influencés par les précipitations. En cas de sécheresse, les œufs risquent de subir un ralentissement ou un arrêt de développement (quiescence) ou annoncer la mort de l'embryon, de plus, la vitesse de développement diminue plus rapidement. Chaque orthoptère a son optimum hydrique, de ce fait un excès d'humidité peut avoir un impact négatif et engendrer l'asphyxie des œufs (Bounechada, 2007).

7.2 Végétation

La végétation constitue un paramètre important qui influence la structuration des peuplements d'orthoptères.

Evans (1988) montre que la densité et la diversité des orthoptères sont liées à la diversité floristique. Selon lui, ce lien est dû au régime alimentaire des espèces. La végétation par sa composition taxonomique et sa structure joue un rôle important dans la sélection des habitats par les criquets (Anderson, 1964). Selon Duranton et Launois (1987) et Le Gall (1989), la

Chapitre I. Synthèse bibliographique sur les orthoptères

végétation sert d'abri, de perchoir ou de nourriture pour les orthoptères, mais son rôle le plus évident est de servir de nourriture.

Doumandji et Doumandji-Mitiche (1994), ont subdivisé les plantes en quatre catégories en fonction de leurs relations avec les criquets et les sauterelles : les plantes nourricières, les espèces végétales toxiques, les plantes- hôtes refuges non consommées et les végétaux répulsifs.

Les Acrididae s'attaquent à de nombreuses plantes, souvent les graminées en tant que plantes hôtes, les céréales sont les plus affectés, le millet, le maïs, le sorgho et le riz sont également attaqués. Le coton et l'arachide sont par contre, moins endommagés (Uvarov, 1928).

8. Répartition géographique

Comme tous les insectes, les orthoptères sont répartis dans tous les continents. On y compte plus de 25000 espèces dont beaucoup ont une importance scientifique et économique. Ils sont présents dans tous les écosystèmes ; les prairies, les forêts tropicales, les arbustes, les déserts, les zones humides et les régions alpines (Song *et al.*, 2018).

La position géographique de notre pays lui confère un climat varié, de ce fait, il offre les meilleures conditions de vie aux orthoptères.

La répartition géographique des orthoptères en Algérie a été abordée par Ould El Hadj (2001), il rapporte qu'il existe des espèces grégariaptés et non grégariaptés qui sont nuisibles pour les cultures. Mdjebara (2009) a réalisé un catalogué de 109 espèces d'orthoptères en Algérie. Dans l'Est algérien, 16 espèces de la famille Pamphagidae ont été répertoriées par Benkenana *et al.* (2012).

9. Moyens de lutte

Le fléau acridien est très ancien, notamment, le criquet pèlerin *schistocerca gregaria* qui est évoqué dans la bible comme la huitième plaie d'Egypte (Appert et Deuse, 1982).

Seules quelques dizaines d'espèces d'orthoptères sont nuisibles et susceptibles d'infliger des dégâts aux cultures, pâturages et végétations naturelles. Lorsque les populations de ces insectes s'accumulent, certaines espèces ont un comportement grégaire et migratoire, ce qui entraîne la formation d'essaims. De ce fait, les responsables des opérations de lutte antiacridienne font appel aux différentes mesures nécessaires pour faire face aux invasions des orthoptères ravageurs et diminuer les pertes.

9.1 Les insecticides

Les insecticides chimiques peuvent ralentir la progression de l'invasion. Ils sont plus efficaces et les coûts sont plus avantageux lorsqu'ils sont appliqués après l'éclosion des œufs et pendant que les larves sont encore aux premiers stades larvaires. Parmi les insecticides, on citera :

Le lindane qui a une très faible persistance d'action de 24h, il a été appliqué sur des orthoptères au Niger et a exterminé 85% de la population en 24 à 48h. En l'associant à la lambda-cyhalothrine, le mélange, en épandage terrestre, a provoqué la mortalité à 96 % en 24h.

Le diazion a été employé sur des essaims de Criquet pèlerin. En revanche, l'action sur les larves s'est révélée anodine.

Le fénitrothion a été utilisé au Mali en poudre contre des larves de *Kraussaria angulifera* et de *Kraussella amabile* et a tué la moitié des effectifs en 24 h. (Launois Luong *et al.*, 1988).

Selon Marion-Poll *et al.* et Phillogène *et al.* (2002) l'utilisation des insecticides peut provoquer une intoxication chronique, avoir de graves conséquences sur l'environnement et induire les ravageurs à développer une résistance et à s'adapter à un nouvel environnement afin de survivre.

La réduction de l'utilisation des pesticides chimiques devrait permettre aux ennemis naturels (oiseaux, reptiles, ...) d'avoir un grand impact sur le contrôle des invasions des criquets ravageurs.

Selon Regnault-Roger et Hamraoui (1993), plus d'un demi-siècle d'utilisation de pesticides a démontré que le contrôle des insectes ravageurs nécessite une approche multidisciplinaire.

9.2 La lutte biologique

Van Driesche et Bellows (1996) ont défini la lutte biologique comme suit : « *La lutte biologique est un processus agissant au niveau des populations et par lequel la densité de population d'une espèce est abaissée par l'effet d'une autre espèce qui agit par prédation, parasitisme, pathogénéicité ou compétition* ». Elle est donc une alternative très prometteuse aux pesticides chimiques. Elle consiste à utiliser des organismes vivants dans le but de contrôler les pullulations et la nocivité d'autres organismes nuisibles. Il existe plusieurs méthodes de lutte biologique contre les orthoptères prédateurs, on citera :

Chapitre I. Synthèse bibliographique sur les orthoptères

9.2.1 La lutte biologique par utilisation des prédateurs et parasitoïdes

Les larves de certaines espèces de coléoptères et de mouches d'abeilles, les araignées, certaines guêpes, de nombreuses espèces d'oiseaux se nourrissent de larves et adultes d'orthoptères. Les parasites comprennent les acariens, les insectes et les nématodes.

9.2.2 La lutte biologique par utilisation des microorganismes entomopathogènes

Les protozoaires ; l'espèce *Nosema locustae* a été développée en 1980, elle peut réduire considérablement les populations d'orthoptères. Aux états unis, le protozoaire *N. locustae* a causé une mortalité de plus de 95% avec une infection précoce des larves (Greathead, 1992 ; Kevan, 1992). D'après Zhang et Lecoq (2021), Il a un large spectre d'hôtes de 144 espèces d'orthoptères, lorsqu'il est utilisé en mélange avec le champignon *Metarhizium spp.* Il peut potentiellement affaiblir la réponse immunitaire de l'hôte en réduisant ses défenses, plus la dose utilisée est élevée, plus le taux de mortalité est important.

Les champignons ; *Entomophaga grylli* peut aider à contrôler les orthoptères aux endroits à température élevée et humides. Il provoque une maladie fongique qui fait que les orthoptères restent accrochés aux tiges des plantes.

Les bactéries ; plusieurs recherches récentes ont été réalisées afin de trouver des bactéries entomopathogènes qui interrompent la croissance des acridiens. Oulebsir-Mohandkaci *et al.* (2015) ont effectué une étude sur l'effet de deux bactéries *Bacillus sphaericus* et *Pseudomonas fluorescens* sur les larves du cinquième (L5) stade de l'espèce *Locusta migratoria*, la pénétration de ces pathogènes dans l'hôte se fait par voie orale, blessures, occasionnellement ils sont libérés dans l'hémocoèle par l'intermédiaire d'un vecteur (les nématodes) (Greathead *et al.*, 1994). Par conséquent, les deux bactéries ont provoqué des mortalités, une prolongation de la durée de développement du stade L5, une difficulté de la mue imaginaire.

9.3 Les phytopesticides

En 1993, Regnault-Roger et Hamraoui ont réalisé une étude dans le but d'évaluer l'effet des plantes aromatiques et leurs molécules allélochimiques sur les insectes ravageurs, il s'est avéré que les plantes aromatiques étaient capables de diminuer les populations d'insectes nuisibles, d'une part elles provoquent la mort des adultes et d'autre part elles inhibent la reproduction.

Selon Tail et Kara (2014), les plantes sont munies de composés chimiques qui permettent aux molécules d'intervenir dans la défense de la plante contre les ravageurs. Elles ont évalué l'effet des alcaloïdes extraits des feuilles du laurier rose (*Nerium oleander*) qui est

Chapitre I. Synthèse bibliographique sur les orthoptères

abondamment disponible comme plante spontanée sur le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*. Les résultats ont montré que le taux de mortalité des individus de l'espèce *S.gregaria* huit jours après le traitement avec la dose 5 µl/ml était de 81,97%. En augmentant les doses de 20 et 50 µl/ml, le taux de mortalité a augmenté à son tour à 100%. En conséquence, il pourrait contribuer à diversifier les méthodes de lutte contre les locustes ravageuses.

9.4 La lutte préventive

La lutte préventive est plus efficace et économiquement beaucoup moins coûteuse lorsque les surfaces à traiter et les effectifs à neutraliser sont moins importants, elle nécessite un dépistage précoce des pullulations locales (Appert et Deuse, 1982).

Elle vise à : surveiller les conditions écologiques en utilisant les données météorologiques et satellitaires, contrôler régulièrement les aires grégarigènes par des prospections régulières, et Anéantir les premières populations qui peuvent conduire à la grégarisation, et par conséquent, à la formation des bandes larvaires et d'essaims.

*Chapitre 99. Présentation
de la région d'étude*

Chapitre II. Présentation de la région d'étude

La présente étude concerne sept localités localisées dans l'Est algérien (figure 12) qui ont été suivies au cours de trois années (2018, 2019 et 2020). Il s'agit de : Constantine, Batna, Khenchela, Mila, Oum El Bouaghi, Jijel et Skikda.

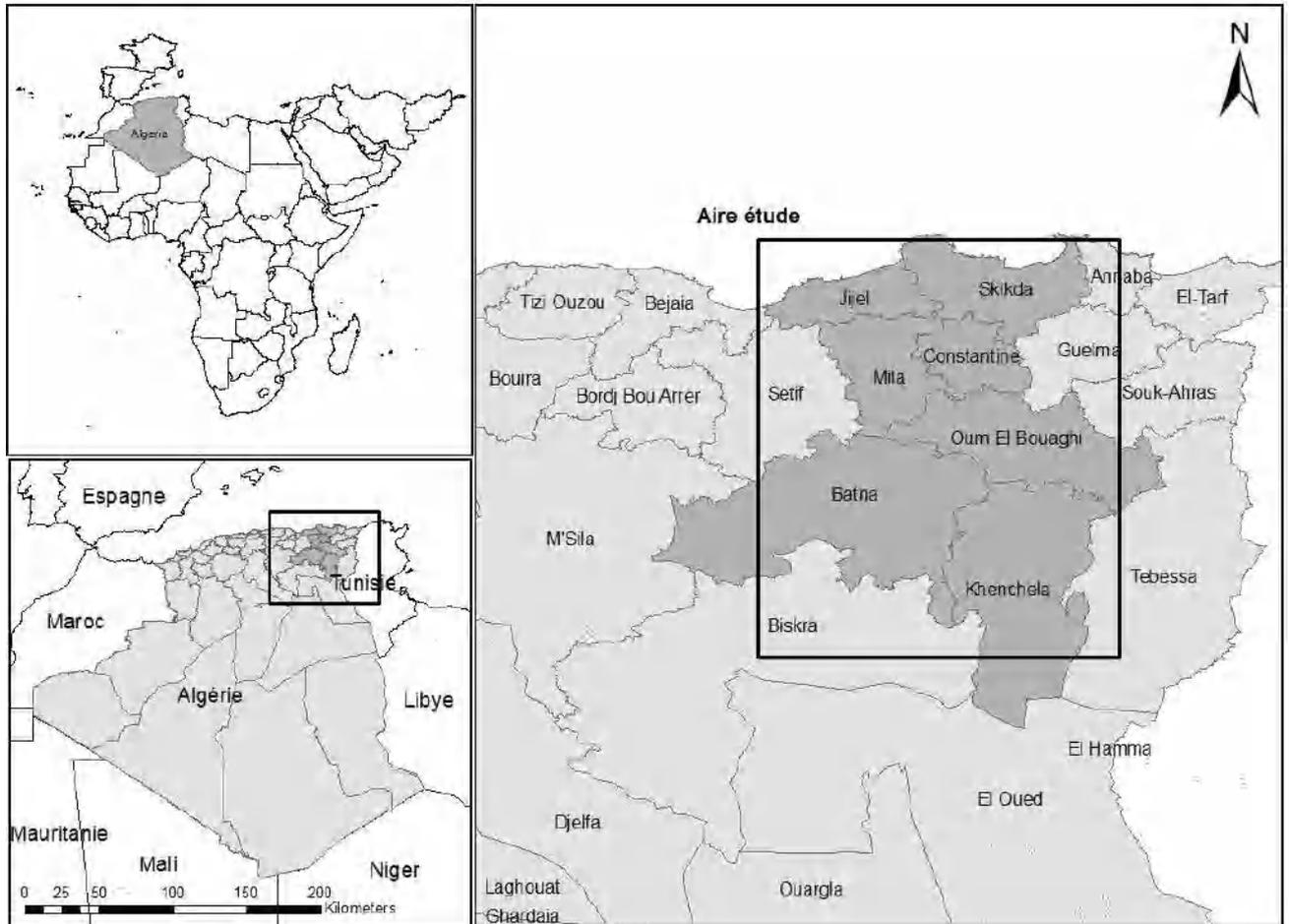


Figure 12. Carte de la région d'étude (Est algérien) (originale)

1. Situation et limites géographiques

Il est crucial d'étudier la situation géographique de chaque région, ses coordonnées, et ses limites géographiques.

1.1 Situation géographique de la localité de Constantine

La localité de Constantine est située dans l'Est algérien aux coordonnées géographiques : latitude entre 36.426153 (Sud) et 37.090022 (Nord), longitude entre 5.426828 (Ouest) et 6.511862 (Est), et à une altitude de 660m. Elle s'étend sur une superficie de 2287Km², bordée au nord par la wilaya de Skikda à une distance de 89 km. Au sud par la wilaya de Oum El Bouaghi, à l'Est par la wilaya de Guelma et à l'Ouest par la wilaya de Mila.

Chapitre II. Présentation de la région d'étude

1.2 Situation géographique de la localité de Batna

La localité de Batna est située au Nord-Est de l'Algérie, dans la région des Aurès aux coordonnées géographiques : latitude entre 34.965997 (Sud) et 35.925395 (Nord), entre 4.739877 (Ouest) et 6.795732 (Est), et à une altitude de 968m. Elle s'étend sur une superficie de 3000Km², limitée par les wilayas d'Oum El Bouaghi, Mila et Sétif au Nord, la wilaya de Biskra au Sud, la wilaya de Khenchela à l'Est et la wilaya de M'sila à l'Ouest.

1.3 Situation géographique de la localité de Khenchela

La localité de Khenchela est située au Nord-Est de l'Algérie aux coordonnées géographiques : latitude entre 34.155790 (Sud) et 35.674362 (Nord), longitude entre 6.498775 (Ouest) et 7.548831 (Est) et à une altitude de 1122m. Elle s'étend sur une superficie de 9715,6 Km², limitée au nord par la wilaya d'Oum El Bouaghi. Au sud par les wilayas Oued Souf et Biskra, à l'Est par la wilaya de Tébessa et à l'Ouest par la wilaya de Batna.

1.4 Situation géographique de la localité de Mila

La localité de Mila est située au Nord-Est de l'Algérie aux coordonnées géographiques : latitude entre 35.880066 (Sud) et 36.626028 (Nord), longitude entre 5.739132 (Ouest) et 6.543985 (Est) et à une altitude de 598m. Elle s'étend sur une superficie de 3481Km², limitée au nord par la wilaya Jijel, au Nord-Est par la wilaya de Skikda. Au sud par la wilaya d'Oum El Bouaghi, à l'Est par la wilaya de Constantine et à l'Ouest par la wilaya de Sétif.

1.5 Situation géographique de la localité d'Oum El Bouaghi

La localité d'Oum El Bouaghi est située au Nord-est des hauts plateaux sur une superficie de 6187.96 Km². Elle est délimitée au Nord par la wilaya de Constantine et au Sud par la wilaya de Khenchela, à l'Est par les wilayas de Guelma et Souk Ahras, à l'Ouest la wilaya de Mila, au Sud-Ouest la wilaya de Batna et au Sud- Est par la wilaya de Tébessa. Elle est située entre 6.156727 (Ouest) et 7.869939 (Est) de longitude et entre 35.424995 (Sud) et 36.197725 (Nord) de latitude, et à une altitude de 1128m.

1.6 Situation géographique de la localité de Jijel

La localité de Jijel est située au Nord-Est de l'Algérie aux coordonnées géographiques : latitude entre 36.522521 (Sud) et 36.941901 (Nord), longitude entre 5.426828 (Ouest) et 6.511862 (Est) et à une altitude de 262m. Elle s'étale sur une superficie de 2396Km². Elle est limitée par la mer méditerranée au Nord, la wilaya de Skikda à l'Est, la wilaya de Bejaia à l'Ouest et les wilayas de Sétif et Mila au Sud.

1.7 Situation géographique de la localité de Skikda

La localité de Skikda est située au Nord-Est de l'Algérie, sur le littoral méditerranéen, aux coordonnées géographiques : latitude entre 36.426153 (Sud) et 37.090022 (Nord), longitude entre 6.240603 (Ouest) et 7.405944 (Est) et à une altitude de 18m. Elle s'étend sur une superficie de 4118Km². Elle est délimitée au Nord par la mer méditerranée, les wilayas de Constantine, Mila et Guelma au Sud, la wilaya de Jijel à l'Ouest et la wilaya d'Annaba à l'Est.

2. Relief

L'analyse du relief de chaque région est essentielle, elle permet de connaître l'aspect spécifique de différentes régions, de décrypter les formes qui les constituent, les formations associées, leur évolution, les mécanismes d'origine interne ou externe qui les façonnent et les facteurs qui les contrôlent.

La figure 13 représente les différents types de relief dans les localités d'étude.

2.1 Relief de la localité de Constantine

La localité de Constantine se dresse entre les montagnes telliennes, humides et boisées, au Nord, les hautes plaines semi-arides et céréalieres au Sud. Elle est composée de trois zones :

- **La zone montagneuse au Nord ;** Ces formations sont le prolongement de la chaîne tellienne qui s'abaisse vers l'Est. Elles prennent des directions d'ensemble Sud-Ouest et Nord-Est qui sont dominées respectivement par le mont de Chettaba et le massif de Djebel Ouahch. A l'extrême Nord aux limites de la wilaya de Mila et Skikda on trouve le mont Sidi Driss qui culmine à 1364 m d'altitude.
- **La zone des bassins intérieurs ;** Cet ensemble en forme de dépression s'étend d'Est-Ouest de Ferdjioua dans la wilaya de Mila à Zighoud-Youcef. Elle est limitée au Sud par les hautes plaines avec une altitude variant de 500 à 600m ; cet ensemble composé de basses collines est entrecoupé par les vallées du Rhumel et de Boumerzoug.
- **La zone des hautes plaines ;** Située en Sud-Est de la wilaya entre les chaînes intérieures de l'atlas tellien et l'atlas saharien, elles s'étendent sur les communes de Ain Abid et Ouled Rahmoune (Agence Nationale de développement de l'investissement, 2013).

2.2 Relief de la localité de Batna

La topographie de la localité de Batna est globalement orientée Nord/Sud avec un relief très accidenté et des pentes supérieures à 75%. Ce sont des barres rocheuses, des falaises sur les deux versants, et des vallées étroites formées de deux (02) lignes de crête de 60 km de

Chapitre II. Présentation de la région d'étude

longueur, ces chainons de montagne sont en altitude décroissante en allant du Sud au Nord en tout point du territoire du parc. (Beloula, 2010)

La jonction des deux Atlas (Tellien et Saharien) constitue la particularité de la ville et organise en même temps la répartition des différents milieux physiques définis comme suit :

- **Les montagnes :** l'Atlas Tellien par l'ensemble des monts, du Bou Taleb, et les monts de Belezma, forment l'ossature physique principale de la zone d'étude et de ce fait constituent l'ensemble physique le plus important. Ils sont répartis comme suit :
 - Au Nord, le côté Nord-ouest : composée de Djebel Belkhaz, Djebel Takharbi, Djebel Kasrou, Djebel Boumerzoug, Djebel El Mraoua (1350m), Djebel Tougar (2094m) et Djebel Boudraa (1832m).
 - Au Nord-est, une deuxième chaîne, elle est moins étalée que la précédente et composée de Djebel Bouarif (1584), et Djebel Azeb (1368m). A l'Ouest : Djebel Tugur à 1154 m d'altitude et Djebel Bouakez à 1442 m, sont exposés.
 - Au Sud, Djebel Ich-Ali domine le côté Sud- Est de la ville de Batna avec une altitude de 1766m.
- **Les plaines :** Les plaines se forment de couloirs justifient des surfaces à pente douce et régulière limitées par les ensembles montagneux, d'une forme étroite du côté de Fesdis et Tazoult Elles s'élargissent considérablement jusqu'à Lambiridi en constituant le site de la ville de Batna. Ces zones ont une altitude moyenne de 1000 m environ (Touati, 2014).

2.3 Relief de la localité de Khenchela

D'après Boukhechem (2010), le relief de la localité de Khenchela est caractérisé par quatre grands ensembles géographiques :

- Les montagnes occupant 35% de la superficie de la localité : les plus hautes montagnes du massif des Aurès se situent à l'Ouest de la wilaya (le mont Chelia à 2328m), dans la zone centrale les monts des Nememcha et, au Nord-est les montagnes de Tafrent (Ain Touila).
- Les plateaux : au Nord-est (Mahmel et Ouled Rechache).
- Les plaines : la plaine de Remila au Nord, les hautes plaines de Bouhmama et M'toussa à l'Ouest.

- Les parcours steppiques, sahariens et les chotts (49% de la superficie de la wilaya) : au Sud, ils sont constitués en grande partie de terres sablonneuses avec, à l'extrême Sud, des dépressions (Chotts) et une zone dunaire.

2.4 Relief de la localité de Mila

La localité de Mila fait partie du grand ensemble du tell oriental algérien, sa morphologie est très complexe caractérisée par un grand massif montagneux et par des étendues de plaines côtières et de vallées. Une topographie assez plane dans le sous bassin Rhumel amont et des reliefs plus ou moins élevés représentés par les djebels : Ed Dess, Grouz...

Cette zone d'étude prend une grande partie du bassin versant, elle se caractérise par un relief varié et complexe, du Sud vers le Nord on passe vers un domaine méditerranéen marqué par des espèces caractéristiques (chêne liège, chêne zen, bruyère) (Zouaidia, 2006).

Elle présente deux grandes zones distinctes :

- Au Nord, des montagnes et des collines : Msid, Aicha, Zouagha et El Halfa.
- Au Sud, les plaines et les hauts plateaux.

2.5 Relief de la localité d'Oum El Bouaghi

La localité d'Oum El Bouaghi est située au contact du Tell et des Aurès. Aux bordures de la plaine, sont réparties plusieurs montagnes qui forment la principale ligne du relief, d'altitudes très élevées et variables (supérieur à 1000m), et de direction générale Nord-Est, Sud-Ouest. La plaine Avec des altitudes variant de 840 à 950 m, la surface est donc pratiquement plane, avec des pentes qui ne dépassent pas les 2% à l'Ouest et 7% à l'Est. Les amonts occupent 63,8% de la superficie, 18,90% par les plateaux et les plaines. Les montagnes représentent 17,3% telle que « Sidi Arghis » à 1635m, sachant que la montagne la plus haute est « Djbal Gueryoun » avec une altitude de 1729 m.

2.6 Relief de la localité de Jijel

Selon Boudjedjou (2010), la localité de Jijel fait partie du grand ensemble du tell oriental Algérien ; elle dispose d'un relief montagneux très complexe dans sa structure et dans sa morphologie. Elle se caractérise par un grand massif montagneux, par un ensemble collinaire et par des étendues de plaines côtières et de vallées. Du point de vue morphologique, le territoire de la localité de Jijel peut être subdivisé en trois grands ensembles à savoir :

- La Kabylie de Babors qui correspond à tout le territoire côtier occidental et s'étend jusqu'à la limite Sud-Ouest de la localité.
- La Kabylie de Collo qui correspond au secteur oriental et les monts de Tamesguida.

La chaîne de Constantine qui se limite juste au versant Nord de Zouahra et M'sida Aicha.

2.7 Relief de la localité de Skikda

Le relief de la localité de Skikda est très accidenté sur la frange littorale est, dans les massifs de Collo, Azzaba et la Marsa. Dans ce relief on distingue trois types de zones topographiques, les zones de montagnes, les zones de plaines et les zones de piémonts.

- **Zones des montagnes ;** elles se subdivisent en plusieurs parties qui sont constituées par les massifs. Au sud, Djebel Sidi Driss et Djebel Hadjar Chouat, à la limite des vallées du Guebli et Saf-Saf, Djebel Staiha et Djebel Abdelhadj, à la limite du Saf-Saf et d'El Kebir, Djebel Fil-Fila et au Nord, Cap Bougarouni et Cap de Fer.

- **Zones des plaines ;**

La plaine de la vallée du Saf-Saf qui s'étend d'El Harrouch à Skikda et épouse les contours du Saf-Saf.

La plaine de la vallée de Oued El Guebli qui débute à Oum Toub, s'évase au niveau de Tamalous, s'effile jusqu'à Collo ou elle s'évase de nouveau.

La plaine de la vallée de l'Oued El Kebir.

La plaine de Azzaba s'étend d'Es-sebt à Azzaba jusqu'à Djendel où elle présente un étranglement débouchant à Ain Charchar et Bekkouche Lakhdar.

Les piémonts ; se localisent dans les régions d'El Harrouch et Azzaba.

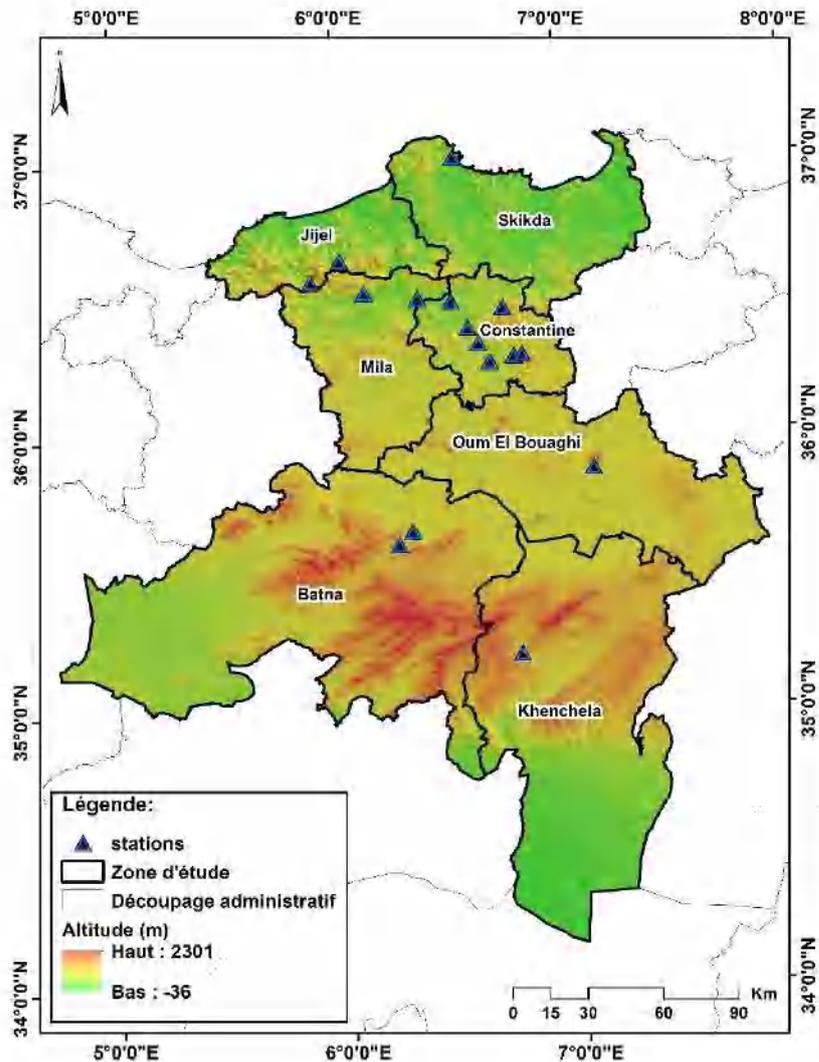


Figure 13. Carte du relief de la région d'étude (originale)

3. Végétation

Il est à noter que la description de la végétation est indispensable, elle aide à déterminer les conditions de vie des organismes vivants dans leur milieu. Les relations plantes-animaux soulignent leur importance dans la gestion et la conservation des écosystèmes.

3.1 Végétation de la localité de Constantine

Les forêts et les maquis sont les composantes principales du couvert végétal de la localité de Constantine et présentent 9% de l'aire agricole totale de la localité.

La céréaliculture est l'activité la plus exercée au niveau de la wilaya avec 50% de la superficie agricole chaque année d'après.

3.2 Végétation de la localité de Batna

Les céréales d'hiver occupent 51,5% de la surface agricole. Les fourrages occupent 2,7%. Les Légumes secs occupent 2,3. Les cultures maraîchages 3,2%, L'arboriculture occupent 3,33%.

Chapitre II. Présentation de la région d'étude

Le couvert végétal de la localité de Batna dépend essentiellement du climat et du sol. La localité fait partie des écosystèmes septentrionaux de l'Algérie du Nord. Benharzallah (2004) rapporte que la végétation de cette localité est caractérisée par six groupements végétaux. Les céderais, le chêne vert qui est suivi par les pinerais, qui s'installent surtout sur des zones sèches et chaudes.

3.3 Végétation de la localité de Khenchela

Les maquis présents dans la localité de Khenchela pour protéger le milieu sont dans un état dégradé. L'agriculture de montagne de subsistance est basée sur la combinaison d'élevage et la céréaliculture, maraîchage et arboriculture fruitière sont dominantes dans la localité ajoutant à cela une petite pratique de l'apiculture. Malgré le manque de ressources végétales la localité offre de très belles formations végétales climaciques.

La partie restante du territoire est constituée presque en totalité de forêts domaniales, soit, 76,38% de la superficie totale des deux communes équivalant à 51,34% de la superficie forestière totale de la localité de Khenchela. Le pin est l'essence principale. Le chêne vert, le frêne et le jujubier sont également représentés. Vers l'extrême nord-ouest de Bouhmama (Mont Chelia), il existe une cédraie en partie soumise à un dépérissement.

3.4 Végétation de la localité de Mila

La superficie agricole utile dans la localité de Mila occupe 10438 ha et la végétation présente 80% de la surface agricole totale de la localité.

La céréaliculture est l'activité agricole dominante dans la wilaya et occupent 4903 ha de la surface agricole selon le ministère de la culture. Les légumes secs occupent 63 ha, aussi les cultures maraichères avec 186 ha, et l'arboriculture avec 212 ha.

Les températures douces des saisons estivales favorisent le développement et le fleurissement de la plupart des plantes spontanées. Selon (Belattar, 2007), Les forêts occupent 100 Ha de la superficie totale de la commune de Mila. Les principales espèces dominantes sont : le pin d'Alep, l'eucalyptus, le chêne liège, le chêne vert.

3.5 Végétation de la localité d'Oum El Bouaghi

La localité d'Oum El Bouaghi s'étend sur une surface de 3609 ha répartis comme suit : 1197 ha de pin d'Alpes, 2300 ha de châtaigne vert, 100 ha de cyprès et 6 ha d'olives.

3.6 Végétation de la localité de Jijel

D'après (Boudjedjou, 2010), la superficie forestière est de 115000 ha et représente 48% de la surface totale de la localité de Jijel, mais que 5700 ha qui sont productives, les forêts sont

Chapitre II. Présentation de la région d'étude

occupées par le chêne liégé avec 4720 ha, le chêne vert avec 342 ha, et le pin maritime avec 1140 ha. Les maquis et les broussailles occupent 85000 ha.

Le couvert végétal vient ajouter son influence à celle de la nature géologique et topographique du bassin versant pour conditionner la rapidité du ruissellement superficiel, le taux de l'évaporation et la capacité de rétention du bassin.

3.7 Végétation de la localité de Skikda

La localité de Skikda est caractérisée par une végétation méditerranéenne, selon Beniston (1984) elle est composée des plantes annuelles et des plantes vivaces. Le chêne liège est la composante principale des massifs forestiers de Skikda, Filfila et El Hadaiek.

Le maquis couvre une superficie de 1.678 ha. La forêt est située au nord-ouest et occupe une superficie de 193.5 ha de la commune de Skikda dominée par des plantations d'Eucalyptus et de pin maritime.

Les vergers occupent 341.25 ha au sud-est. L'eucalyptus se rencontre en petites plantations. La végétation arbustive se trouve bien développée sous le couvert arborescent, ce sont essentiellement : La végétation herbacée est très abondante et variée dans la clairière.

4. Synthèse climatique

Le climat est autant important que les trois éléments décrits ci-dessus et ça concerne la température, les précipitations et l'influence de la variabilité de ces deux paramètres sur la biologie animale qui affecte pratiquement toutes les fonctions biologiques de ces derniers.

Les données utilisées pour la période d'étude (2009-2019) ont été collectées auprès de l'office de la météorologie algérienne complétées par la base de données du site (<https://www.infoclimat.fr/climatologie/>).

La situation géographique, le relief hétérogène et l'allongement du territoire Nord-Sud conduisent à une diversité très importante des aspects climatiques sur des distances courtes.

4.1 Température

La température affecte pratiquement toutes les fonctions biologiques des espèces animales, et présente un facteur important qui définit le climat de la région. Selon Dajoz (1996), tous les processus métaboliques en dépendent.

Les températures moyennes mensuelles (°C) de la région d'étude entre 2009 et 2019 sont consignées dans les tableaux (6 à 12) et les figures (14 à 21).

Chapitre II. Présentation de la région d'étude

Tableau 6. Les valeurs des températures (°C) moyennes mensuelles de la localité de Constantine (2009-2019).

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars.	Avr.	Mai.	Juin	Juillet	Aout
Tmax moy (°C)	38,4	38,3	29,4	24,4	30,4	26,5	25,8	40,5	34,8	29,5	30	32,2
Tmin moy (°C)	19,1	14,7	9,5	6,3	4,9	4,7	7,4	10,3	13,6	18,5	22,8	23
$\frac{M + m}{2}$	38,4	38,3	29,4	24,4	30,4	26,5	25,8	40,5	34,8	29,5	30	32,2

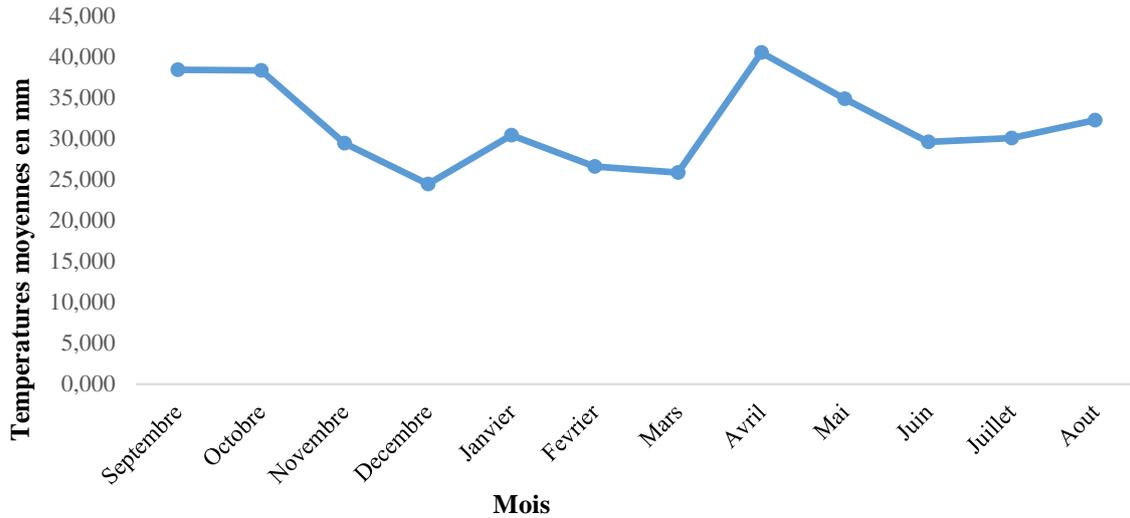


Figure14. Températures moyennes mensuelles de la localité de Constantine (2009- 2019)

Tableau 7. Les valeurs des températures (°C) moyennes mensuelles de la localité de Batna (2009-2019).

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Aout
Tmax moy (°C)	27,8	22,3	15,9	12,1	10,9	11,1	15,4	20,4	24,5	29,5	34,2	33,2
Tmin moy (°C)	14,8	10,6	5,4	2,1	0,9	0,5	3,2	6,5	9,8	14,3	18,3	18,3
$\frac{M + m}{2}$	28,2	25,5	23,2	17,9	27,6	23,5	25,8	28,3	23,8	17,8	12,7	20,2

Chapitre II. Présentation de la région d'étude

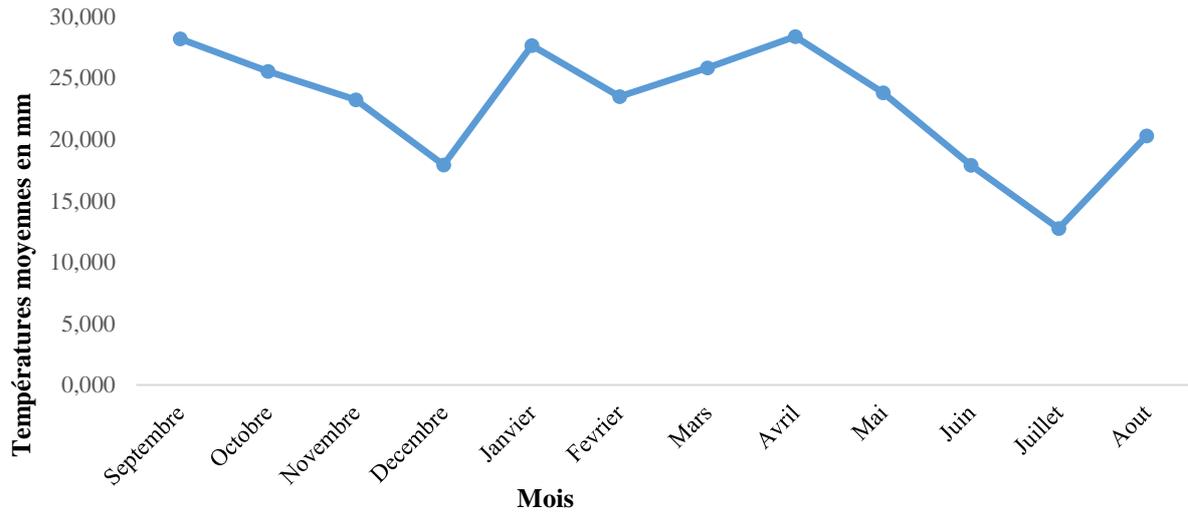


Figure 15. Températures moyennes mensuelles de la localité de Batna (2009- 2019)

Tableau 8. Les valeurs des températures (°C) moyennes mensuelles de la localité de Khenchela (2009-2019).

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Aout
Tmax moy(°C)	28,6	22,9	16,4	12,7	11,3	12	16,2	21,2	25,2	30,9	35,4	34
Tmin moy (°C)	16,1	11,5	5,9	2,6	1,2	1	3,9	7,4	10,8	15,7	19,8	19,7
$\frac{M + m}{2}$	22,4	17,2	11,2	7,6	6,2	6,5	10	14,3	18	23,3	27,6	26,9

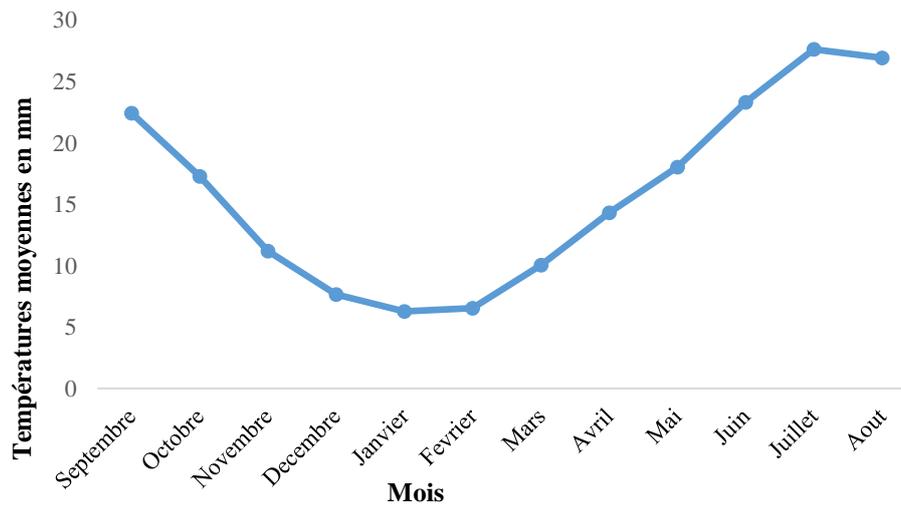


Figure 16. Températures moyennes mensuelles de la localité de Khenchela (2009- 2019)

Chapitre II. Présentation de la région d'étude

Tableau 9. Les valeurs des températures (°C) moyennes mensuelles de la localité de Mila (2009-2019).

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Aout
Tmax moy (°C)	29,1	24,1	17,6	14	12,3	12,7	16,6	20,9	24,7	30,5	35,1	34,5
Tmin moy (°C)	16,6	12,6	7,3	4,2	2,9	2,5	5	7,9	10,9	15,6	19,4	19,8
$\frac{M + m}{2}$	29,1	24,1	17,6	14	12,3	12,7	16,6	20,9	24,7	30,5	35,1	34,5

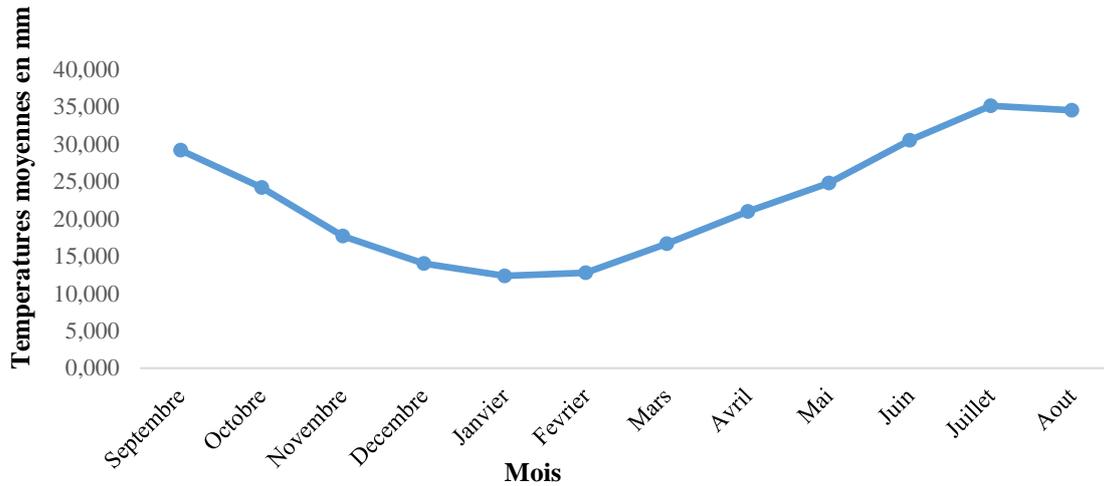


Figure 17. Températures moyennes mensuelles de la localité de Mila (2009-2019)

Tableau 10. Les valeurs des températures (°C) moyennes mensuelles de la localité d'Oum El Bouaghi (2009-2019).

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Aout
Tmax moy (°C)	23,8	20,2	14,6	10,4	9,9	10	12,4	16,9	22,9	28,3	29,4	29,5
Tmin moy (°C)	13,5	8,8	5,3	2,1	1	1,2	3,5	6	8,7	12,9	15,1	15,6
$\frac{M + m}{2}$	18,6	14,5	9,9	6,2	5,4	5,6	7,9	11,4	15,8	20,6	22,2	22,5

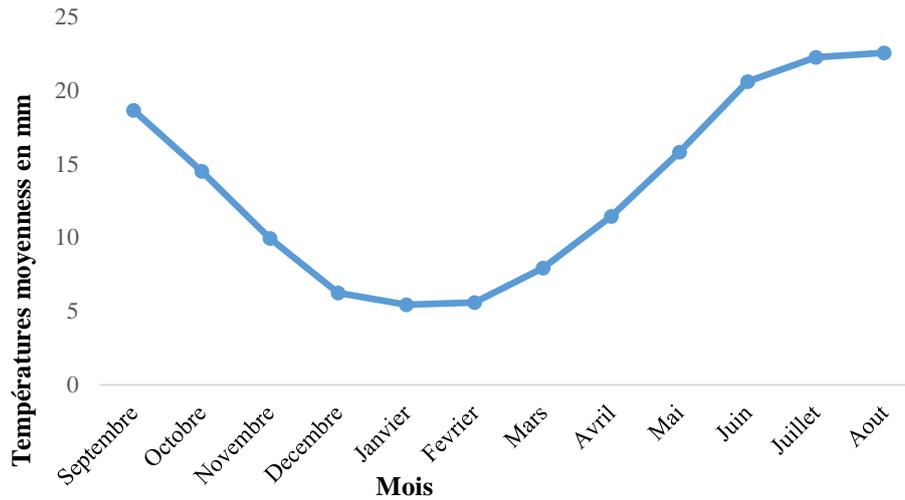


Figure 18. Températures moyennes mensuelles de la localité d'Oum El Bouaghi (2009-2019)

Tableau 11. Les valeurs des températures (°C) moyennes mensuelles de la localité de Jijel (2009-2019).

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Aout
Tmax moy (°C)	27	23,5	18,2	15	13,3	13,2	15,8	18,8	21,9	26,8	30,7	30,6
Tmin moy (°C)	19,9	16,8	12,2	9,4	8	7,3	9,1	11,4	14,1	18,3	21,6	22,2
$\frac{M + m}{2}$	27	23,5	18,2	15	13,3	13,2	15,8	18,8	21,9	26,8	30,7	30,6

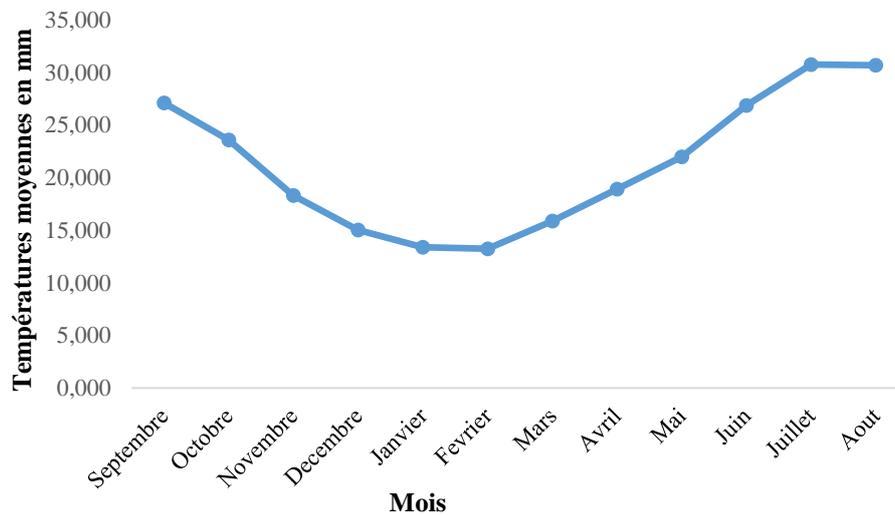


Figure 19. Température moyennes mensuelles de la localité de Jijel (2009-2019)

Chapitre II. Présentation de la région d'étude

Tableau 12. Les valeurs des températures (°C) moyennes mensuelles de la localité de Skikda (2009-2019).

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Aout
Tmax moy(°C)	28,8	25	19,6	15,7	14,4	14,2	17	20,3	23,8	28,8	33	32,8
Tmin moy (°C)	19,8	16,5	11,8	8,8	7,5	6,9	8,5	10,9	13,7	18	21,6	22,2
$\frac{M + m}{2}$	30,9	37,8	48,2	35,1	47,8	45,1	33,9	33,3	23,6	14,6	13,5	19,8

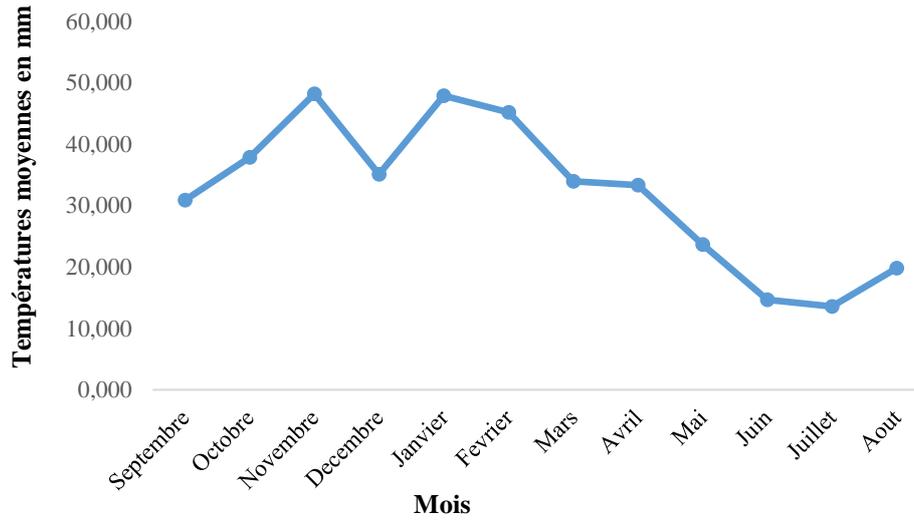


Figure 20. Températures moyennes mensuelles de la localité de Skikda (2009-2019)

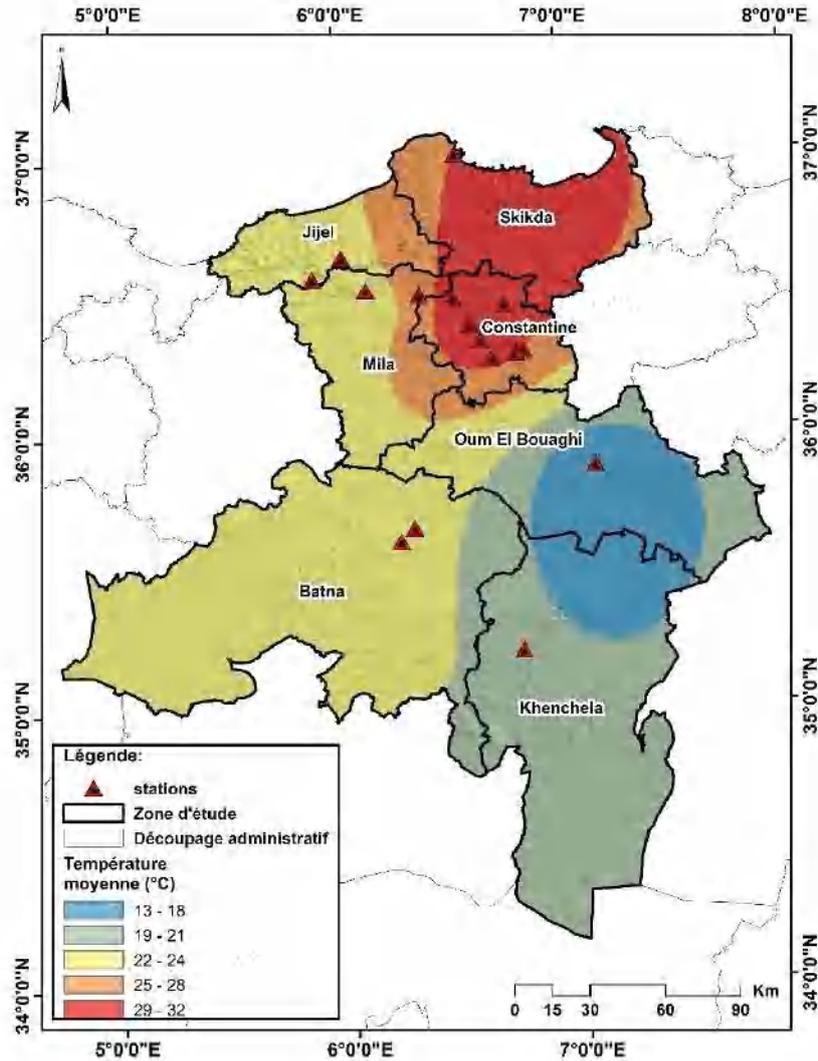


Figure 21. Carte des températures moyennes de la région d'étude (originale)

4.2 Précipitations

Les précipitations constituent le facteur primordial dans le comportement des espèces animales. Selon (Côte, 1974 ; Kadik, 1987) la pluviométrie varie en fonction de l'altitude, de l'orientation des chaînes de montagnes et de l'exposition. La hauteur pluviométrique est donc déterminée par direction des axes montagneux par rapport à la mer et aux vents.

Les précipitations influencent la flore, particulièrement le développement des espèces végétales qui ont pour fonction de servir de nourriture, d'abri et de perchoir aux Orthoptères, et la faune, notamment l'évolution du cycle de vie des Acridiens (Benmadani, 2017).

Les précipitation moyennes mensuelles (mm) de la région d'étude entre 2009 et 2019 sont indiquées dans les tableaux (13 à 19) et les figures (22 à 29).

Tableau 13. Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la localité de Constantine (2009-2019).

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Aout
P (mm)	50,6	52,4	65,4	49	80,6	62,2	57,2	64,6	43,9	16,2	6,3	21,5

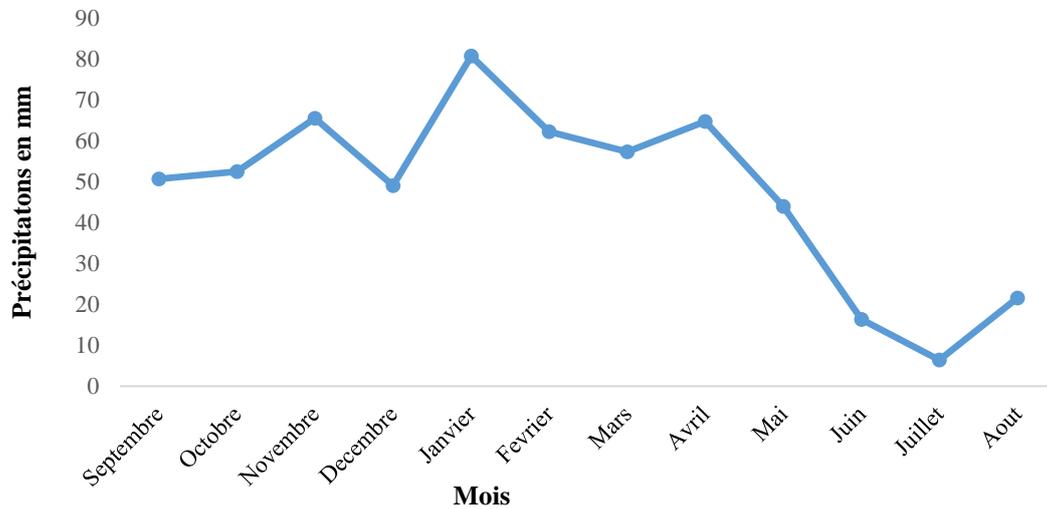


Figure 22. Précipitations mensuelles moyennes de la localité de Constantine (2009-2019)

Tableau 14. Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la localité de Batna (2009-2019).

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Aout
P (mm)	41,5	40,4	41	33,7	54,4	46,4	48,4	50,2	37,8	21,4	7,1	22,2

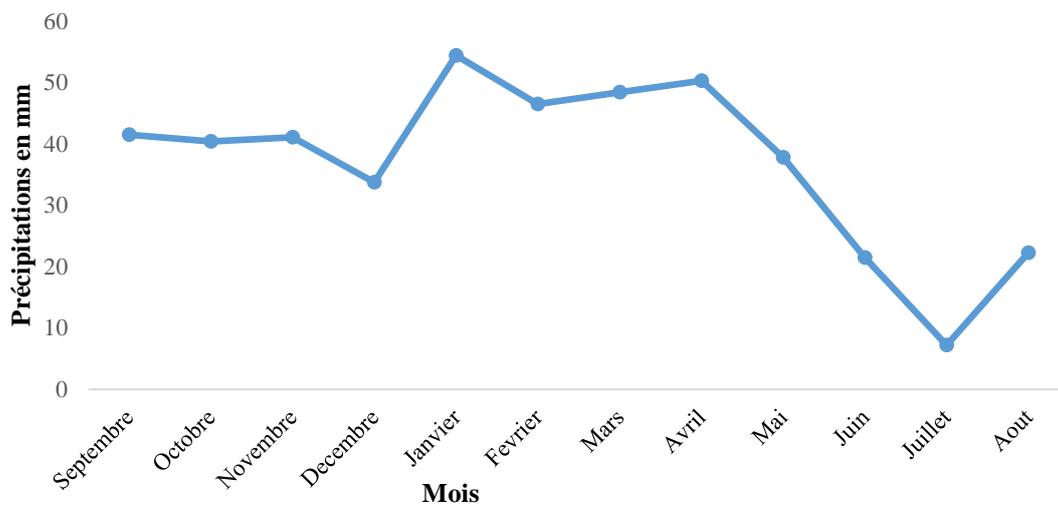


Figure 23. Les précipitations mensuelles moyennes de la localité de Batna (2009-2019)

Tableau 15. Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la localité de Khenchela (2009-2019).

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Aout
P (mm)	36,6	32,2	25,2	23,6	36,8	26,8	36,8	35,5	27,8	18,6	7,3	19

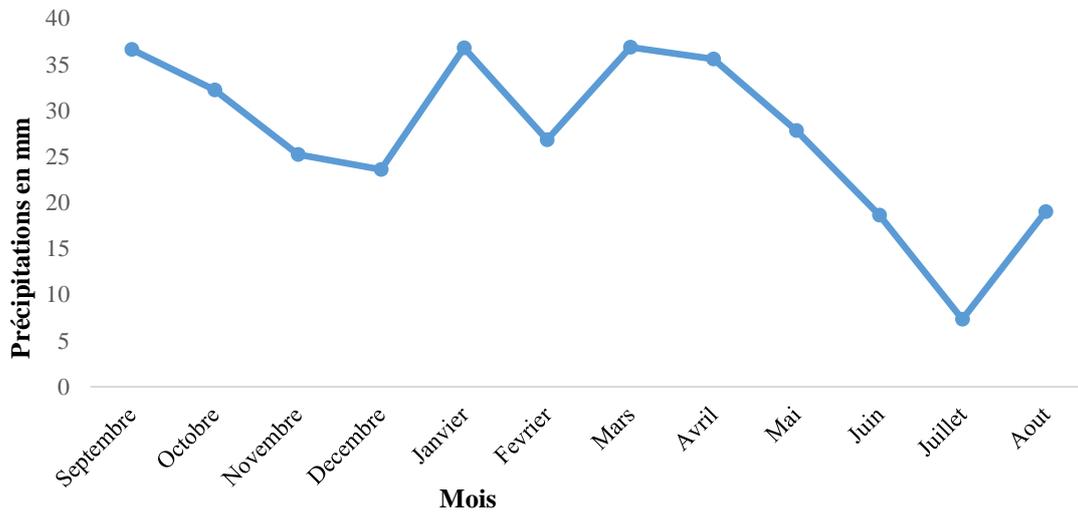


Figure 24. Les précipitations mensuelles moyennes de la localité de Khenchela (2009-2019)

Tableau 16. Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la localité de Mila (2009-2019).

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Aout
P (mm)	42,9	49,3	60,6	46,8	73,3	64,8	56,7	55,3	39,3	16,8	6,1	19,1

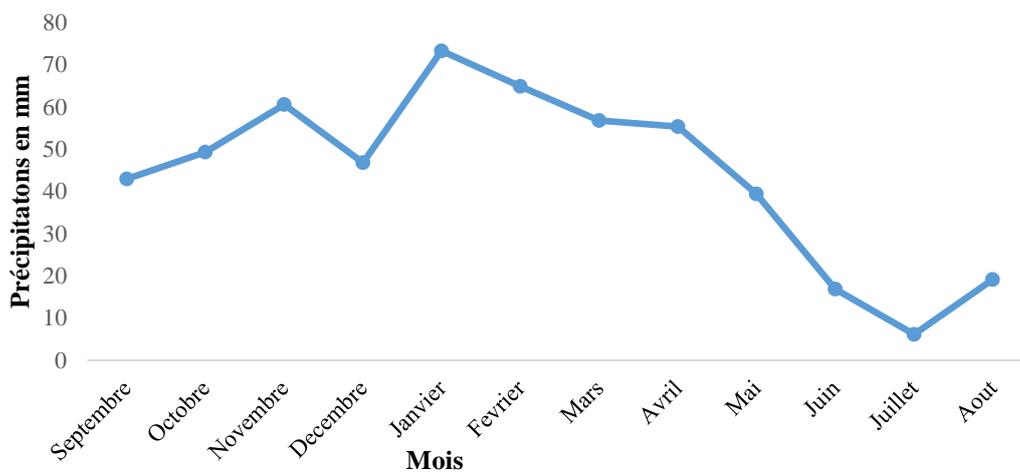


Figure 25. Précipitations moyennes mensuelles de la localité de Mila (2009-2019)

Tableau 17. Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la localité d'Oum El Bouaghi (2009-2019).

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Aout
P (mm)	36,6	26,2	32,1	37,3	34,7	25,6	33,6	36,6	42,2	17,1	10	22,7

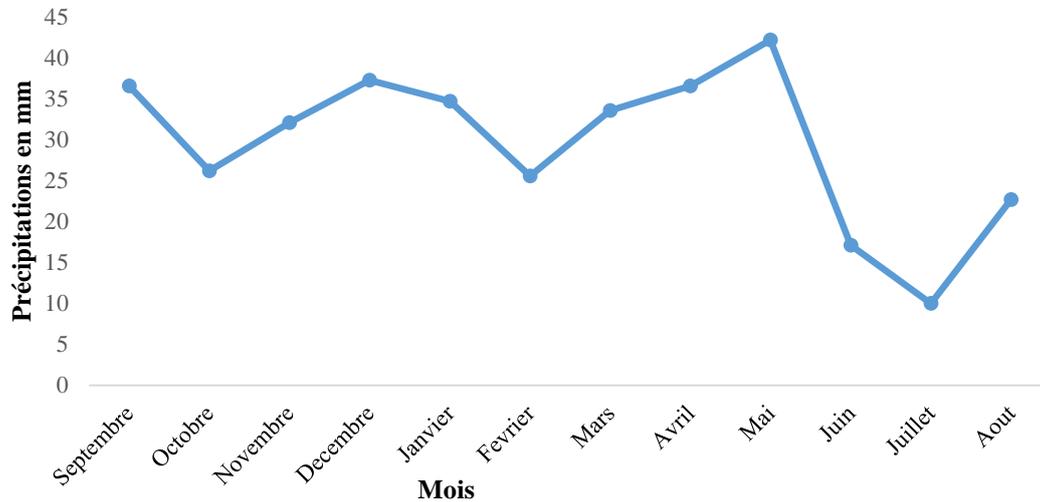


Figure 26. Précipitations mensuelles moyennes de la localité de Oum El Bouaghi (2009-2019)

Tableau 18. Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la localité de Jijel (2009-2019).

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Aout
P (mm)	41	55	76,1	58,4	87,3	77,3	58,8	52,1	40,6	15,2	5	14,8

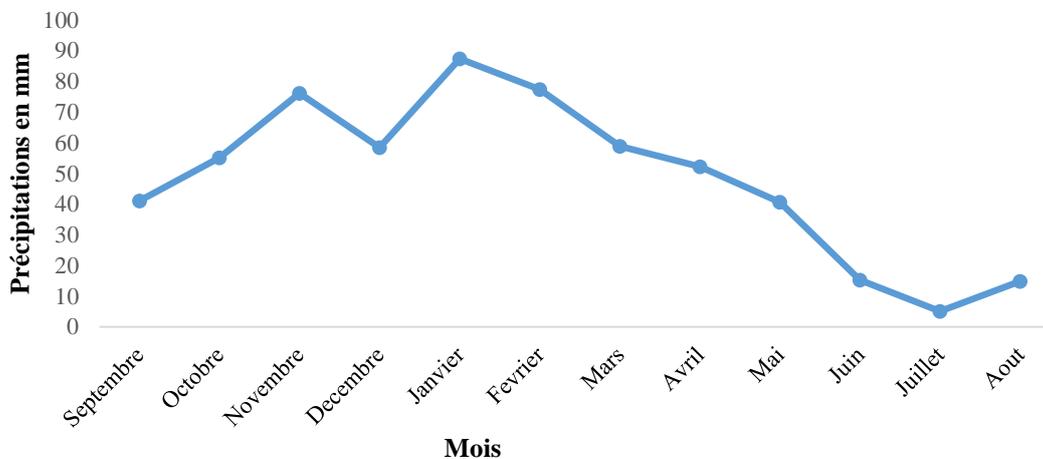


Figure 27. Précipitations mensuelles moyennes de la localité de Jijel (2009-2019)

Tableau 19. Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la localité de Skikda (2009-2019).

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Aout
P (mm)	42	59,2	84,5	61,4	88,2	83,4	59,3	55,7	33,5	11,3	5,5	17,4

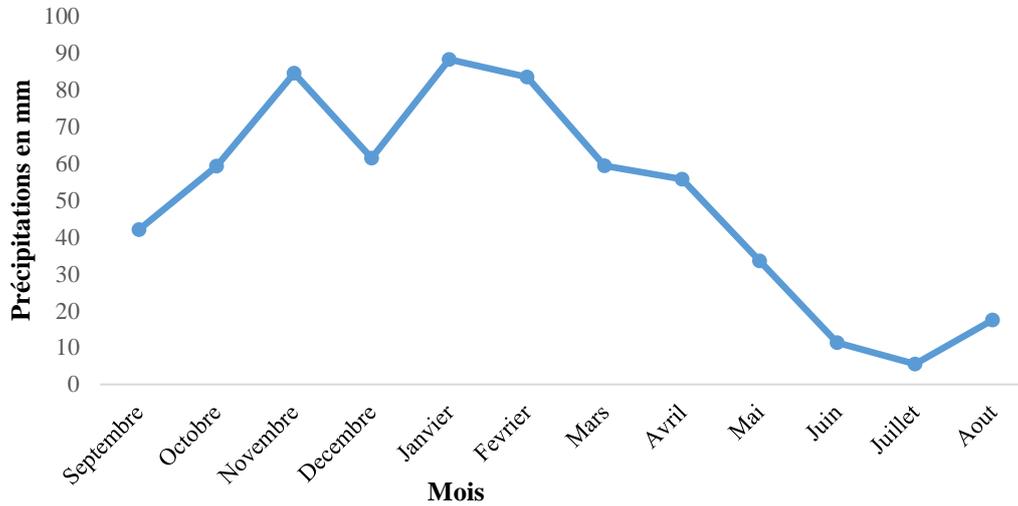


Figure 28. Précipitations mensuelles moyennes de la localité de Skikda (2009-2019)

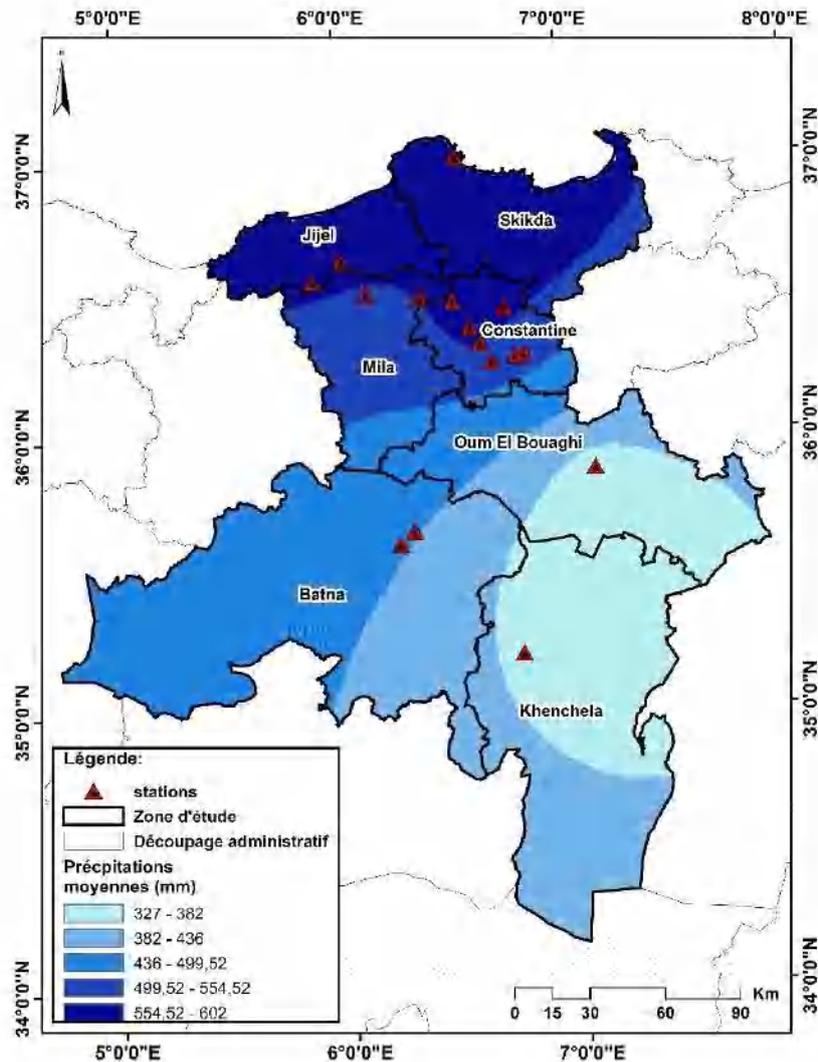


Figure 29. Carte des précipitations de la région d'étude (originale)

4.3 Climagramme d'Emberger

On distingue cinq étages bioclimatiques en Algérie : saharien, aride, semi-aride, subhumide et humide. Pour déterminer le stade bioclimatique d'une région, il est nécessaire de calculer le quotient pluviométrique d'Emberger Q_2 . La valeur du quotient pluviométrique de Stewart (1969) est calculée par la formule suivante :

$$Q_2 = 3,43 \times P / (M-m)$$

Où :

Q_2 : quotient pluviométrique d'Emberger.

M : la moyenne des maxima des températures du mois le plus chaud de l'année exprimée en degré Celsius ($^{\circ}C$).

m : la moyenne des minima des températures du mois le plus froid de l'année exprimée en degré Celsius ($^{\circ}C$).

P : Somme des précipitations annuelles exprimées en mm.

Chapitre II. Présentation de la région d'étude

Les données climatiques sur une période de 10 ans révèlent que la région d'étude appartient à deux étages bioclimatiques : humide et semi-aride. En effet, les deux wilayas Jijel et Skikda se situent à l'étage bioclimatique humide, les wilayas Constantine, Mila, Oum El Bouaghi, Batna et Khenchela se situent à l'étage bioclimatique semi-aride (figure 30).

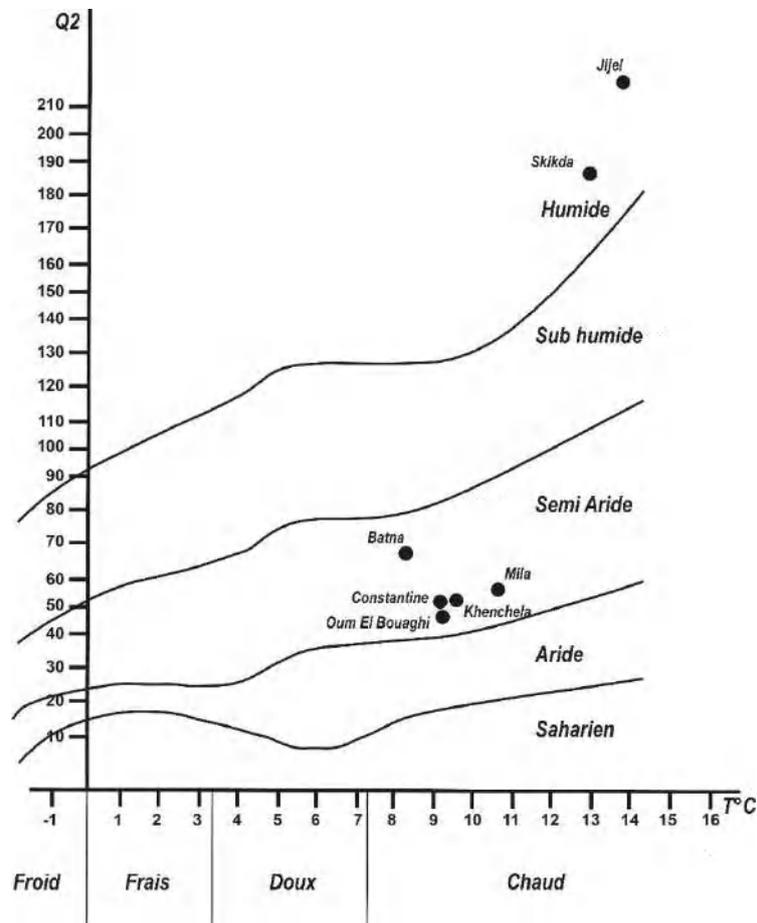


Figure 30. Position des localités d'étude dans le climagramme d'Emberger

Chapitre 999. Matériel et Méthodes

Chapitre III. Matériel et méthodes

1. Choix des stations échantillonnées

Le choix des stations a été effectué suite à certains critères : l'altitude de la région, l'étage bioclimatique et le couvert végétal qui jouent un rôle dans la répartition des orthoptères.

2. Présentation des stations échantillonnées

Cette étude a été menée entre 2018 et 2020 au niveau de 16 stations de l'Est algérien : Ain Nahass, Ibn Badis, Campus universitaire, El Baâraouia, Hamma Bouziane et Beni Hamidene à Constantine ; Grarem Gouga et Terrai Baynen à Mila ; El Djiza et El Akbia à Jijel, Fesdis et Djerma à Batna ; Oum El Bouaghi ; Collo à Skikda et El Hamma à Khenchela (figure 31) (tableau 20).

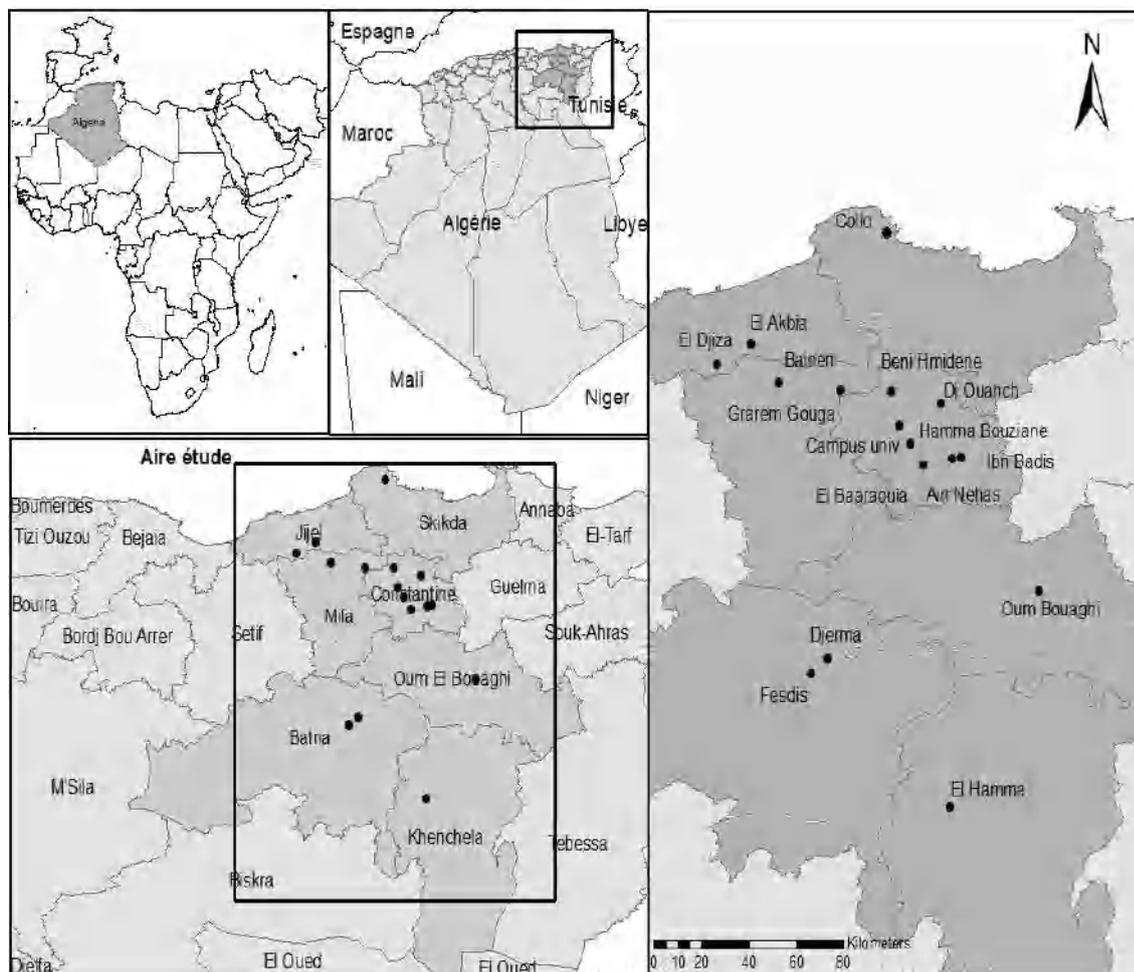


Figure31. Présentation des stations d'étude dans l'Est algérien (originale)

Tableau 20. Caractéristiques des stations prospectées

Régions	Stations	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Nature de la station
Constantine	Ain Nahass	36°17'27''N	6°46'47''E	830	Milieu naturel avec des plantes spontanées
	Ibn Badis	36°17'52''N	6°48'56''E	751	Milieu naturel avec des plantes spontanées
	Djebel El Ouahch	36°27'59''N	6°44'13'' E	994	Forêt
	Campus Universitaire	36°20'19''N	6°37'27''E	580	Milieu naturel avec des plantes spontanées
	El Baâraouia	36°16'20''N	6°40'20''E	640	Cultivé (blé)
	Hamma Bouziane	36°23'49''N	6°34'47''E	406	Cultivé (cultures maraîchères)
	Beni Hamidene	36°30'20''N	6°32'59''E	450	Milieu naturel avec des plantes spontanées
Mila	Grarem Gouga	36°30'26''N	6°21'32''E	770	Forêt
	Terrai Baynen	36°31'51''N	6°07'20''E	1200	Milieu naturel avec des plantes spontanées
Jijel	El Djiza	36°35'26'' N	5°53'17''E	600	Milieu naturel avec des plantes spontanées
	El Akbia	36°39'01''N	6°01'03''E	201	Milieu naturel avec des plantes spontanées
Batna	Djerma	35°39'48''N	6°18'26''E	886	Montagne : Maquis dégradé (steppe)
	Fesdis	35°37'03''N	6°14'49''E	926	Montagne : Maquis dégradé (steppe)
Oum El Bouaghi	Oum El Bouaghi	35°52'39''N	7°6'49''E	891	Cultivé
Skikda	Collo	37°00'50''N	6°32'11''E	26	Parcelle laissée en friche portant plusieurs espèces de plantes spontanée
Khenchela	El Hamma	35°12'42''N	6°46'13 ''E	1049	Vergers avec des plantes spontanées

Chapitre III. Matériel et méthodes

3. Méthodologie de travail

3.1 Echantillonnage

L'échantillonnage a pour objectif de réaliser un inventaire de la faune orthoptérique et d'estimer la structure et les caractéristiques de sa population dans un type d'habitat donné.

Les prospections ont été effectuées dans différents biotopes, elles ont débuté en Février 2018 pour s'achever en Novembre 2020. Elles ont été accomplies à des fréquences régulières dans certaines stations et irrégulières dans d'autres. Trois méthodes d'échantillonnage ont été choisies : la collecte à la main, au filet fauchoir et par piégeage.

3.1.1 Collecte à la main

La collecte à main consiste à prélever les individus à la main et les mettre dans des tubes en plastiques. Elle permet de calculer la densité d'une espèce.

3.1.2 Filet fauchoir

Le filet fauchoir a été utilisé pour la capture des individus véloces, il s'agit de faucher la strate herbacée par un mouvement de va-et-vient. Cette méthode permet de récolter les insectes inaperçus qui se posent sur la végétation.

3.1.3 Pièges au sol

Le piégeage a été utilisé pour but de capturer les orthoptères nocturnes. Le pot est rempli au 1/3 d'un liquide attractif (vinaigre), additionné de détergent.

3.2 Techniques utilisées au laboratoire

3.2.1 Préparation des boîtes de collection

Pour organiser une collection d'insectes, il faut suivre un protocole, des méthodes et du matériel bien particulier.

Il y a de multiples méthodes pour tuer les insectes. La technique de la congélation est la plus commune pour les orthoptères.

Les échantillons sont mis au congélateur à -17°C plusieurs heures (Benkenana, 2013). Une fois morts, ils sont étalés en rendant les parties du corps (antennes, ailes, pattes) visibles pour permettre l'observation des critères morphologiques et faciliter l'identification. Ils sont ensuite épinglés transversalement dans le thorax et piqués sur des blocs en polystyrène. Puis, Ils sont séchés dans un endroit sec naturellement ou dans une étuve. Les étiquettes sont épinglées sous les spécimens en mentionnant le lieu de la récolte, la date et le nom du collecteur. Enfin, Ils sont conservés dans des boîtes de collection.

Chapitre III. Matériel et méthodes

3.2.2 Identification

Selon Dierl et Ring (1992), les insectes comme d'autres organismes vivants (animaux et végétaux) sont classés dans différentes unités systématiques. La clé se compose d'une série de propositions auxquelles il faut répondre par l'affirmative ou la négative pour trouver le nom de l'insecte inconnu.

L'identification des orthoptères a été effectuée jusqu'au rang taxonomique de l'espèce à l'aide d'une loupe binoculaire et des travaux de : Chopard (1943), Launois (1978), Massa *et al.* (2012), Louveaux *et al.* (2021) et Eades *et al.* (2021).

Il est à noter que seuls les insectes au stade adulte sont identifiables au niveau de l'espèce. Parfois, la détermination est réalisée sur l'un des sexes, notamment le genre *Pamphagus* qui nécessite une dissection du génitalia mâle pour être identifié (Benkenana, 2013).

3.2.3 Etude morphométrique

Pour l'analyse morphométrique, les paramètres à mesurer sont les suivants : la taille de la tête, du thorax, de l'abdomen, des tegmina, du fémur postérieur ainsi que la taille de l'oviscapte. Ces mesures ont été effectuées à l'aide d'un papier millimétré.

3.2.4 Etude du régime alimentaire

Dans le cadre de l'étude du régime alimentaire, la technique employée est celle de l'examen du contenu des fèces, en comparant les fragments d'épiderme des plantes consommées par l'insecte à ceux d'une collection de référence préparée à partir des espèces végétales présentes dans les sites d'étude.

Le choix s'est porté sur deux espèces différentes dont le régime alimentaire demeure inconnu. Il s'agit de : *Paratettix meridionalis* (Rambur, 1838) et *Praehippiger pachygaster* (Lucas, 1849).

a. Préparation des épidermothèques de référence

Les lames de référence sont préparées à partir des parties aériennes des plantes (tiges, feuilles, fleurs) selon une technique classique qui consiste à mettre le végétal dans l'eau s'il est à l'état sec pendant 24h, ensuite avec une lame, les épidermes sont grattés et détachés des tissus sous-jacents. Puis ils sont trempés dans l'eau de javel à 12%, après un rinçage dans l'eau distillé, ils sont soumis à des bains d'alcool à concentration progressives (70, 80 et 96 %). Enfin, ils sont préservés entre lame et lamelle dans du baume de Canada. Les lames sont placées sur une plaque chauffante jusqu'à ébullition pour éviter la formation des bulles d'air (Launois-Luong, 1975).

Chapitre III. Matériel et méthodes

b. Analyse des fèces

Les fèces sont récupérées après 24h de la capture. Selon Launois-Luong, la technique d'analyse des fèces consiste à mollifier les échantillons pendant 24h dans l'eau. Ensuite, les fragments d'épiderme sont homogénéisés durant quelques secondes à une minute, dans l'hypochlorite de sodium, subissant ainsi une décoloration sans destruction apparente des épidermes. La suite des opérations est identique à celle utilisée pour les épidermes végétaux (Launois-Luong, 1975).

3.2.5 Répartition géographique

Afin de compléter les cartes de répartition des espèces, une révision de toutes les boîtes de collection de la faune orthoptérique, depuis l'année 1998 jusqu'à 2018 a été faite au niveau du laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes au sein de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université frères Mentouri Constantine 1.

4. Méthodes d'exploitation des résultats

Pour être en mesure de maîtriser les orthoptères, il est requis d'avoir une excellente connaissance de la biologie et l'écologie des orthoptères.

L'exploitation des données recueillies a été entreprise de trois façons, la première est de nature écologique et fait appel aux indices de composition et de structure des peuplements. La seconde est bioclimatique, et vise à réaliser un bioclimagramme des espèces. Quant à la troisième, elle est statistique, réalisée à l'aide de deux logiciels d'analyse des données : PAST 2.17 (Hammer *et al.*, 2001), le logiciel XL STAT version Pro. 7.1.

4.1 Analyses écologiques

4.1.1 Richesse spécifique

Elle représente un des paramètres fondamentaux qui caractérisent un peuplement. Il est distingué une richesse totale et une richesse moyenne (Ramade, 1984 ; Blondel, 1979).

4.1.1.1 La richesse totale

La richesse totale d'un peuplement dans un milieu correspond au nombre de toutes les espèces observées au cours de N relevés. Ramade (1984) avance que la richesse totale d'une biocénose correspond à la totalité des espèces recensées. Dans le cadre du présent travail, la richesse correspond à l'ensemble des espèces d'Orthoptères, chacune comptée une fois.

4.1.1.2 La richesse moyenne

D'après Ramade (1984), la richesse moyenne correspond au nombre moyen des espèces présentes dans un échantillon du biotope dont la surface a été fixée arbitrairement. Au sein de la présente étude, c'est la moyenne des richesses totales notées dans tous les relevés.

Chapitre III. Matériel et méthodes

4.1.2 Fréquence relative

Dajoz (1971) écrit que la fréquence relative est le pourcentage d'individus d'une espèce donnée par rapport au total des individus de toutes les espèces confondues. Elle peut être calculée pour un prélèvement ou pour l'un des prélèvements d'une biocénose.

$$AR\% = (ni \times 100) / N$$

AR% : est l'abondance relative.

ni : est le nombre total des individus de l'espèce prise en considération.

N : est le nombre total des individus de toutes les espèces présentes confondues.

4.1.3 Constance et statut écologique des espèces inventoriées

D'après Dajoz (1985), la constance d'une espèce est le rapport exprimé en pourcentage, du nombre de prélèvements où cette espèce est notée au nombre total de prélèvements effectués.

La formule proposée par Faurie *et al.* (2003) est définie comme suit :

$$C \% = (P_i \times 100) / P$$

Où :

C : Constance

P_i : Nombre de prélèvements contenant l'espèce effectués

P : Nombre total de prélèvements effectués

Les espèces omniprésentes : $C\% = 100 \%$ Les espèces constantes : $75\% \leq C\% < 100 \%$

Les espèces régulières : $50\% \leq C < 75 \%$ Les espèces accessoires : $25\% \leq C < 50 \%$

Les espèces accidentelles : $C < 25 \%$

4.1.4 Indices de diversité

4.1.4.1 Indice de Shannon H'

L'indice de Shannon (H') a été calculé en cumulant l'échantillonnage passif (par piège) et actif (chasse à vue). Cet indice permet de calculer une probabilité de densité associée à l'abondance relative des espèces (Fath et Cabezas, 2004), selon la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i \times \log_2 P_i)$$

Où :

P_i représente le nombre d'individus de l'espèce *i* par rapport au nombre total d'individus recensés (N).

S : nombre d'espèces contenues dans l'échantillon.

Chapitre III. Matériel et méthodes

Cet indice renseigne sur la diversité des espèces d'un milieu étudié. Lorsque tous les individus appartiennent à la même espèce, l'indice de diversité est égal à 0 bits. Cet indice est indépendant de la taille de l'échantillon et tient compte de la distribution du nombre d'individus par espèce (Dajoz, 1975).

4.1.4.2 Indice de Simpson

L'indice de Simpson mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce :

$$D = \sum ni (ni-1) / N (N-1)$$

Où :

Ni : nombre d'individus de l'espèce donnée.

N : nombre total d'individus.

On peut préférer l'indice de diversité de Simpson représenté par 1-D, le maximum de diversité étant représenté par la valeur 1, et le minimum de diversité par la valeur 0 (Schlaepfer et Bütler, 2004).

4.1.4.3 Indice de richesse de Margalef

L'indice de Margalef est une mesure utilisée en écologie pour estimer la richesse d'une communauté basée sur la distribution numérique des individus des différentes espèces en fonction du nombre d'individus dans l'échantillon analysé. Il est calculé d'après la formule suivante :

$$I = (s-1) / \ln N$$

Où :

s : est le nombre d'espèces présentes, et **N** est le nombre total des individus trouvés (appartenant à toutes les espèces).

Les valeurs inférieures à 2,0 sont considérées comme rattachées aux zones de basse biodiversité et les valeurs supérieures à 6,0 sont considérées comme indicateurs de grande biodiversité.

Chapitre III. Matériel et méthodes

4.1.4.4 Dominance

La valeur de l'indice de dominance D varie de 0 (tous les taxons sont également présents) à 1 (un taxon domine complètement la communauté). Il peut être calculé suivant la formule :

$$\text{Dominance} = 1 - \text{Indice de Simpson.}$$

4.1.5 Coefficient de similitude de Sørensen

Cet indice permet de dégager le degré de similitude ou ressemblance dans la composition entre deux communautés. Plus la valeur de I_s tend vers 1 plus les communautés ont une composition en espèces similaires.

$$S = 2c / (a + b)$$

Où :

a : Nombre d'espèces présents uniquement dans le biotope A

b : Nombre d'espèces présents uniquement dans le biotope B

c : Nombre d'espèces communes aux deux biotopes A et B

Ce rapport peut varier de 0 (aucune similarité) à 100 (similarité totale).

4.2 Analyse bioclimatique

A travers cette étude, on mettra en évidence les relations entre les caractéristiques des étages bioclimatiques et la diversité de la faune orthoptérique de l'Est algérien.

Sauvage (1963) désigne le coefficient pluviothermique comme un indicateur d'aridité complété par la prise en compte de l'amplitude thermique annuelle. Le climagramme d'Emberger permet de définir le stade bioclimatique d'une station donnée et de déterminer les conditions climatiques auxquelles sont confrontés les organismes terrestres méditerranéens. Il est calculé à partir de la formule : $Q_2 = 3,43 (P / M - m)$ (Stewart, 1969), tout en tenant compte des moyennes minimales (m , en °C), des moyennes maximales (M , en °C), des précipitations annuelles (P en mm) et du Q_2 .

Le paramètre Q_2 de chaque station d'étude est obtenu en utilisant les données de la ville la plus proche, la température baisse de 0,6°C, et les précipitations annuelles augmentent de 50 mm pour une altitude de 100 m (Seltzer, 1946).

4.3 Analyses statistiques

4.3.1 Coefficient de corrélation de Pearson

Le coefficient de corrélation mesure le degré de la relation linéaire entre deux variables. Il suppose une valeur située entre -1 et +1. Si une variable tend à augmenter alors que l'autre diminue, le coefficient de corrélation est négatif. A l'inverse, si les deux variables tendent à

Chapitre III. Matériel et méthodes

augmenter, le coefficient de corrélation est positif. Selon Kirch (2008) la formule est définie comme suit :

$$r = \frac{\Sigma[(xi-\bar{x})(yi-\bar{y})]}{\sqrt{(\Sigma(xi-\bar{x})^2 * \Sigma(yi-\bar{y})^2)}}$$

4.3.2 Analyse de similarité (ANOSIM)

Les similarités entre les stations d'étude ont été testées par une ANOSIM (analysis of similarity) basée sur l'indice de Bray-Curtis (Clarke et Warwick, 2001). Ce test est non paramétrique. Toutefois, les valeurs p y sont calculées par permutation, ce qui évite de postuler la forme de la distribution statistique à utiliser pour accepter ou rejeter l'hypothèse nulle.

4.3.3 Analyse en composantes principales (ACP)

Une analyse en composantes principales (ACP) a été effectuée pour expliquer la disponibilité des orthoptères dans les stations étudiées sous l'influence de la saisonnalité. Cette méthode permet d'explorer des ensembles de données multidimensionnels composés de variables quantitatives.

Chapitre IV. Résultats

Chapitre IV. Résultats

1. Analyse faunistique

1.1 Composition de la faune orthoptérique dans les différentes stations prospectées

Au cours des trois années (2018, 2019 et 2020) d'échantillonnage, sur un total de 3610 d'individus, 51 espèces ont été répertoriées appartenant à deux (2) sous-ordres, sept (7) familles et 17 sous-familles. Le sous-ordre Caelifera est très diversifié. Il comprend 43 espèces qui appartiennent à 13 sous-familles et quatre (4) familles. Quant au sous-ordre Ensifera, représenté par deux familles (Tettigoniidae et Gryllidae), quatre (4) sous-familles et huit (8) espèces. La liste des orthoptères inventoriés est représentée dans le tableau 21.

Tableau 21. Espèces recensées dans les stations prospectées

Sous-ordres	Familles	Sous-familles	Espèces
Caelifera	Acrididae	Acridinae	<i>Truxalis nasuta</i> (Linnaeus, 1758)
		Calliptaminae	<i>Calliptamus barbarus barbarus</i> (Costa, 1836)
			<i>Calliptamus wattenwylanus</i> (Pantel, 1896)
		Cyrtacanthacridinae	<i>Anacridium aegyptium</i> (Linné, 1764)
		Eyprepocnemidinae	<i>Eyprepocnemis plorans plorans</i> (Charpentier, 1825)
			<i>Heteracris adsepersa adspersa</i> (Redtenbacher, 1889)
		Gomphocerinae	<i>Heteracris harterti</i> (Bolivar, 1913)
			<i>Dociostaurus maroccanus</i> (Thunberg, 1815)
		Oedipodinae	<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i> Soltani, 1978
			<i>Chorthippus sp</i> Fieber, 1852
			<i>Ochrilidia filicornis filicornis</i> (Krauss, 1902)
			<i>Ochrilidia geniculata</i> (Bolivar, 1913)
			<i>Omocestus lucasii</i> (Brisout de Barneville, 1850)
<i>Omocestus africanus</i> Harz, 1970			
<i>Acrotylus insubricus insubricus</i> (Scopoli, 1786)			
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i> (Herrich-Schäffer, 1838)			
<i>Aiolopus puissantii</i> Defaut, 2005			
<i>Aiolopus strepens</i> (Latreille, 1804)			
<i>Locusta migratoria cinerascens</i> (Fabricius, 1781)			
<i>Oedaleus decorus</i> (Germar, 1826)			
<i>Oedipoda caeruleascens sulfurescens</i> Saussure, 1884			
<i>Oedipoda fuscocincta fuscocincta</i> Lucas, 1849			
<i>Oedipoda miniata mauritanica</i> Lucas, 1849			
<i>Sphingonotus azurescens</i> (Rambur, 1838)			
<i>Sphingonotus caerulans</i> Chapman, 1938			
<i>Thalpomena algeriana</i> (Lucas, 1849)			
Pezotettiginae	<i>Pezotettix giornae</i> (Rossi, 1794)		
Tropidopolinae	<i>Tropidopola cylindrica cylindrica</i> (Marschall, 1836)		
Dericorythidae	Dericorythinae	<i>Dericorys millierei</i> Bonnet & Finot, 1884	
Pamphagidae	Pamphaginae	<i>Acinipe calabra</i> (Costa, 1836)	
		<i>Ocneridia nigropunctata</i> (Lucas, 1849)	
		<i>Ocneridia microptera</i> (Brisout de Barneville, 1850)	
		<i>Ocneridia volxemii</i> (Bolivar, 1878)	
		<i>Pamphagus auresianus</i> Massa, 1992	
		<i>Pamphagus batnensis</i> Benkenana & Petit, 2012	
		<i>Pamphagus cristatus</i> Descamps & Mounassif, 1972	
<i>Pamphagus djelfensis</i> Vosseler, 1902			
<i>Pamphagus elephas</i> (Linnaeus, 1758)			

		Thrinchinae	<i>Pamphagus milevitanus</i> Benkenana & Massa, 2017
	Pyrgomorphidae	Pyrgomorphinae	<i>Tmethis cisti</i> (Fabricius, 1787)
			<i>Pygromorpha conica</i> (Olivier, 1791)
	Tetrigidae	Tetriginae	<i>Pygromorpha agarena agarena</i> Bolivar, 1894
			<i>Paratettix meridionalis</i> (Rambur, 1838)
Ensifera	Gryllidae	Gryllinae	<i>Eumodicogryllus bordigalensis</i> (Latreille, 1804)
			<i>Gryllus bimaculatus</i> De Geer, 1773
			<i>Sciobia algerica</i> (Gogorza, 1881)
	Tettigoniidae	Phaneropterinae	<i>Odontura algerica</i> Brunner von Wattenwyl, 1878
		Bradyporinae	<i>Praehippiger pachygaster</i> (Lucas, 1849)
		Tettigoniinae	<i>Decticus albifrons</i> (Fabricius, 1775)
			<i>Platycleis</i> sp Fieber, 1853
			<i>Tessellana tessellata</i> (Charpentier, 1825)
Total	7	17	51

C'est la famille Acrididae qui marque une nette prédominance, elle représente 55% des espèces identifiées, comprenant 28 espèces, elle regroupe huit sous-familles, à savoir : les Acridinae, les Calliptaminae, les Cyrtacanthacridinae, les Eypreopcnemidinae, les Gomphocerinae, les Oedipodinae, les Pezotettiginae et les Tropidopolinae.

Elle est suivie de la famille Pamphagidae comprenant 11 espèces et représentant 21%. Les Tettigoniidae occupent une place de 10%, puis vient la famille des Gryllidae avec 6%. Les Pyrgomorphidae représentent 4%. Les deux familles Tetrigidae et Dericorythidae sont faiblement représentées avec 2% comprenant une seule espèce (figure 32).

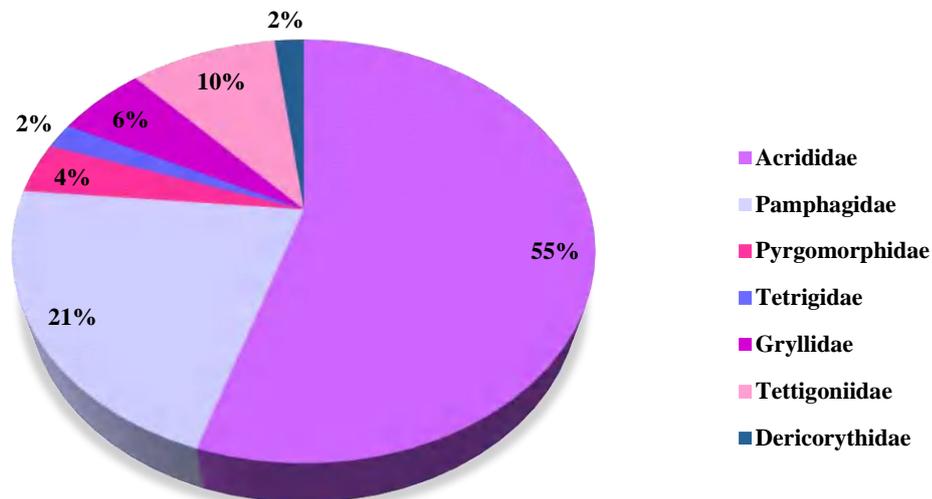


Figure 32. Diversité des familles d'orthoptères dans la région d'étude Est algérien (Exprimée en %)

Du point de vue de la diversité, la sous-familles Oedipodinae s'est montrée quantitativement la plus abondante. En effet, elle correspond à 24% du total de cette faune dans les sites d'étude, elle est représentée par 12 espèces. Elle est suivie des sous-familles : Pamphaginae (20%), Gomphocerinae (14%), Gryllinae, Eyprepocnemidinae et Tettigoniinae (6%). Les sous-familles : Calliptaminae, Pyrgomorphae représentent 4%. Les sous-familles qui restent ; Acridinae, Thrinchinae, Cyrtacanthacridinae, Dericorythinae, Pezotettiginae, Tropicopolinae, Tetrigidae, Bradyporinae et Phaneropterinae représentent seulement 2% du peuplement étudié (figure 33).

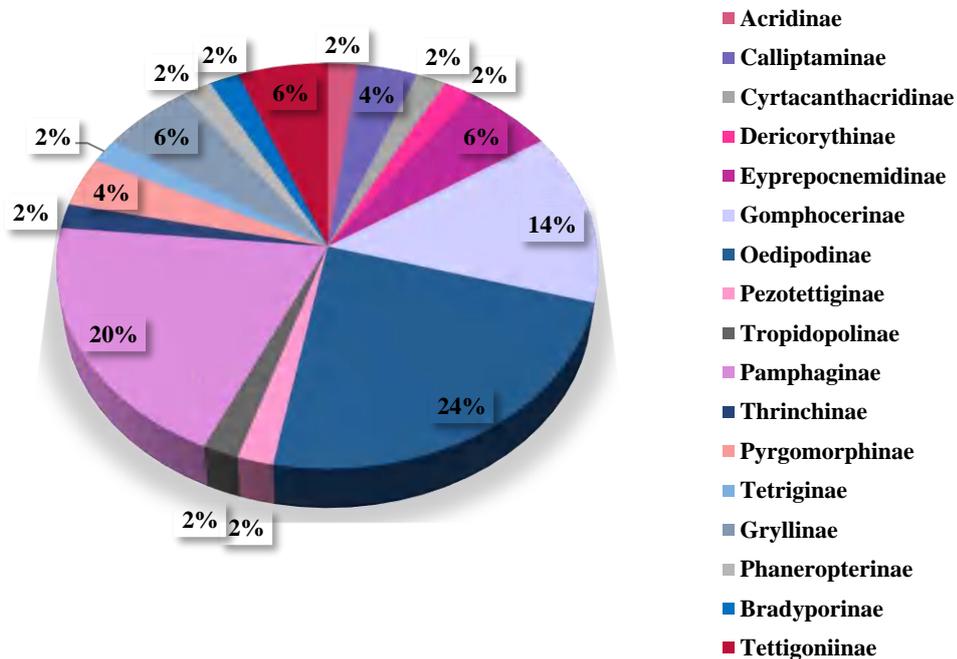


Figure 33. Diversité des sous-familles d'orthoptères dans la région d'étude Est algérien (Exprimée en %)

1.2 Répartition des espèces entre les stations prospectées

Il semble apparaître que certaines stations sont plus diversifiées en espèces d'orthoptères que d'autres (tableau 22).

Tableau 22. Distribution des espèces entre les stations prospectées

Espèces	Code	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
<i>Ocneridia nigropunctata</i>	Ocni	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+
<i>Ocneridia microptera</i>	Ocmi	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Ocneridia volxemii</i>	Ocvo	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Acinipe calabra</i>	Acca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-
<i>Tmethis cisti</i>	Tmci	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+
<i>Pamphagus elephas</i>	Pael	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-
<i>Pamphagus djelfensis</i>	Padj	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+
<i>Pamphagus auresianus</i>	Paau	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+
<i>Pamphagus batmensis</i>	Paba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+
<i>Pamphagus milevitanus</i>	Pami	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pamphagus cristatus</i>	Pacr	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Calliptamus barbarus barbarus</i>	Caba	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-
<i>Calliptamus wattenwylanus</i>	Cawa	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+	+	-	+	-
<i>Locusta migratoria cinerascens</i>	Lomi	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oedipoda fuscocincta fuscocincta</i>	Oefu	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	-
<i>Oedipoda caerulea sulfurescens</i>	Oeca	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oedipoda miniata mauritanica</i>	Oemi	+	-	+	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-
<i>Aiolopus strepens</i>	Aist	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-
<i>Aiolopus puissanti</i>	Aipu	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-
<i>Acrotylus insubricus insubricus</i>	Acin	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	Acpa	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+
<i>Thalpomena algeriana</i>	Thal	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Sphingonotus azureus</i>	Spaz	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Truxalis nasuta</i>	Trna	+	+	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	-	+
<i>Anacridium aegyptium</i>	Anae	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-
<i>Doclostaurus maroccanus</i>	Doma	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-
<i>Doclostaurus jagoi jagoi</i>	Doja	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-
<i>Chorthippus sp</i>	Chsp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Ochrilidia filicornis filicornis</i>	Ocfi	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ochrilidia geniculata</i>	Ocge	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Omocestus lucasii</i>	Omlu	+	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Omocestus africanus</i>	Omaf	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Eyprepocnemis plorans plorans</i>	Eypl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-
<i>Heteracris adsepersa adsepersa</i>	Head	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Heteracris harterti</i>	Heha	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Pezotettix giornae</i>	Pegi	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-
<i>Pygromorpha conica</i>	Pyco	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Tropidopola cylindrica cylindrica</i>	Trey	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paratettix meridionalis</i>	Pame	-	-	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-
<i>Decticus albifrons</i>	Deal	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-

<i>Praehippiger</i>	<i>Prpa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+
<i>Platycleis</i>	<i>Plsp</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tessellana</i>	<i>Tete</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Odontura</i>	<i>Odal</i>	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Gryllus</i>	<i>Grbi</i>	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eumodicogryllus</i>	<i>Eubo</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sciobia</i>	<i>Scam</i>	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pyrgomorpha</i>	<i>Pyaga</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+
<i>Oedaleus</i>	<i>Oede</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+
<i>Sphingonotus</i>	<i>Spca</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Dericorys</i>	<i>Demi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Total= 51		22	19	18	13	10	14	13	25	11	10	13	24	27	19	10	11

S1 : Ain Nahass, **S2** : Ibn Badis, **S3** : Djebel El Ouahch, **S4** : Campus Universitaire, **S5** : El Baâraouia, **S6** : Hamma Bouziane et **S7** : Beni Hamidene, **S8** : Grarem Gouga, **S9** : Terrai Baynen, **S10** : El Djiza, **S11** : El Akbia, **S12** : Djerma, **S13** : Fesdis, **S14** : Oum El Bouaghi, **S15** : Collo, **S16** : El Hamma

La station d'Ain Nahass compte dix sous-familles ; la sous-famille des Oedipodinae est représentée par huit espèces (36%), les Pamphaginae et les Gomphocerinae par trois espèces (14%), deux espèces représentent les Calliptaminae (9%), les sous familles qui restent sont représentées par une espèce chacune.

La station d'Ibn Badis a révélé la présence de dix sous-familles ; la sous-famille des Oedipodinae est représentée par sept espèces (36%), les Pamphaginae, les Eyprepocnemidinae et les Tettigoniinae par deux espèces chacune (11%), les sous-familles qui restent sont présentées par une seule espèce chacune.

La station de Djebel El Ouahch compte neuf sous-familles ; la sous-famille des Oedipodinae est représentée par six espèces (33%), les Gomphocerinae par quatre espèces (22%), les Pamphaginae par deux espèces (11%), les sous-familles qui restent comptent une espèce chacune.

La station du Campus universitaire compte huit sous-familles ; la sous-famille des Oedipodinae est représentée par cinq espèces (38%), les Gryllinae par deux espèces (15%) et les sous-familles qui restent sont représentées par une seule espèce chacune.

La station d'El Baâraouia est représentée par six sous-familles ; les deux sous-familles des Gryllinae et des Oedipodinae sont les mieux représentées avec trois espèces chacune (30%), les sous-familles qui restent sont représentées par une seule espèce chacune.

La station de Hamma Bouziane compte neuf sous-familles ; la sous-famille des Oedipodinae domine avec cinq espèces (36%), les Gomphocerinae avec deux espèces (15%) et les sous-familles qui restent sont représentées par une seule espèce chacune.

La station de Beni Hamidene compte sept sous-familles ; la sous-famille Oedipodinae est la plus représentative avec six espèces (46%), la sous-famille Gomphocerinae compte deux espèces (15%), les sous-familles qui restent sont représentées par une seule espèce chacune.

La station de Grarem Gouga est représentée par onze sous-familles ; les Oedipodinae sont les mieux représentées avec huit espèces (32%), les Pamphaginae avec cinq espèces (20%), les Gomphocerinae avec trois espèces (12%), les Calliptaminae avec deux espèces (8%) et les sous-familles qui restent sont représentées par une seule espèce chacune.

La station de Terrai Baynen est représentée par sept sous-familles ; les deux sous-familles Oedipodinae et Pamphaginae avec trois espèces (28%) et le reste des sous-familles comptent une seule espèce chacune.

La station d'El Djiza compte quatre sous-familles ; les Oedipodinae comptent cinq espèces (50%), les Pamphaginae et les Gomphocerinae avec deux espèces (20%) et les Eyprepocnemidinae avec une seule espèce (10%).

La station d'El Akbia est représentée par dix sous-familles ; les Oedipodinae avec quatre espèces (31%) et les familles qui restent avec une seule espèce chacune.

La station de Djerma compte onze sous-familles ; les Pamphaginae et les Oedipodinae avec six espèces (25%), les Calliptaminae, les Eyprepocnemidinae et les Gomphocerinae avec deux espèces (9%), les sous-familles qui restent sont représentées par une seule espèce chacune.

La station de Fesdis a révélé la présence de onze sous-familles ; les Pamphaginae avec sept espèces (26%), les Oedipodinae avec six espèces (22%), les Gomphocerinae avec trois espèces (11%), les Calliptaminae, les Eyprepocnemidinae et les Pyrgomorphae avec deux espèces (7%), les sous-familles qui restent sont représentées par une seule espèce chacune.

La station d'Oum El Bouaghi est représentée par huit sous-familles ; les Pamphaginae avec six espèces (32%), les Oedipodinae avec cinq espèces (27%), les Gomphocerinae avec trois espèces (16%), les sous-familles qui restent sont représentées par une seule espèce chacune.

La station de Collo est représentée par huit sous-familles ; les Calliptaminae et les Eyprepocnemidinae comptent deux espèces chacune (20%), les sous-familles qui restent sont représentées par une seule espèce chacune.

La station d'El Hamma compte six sous-familles ; les Pamphaginae avec cinq espèces (46%), les Oedipodinae avec deux espèces (18%), les sous-familles qui restent sont représentées par une seule espèce chacune.

Les résultats sont illustrés dans les figures (de 34 à 37).

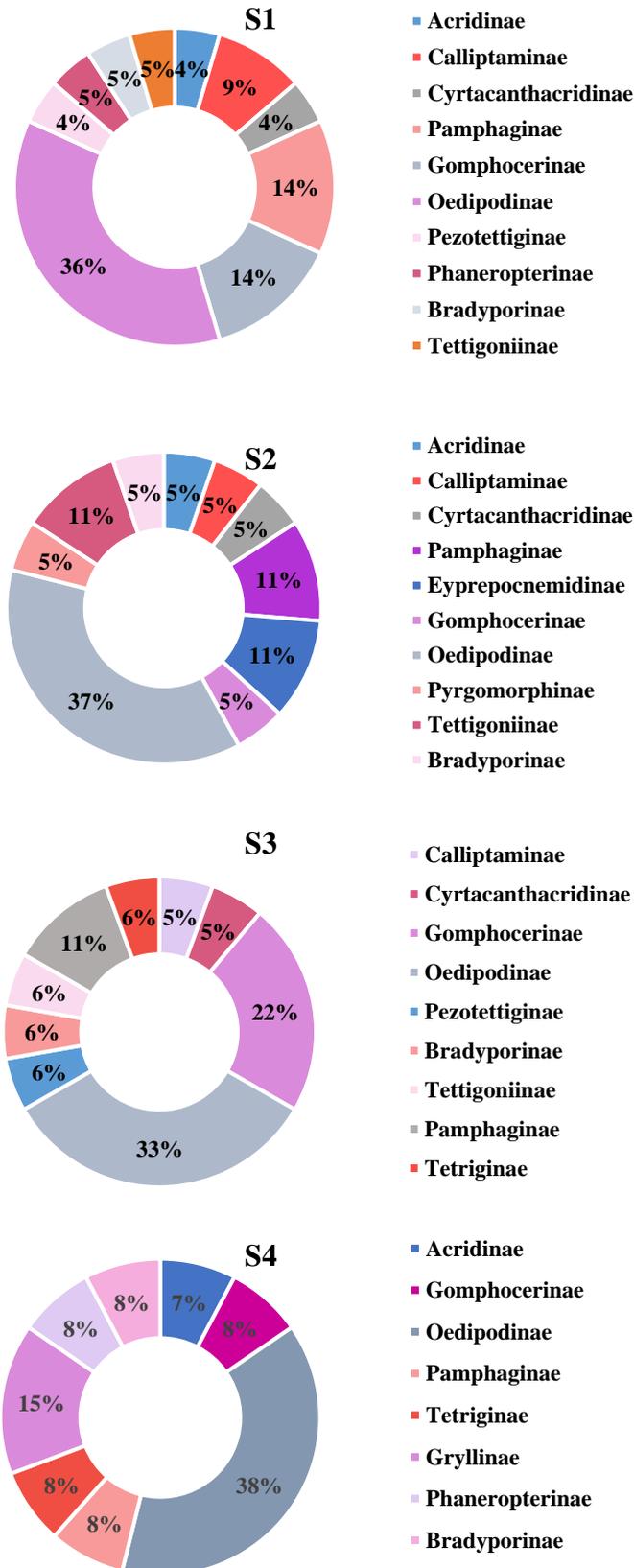


Figure 34. Diversité des sous-familles d'orthoptères dans les stations d'étude (S1 : Ain Nahass, S2 : Ibn Badis, S3 : Djebel El Ouahch, S4 : Campus universitaire)

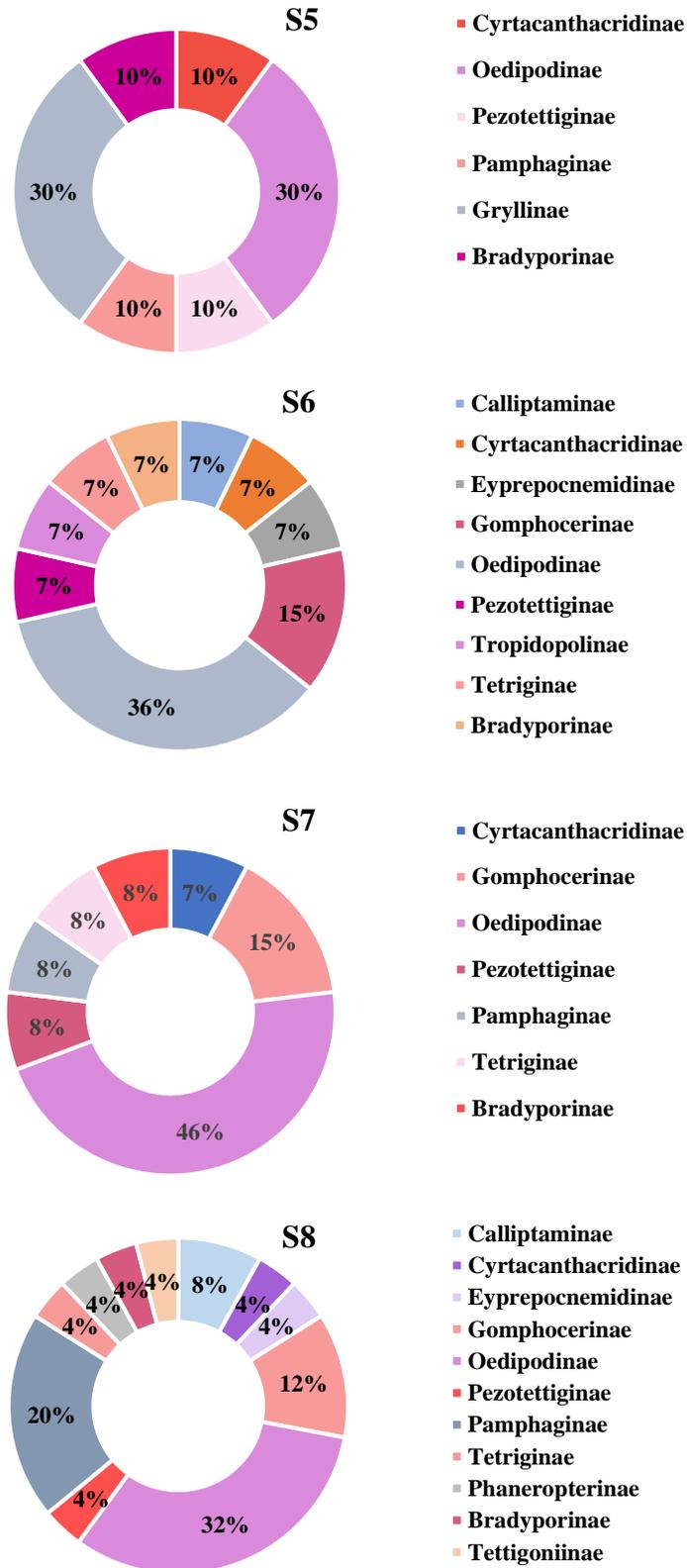


Figure 35. Diversité des sous-familles d'orthoptères dans les stations d'étude (S5 : El Baâraouia, S6 : Hamma Bouziane, S7 : Beni Hamidene, S8 : Grarem Gouga)

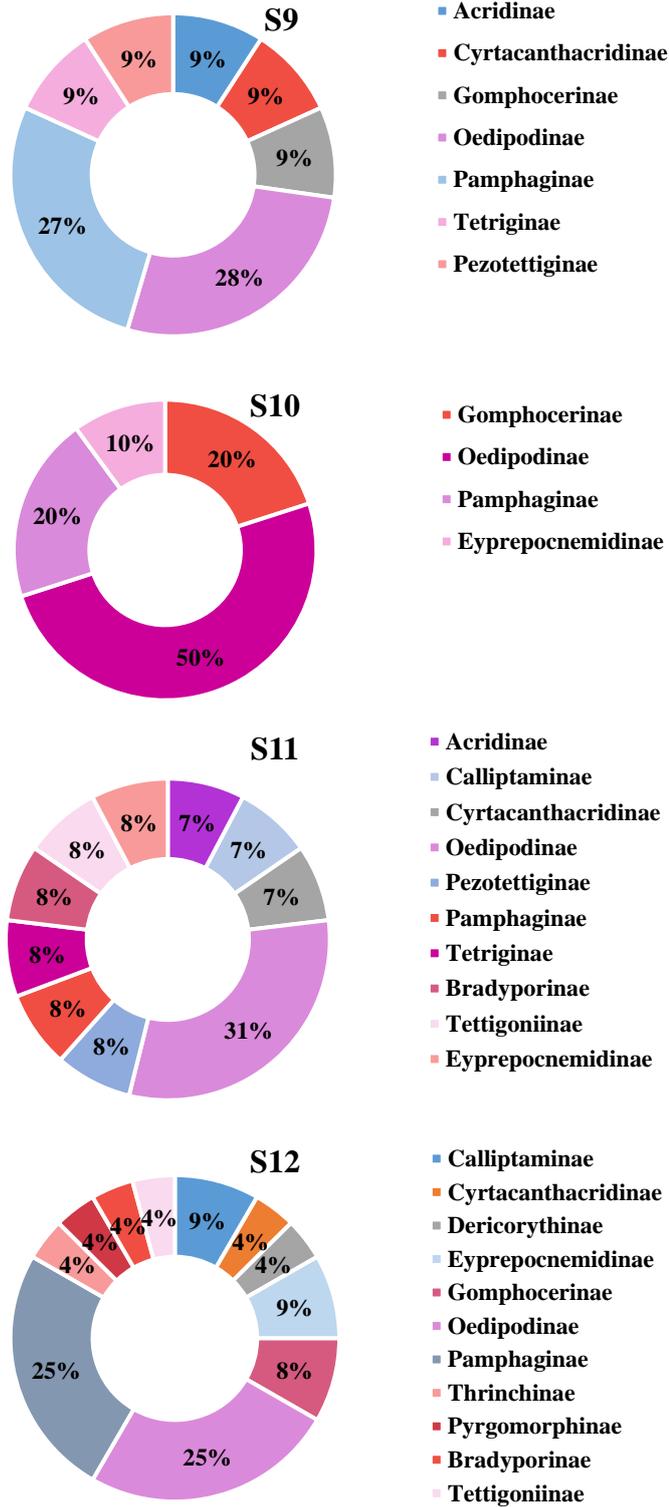


Figure 36. Diversité des sous-familles d'orthoptères dans les stations d'étude (S9 : Terrai Baynen, S10 : El Djiza, S11 : El Akbia, S12 : Djerma)

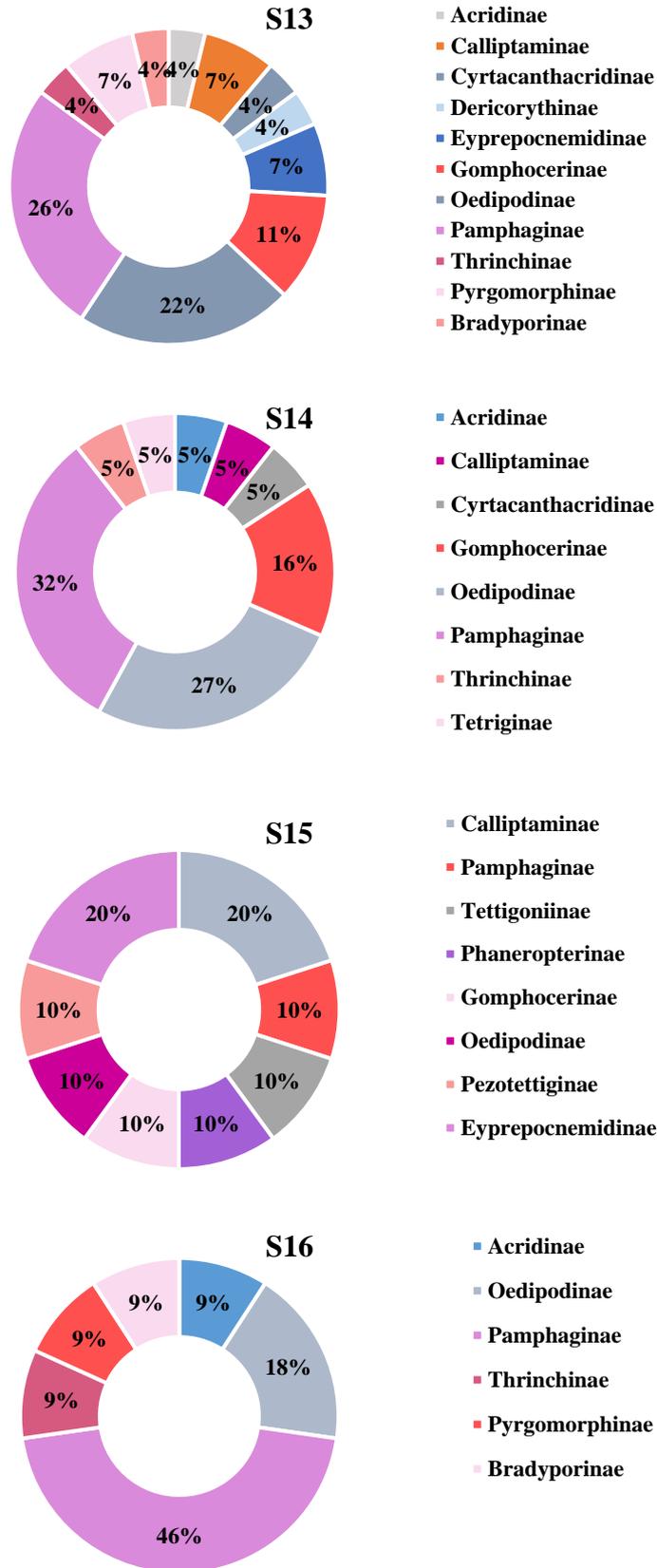


Figure 37. Diversité des sous-familles d'orthoptères dans les stations d'étude (S13 : Fesdis, S14 : Oum El Bouaghi, S15 : Collo, S16 : El Hamma)

2. Etude des espèces d'Ensifera inventoriées

2.1 Description et distribution géographique

Parmi les espèces inventoriées, huit espèces appartenant au sous-ordre Ensifera ont été recensées dans l'Est algérien. Elles sont exposées ci-dessous avec leur description et les stations géographiques où elles ont été relevées.

2.1.1 *Decticus albifrons* (Fabricius, 1775)

C'est une espèce macroptère, xérophile et omnivore. Elle est de couleur brune avec des tâches. Les tegmina dépassent l'apex des fémurs, les cerques des mâles avec une dent robuste à la base. L'ovipositeur presque droit et la plaque sous-génitale femelle enfoncée au centre avec la pointe concave et arrondie (figure 38).

Elle a été observée au niveau des stations : Djebel El Ouahch [36°27'59''N 6°44'13'' E] ; Ibn Badis [36°17'52''N 6°48'56''E] et Ain Nahass [36°17'27''N 6°46'47''E] à Constantine, El Akbia [36°39'01''N 6°01'03''E] à Jijel et Djerma [35°39'48''N 6°18'26''E] à Batna (figure 39).

Etages bioclimatiques : Semi-aride, humide.

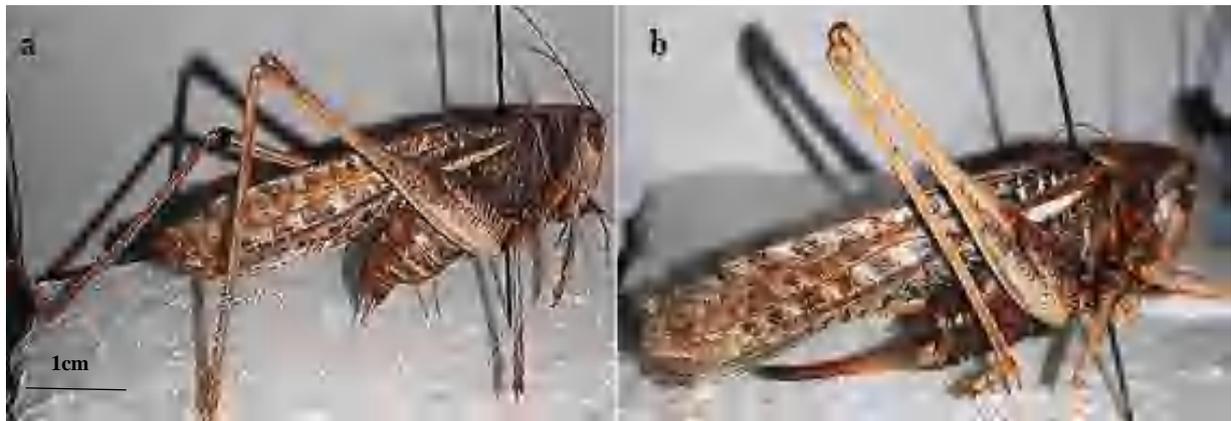


Figure 38. *Decticus albifrons* (Fabricius, 1775) a: ♂, b: ♀

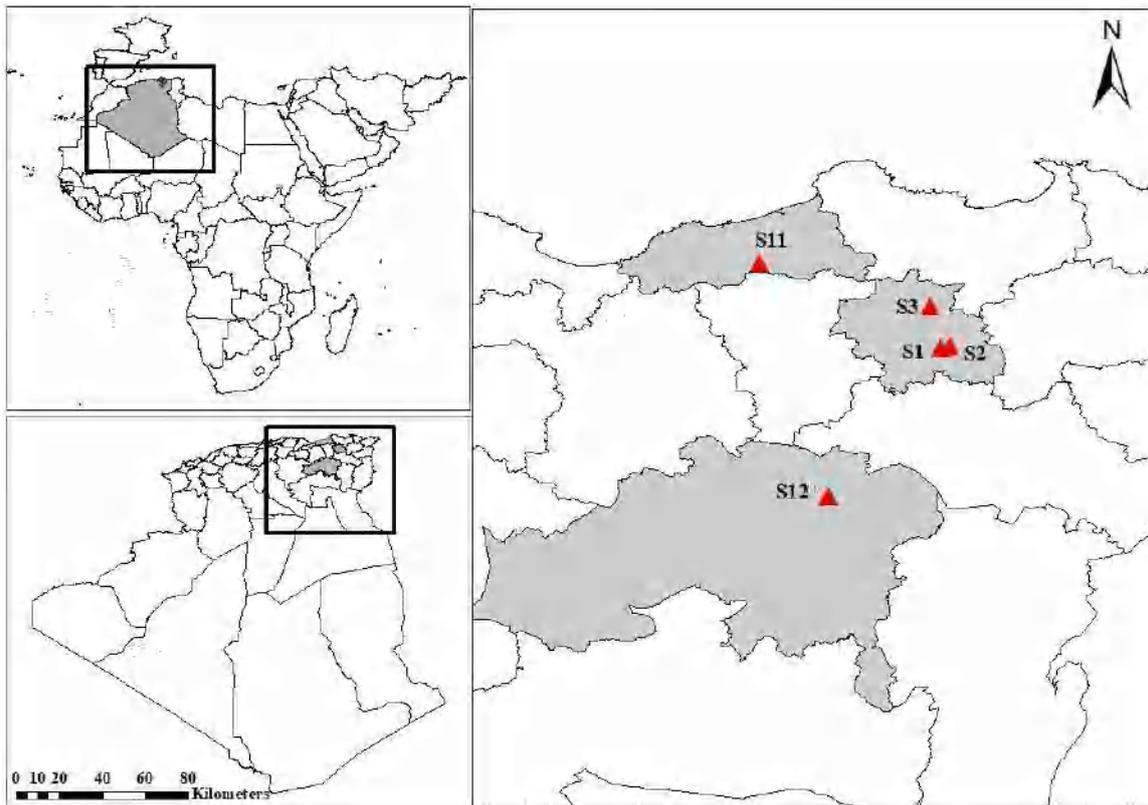


Figure 39. Aire de distribution de l'espèce *Decticus albifrons* dans l'Est algérien (S1: Ain Nahass, S2: Ibn Badis, S3: Djebel El Ouach, S11: El Akbia, S12: Djerma)

2.1.2 *Tessellana tessellata* (Charpentier, 1825)

C'est une espèce macroptère et xérothermophile. Elle est de couleur marron. Une bande longitudinale brune foncé s'étend de l'apex de la tête au pronotum. Les tégmata longs et dépassent l'apex de l'abdomen chez les mâles, et l'ovipositeur chez les femelles. L'ovipositeur noirâtre, court et courbé (figure 40).

Elle a été observée au niveau de la station : Ibn Badis [36°17'52''N 6°48'56''E] à Constantine (figure 41).

Etages bioclimatiques : Semi-aride.



Figure 40. *Tessellana tessellata* (Charpentier, 1825) ♀

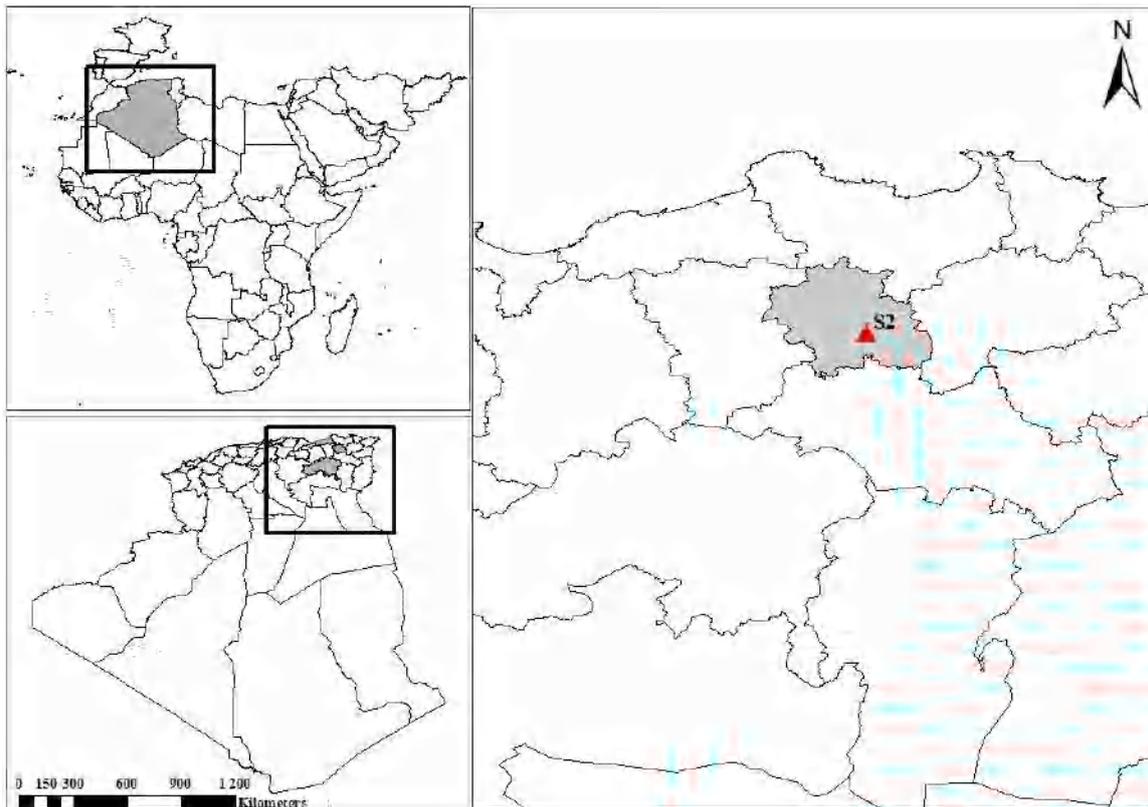


Figure 41. Aire de distribution de l'espèce *Tessellana tessellata* dans l'Est algérien (S2: Ibn Badis)

2.1.3 *Platycleis* sp Fieber, 1853

C'est une espèce macroptère. Elle a le pronotum déprimé, l'ovipositeur régulièrement courbé et comprimé. La plaque subgénitale de la femelle avec deux lobes séparés par un sillon plus ou moins profond (figure 42).

Elle a été observée au niveau de la station Grarem Gouga [36°30'26''N 6°21'32''E] à Mila (figure 43).

Etages bioclimatiques : Semi-aride.



Figure 42. *Platycleis* sp ♂

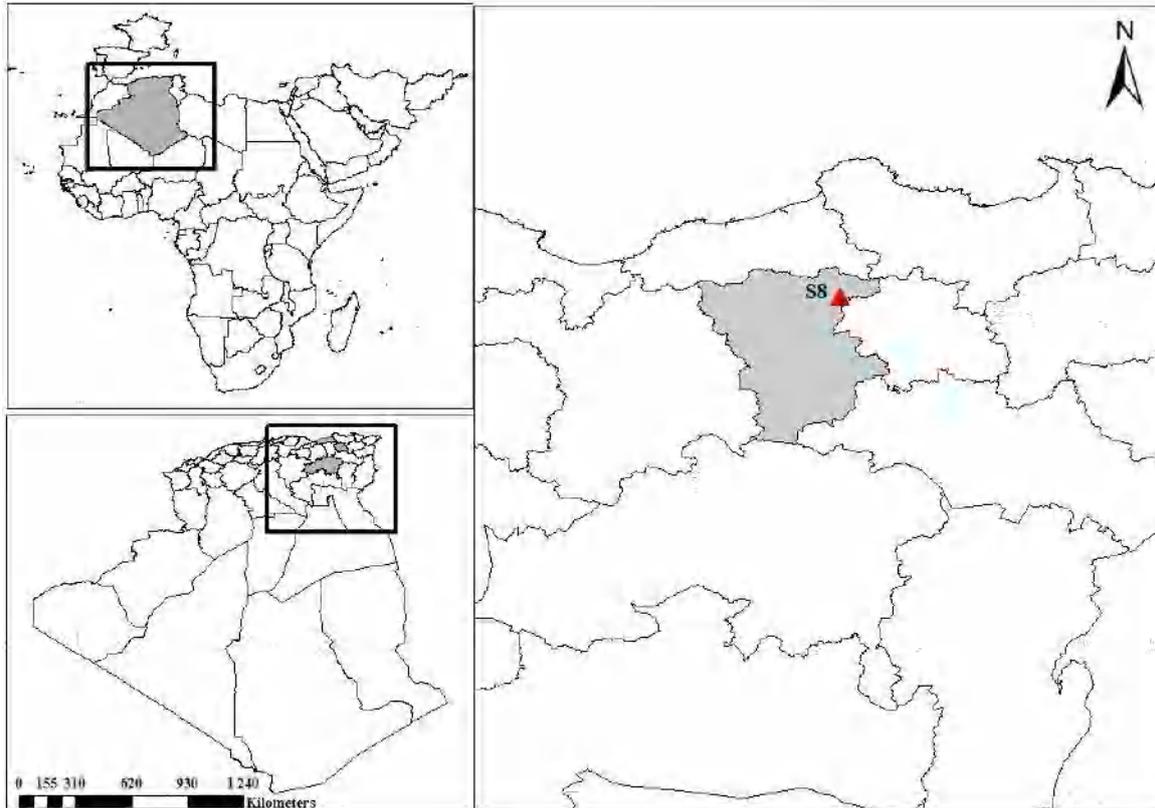


Figure 43. Aire de distribution de l'espèce *Platycleis* sp dans l'Est algérien
(S8: Grarem Gougà)

2.1.4 *Praephippiger pachygaster* (Lucas, 1849)

C'est une espèce aptère et polyphage. Elle est verdâtre. Le pronotum est pourvu de sillons transversaux, bord postérieur du pronotum creux, prosternum dépourvu d'épines. Les cerques des mâles ont une extrémité pointue et une épine interne. En revanche, les cerques des femelles ont une extrémité conique. La plaque subgénitale femelle est arrondie à l'extrémité postérieure. L'ovipositeur est légèrement courbé vers l'intérieur à peine granuleux (figure 44).

Elle a été observée au niveau des stations: Ain Nahass [36°17'27''N 6°46'47''E]; Ibn Badis [36°17'52''N 6°48'56''E]; Campus universitaire [36°20'19''N 6°37'27''E]; Djebel Elouahch [36°27'59''N 6°44'13'' E]; El Baaraouia [36°16'20''N 6°40'20''E] et Beni Hamidane [36°30'20''N 6°32'59''E] à Constantine, Grarem Gougà [36°30'26''N 6°21'32''E] à Mila, El Akbia [36°39'01''N 6°01'03''E] à Jijel, Djerma [35°39'48''N 6°18'26''E], Fesdis [35°37'03''N 6°14'49''E] à Batna et El Hamma [35°12'42''N 6°46'13 ''E] (figure 45).

Etages bioclimatiques : Semi-aride, Humide



Figure 44. *Praephippiger pachygaster* (Lucas, 1849) ♀

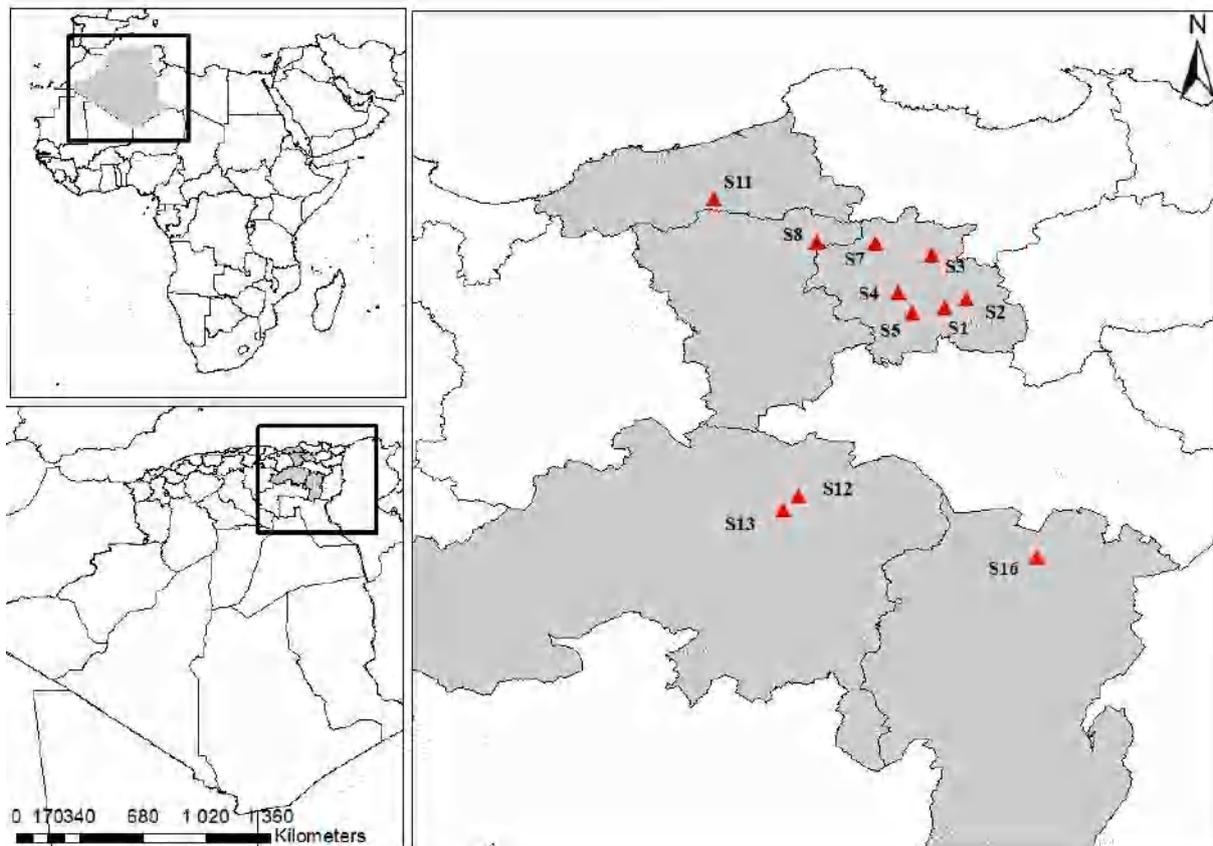


Figure 45. Aire de distribution de l'espèce *Praephippiger pachygaster* dans l'Est algérien (S1: Ain Nahass, S2: Ibn Badis, S3: Djebel El Ouach, S4: Campus universitaire, S5: El Baaraouia, S7: Beni Hamidene, S8: Grarem Gouga, S11: El Akbia, S12: Djerma, S13: Fesdis, S16: El Hamma)

2.1.5 *Odontura algerica* Brunner von Wattenwyl, 1878

C'est une espèce aptère, caractérisée par un pronotum sillonné (figure 46).

Elle a été observée au niveau des stations : Ain Nahass [36°17'27''N 6°46'47''E] ; Campus universitaire [36°20'19''N 6°37'27''E] à Constantine ; Grarem Gouga [36°30'26''N 6°21'32''E] à Mila et Collo [37°00'50''N 6°32'11''E] à Skikda (figure 47).

Etages bioclimatiques : Semi-aride, Humide



Figure 46. *Odontura algerica* (Brunner von Wattenwyl, 1878) ♀

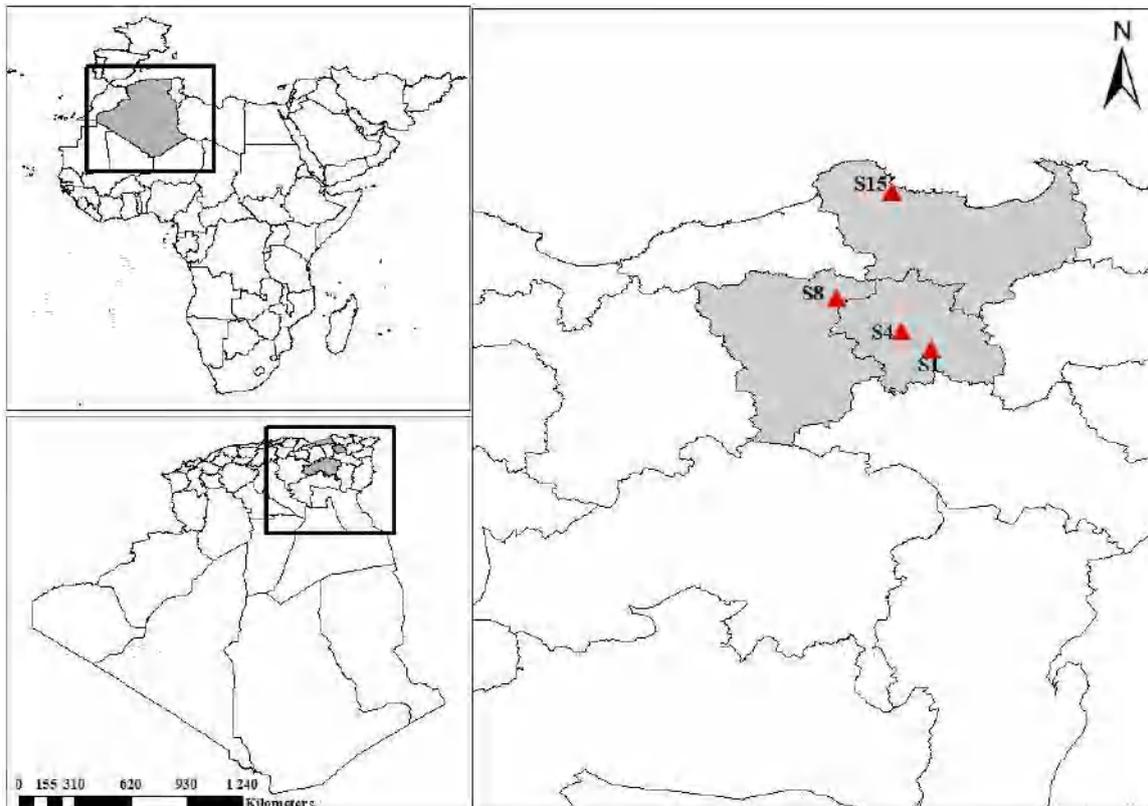


Figure 47. Aire de distribution de l'espèce *Odontura algerica* dans l'Est algérien
(S1: Ain Nahass, S4: Campus universitaire, S8: Grarem Gouga, S15: Collo)

2.1.6 *Gryllus bimaculatus* De Geer, 1773

C'est une espèce thermophile. Elle est noire. Les ocelles sont disposés en une seule ligne. La tête est aussi large que le pronotum. Les ailes postérieures sont plus longues que les ailes antérieures (figure 48).

Elle a été observée au niveau des stations : Campus universitaire [36°20'19''N 6°37'27''E] et El Baâraouia [36°16'20''N 6°40'20''E] à Constantine (figure 49).

Etages bioclimatiques : Semi-aride.



Figure 48. *Gryllus bimaculatus* (De Geer, 1773) ♀

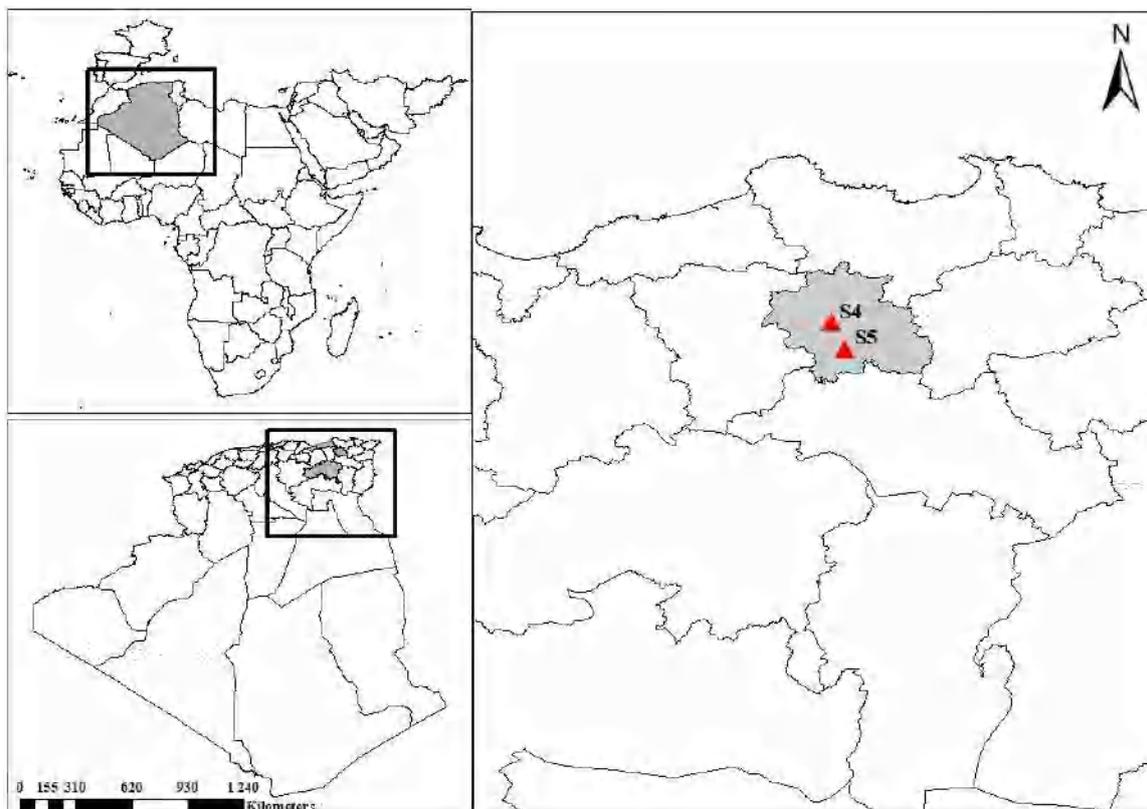


Figure 49. Aire de distribution de l'espèce *Gryllus bimaculatus* dans l'Est algérien
(S4: Campus universitaire, S5: El Baâraouia)

2.1.7 *Eumodicogryllus bordigalensis* (Latreille, 1804)

C'est une espèce synantrophique. De couleur brune. Elle a une bande transversale longitudinale jaunâtre sur la tête. La taille des tégmina et des ailes variable (figure 50).

Elle a été observée au niveau de la station : El Baâraouia [36°16'20''N 6°40'20''E] à Constantine (figure 51).

Etages bioclimatiques : Semi-aride.



Figure 50. *Eumodicogryllus bordigalensis* (Latreille, 1804) ♀

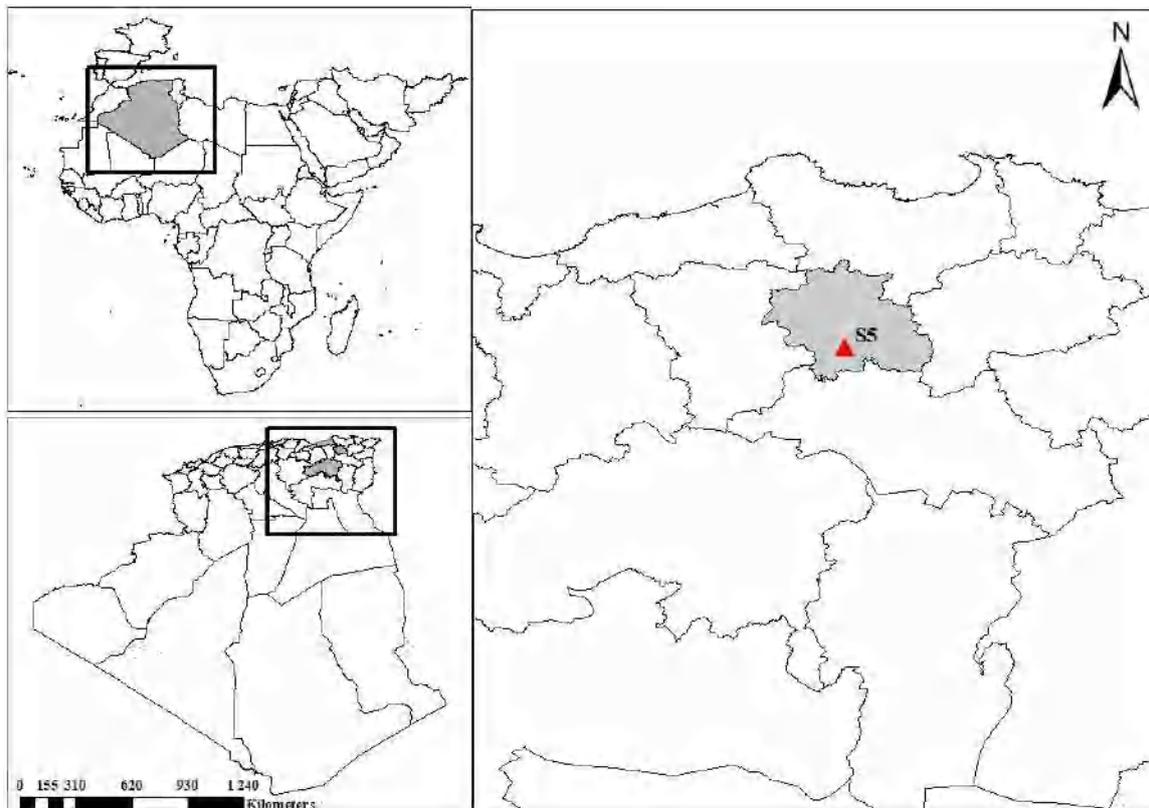


Figure 51. Aire de distribution de l'espèce *Eumodicogryllus bordigalensis* dans l'Est algérien (S5 : El Baâraouia)

2.1.8 *Sciobia algirica* (Gogorza, 1881)

C'est une espèce microptère. Elle est noire (figure 52).

Elle a été observée au niveau des stations : Campus universitaire [36°20'19''N 6°37'27''E] et El Baâraouia [36°16'20''N 6°40'20''E] à Constantine (figure 53).

Etages bioclimatiques : Semi-aride.



Figure 52. *Sciobia algirica* (Gogorza, 1881) ♂

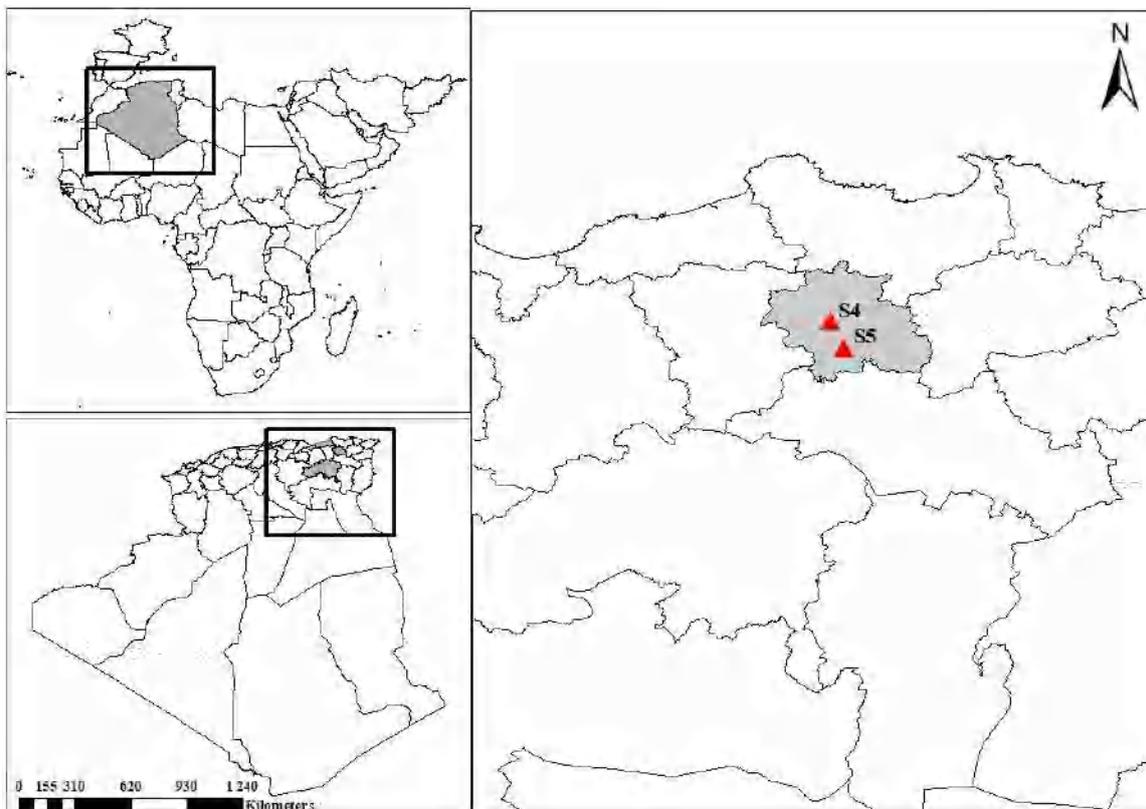


Figure 53. Aire de distribution de l'espèce *Sciobia algirica* dans l'Est algérien
(S4: Campus universitaire, S5: El Baâraouia)

2.2 Paramètres morphométriques

Les mesures morphométriques (la taille générale, la taille du pronotum, le fémur postérieur, les tegmina et l'oviscapte) ont été réalisées sur l'ensemble des ensifères prélevés. Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 23. Paramètres morphométriques des espèces ensifères

Espèces	Taille générale (mm)		Taille du pronotum (mm)		Fémur postérieur (mm)		Tegmina (mm)		Oviscapte (mm)
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	
<i>Praehippiger pacygaster</i>	34,5-45	28-43	9-11	8,5-10	L=25 l=2-3,5	L=21-24,5 l=2,5-3	2,5-4	3-3,5	24-26
<i>Decticus albifrons</i>	32-38	29-41	8-11	8,5-10	L=37-48,5 l=7,5-8,5	L=31-42 l=6,5-7	44-60	34,5-48	18,5-28
<i>Platycleis sp.</i>	/	26-28	/	/	/	L=22-28 l=5,5-6	/	/	/
<i>Tessellana tessellata</i>	13,5-17	13-16	2,5-4,5	2,5-4,5	L=18 l=3-3,5	L=10,5-16 l=2,5-3	9,5-19	7,5-16	4-5,5
<i>Odontura algerica</i>	11-13	10,5-13	2,5-3,5	2,5-3,5	L=19 l=2	L=18,5 l=1,5-2	/	/	12
<i>Gryllus bimaculatus</i>	20-33	17,5-33	4,5-6,5	4,5-5,5	L=12-15 l=3-6	L=12-14 l=5,5-6	15-20	15-18	12-17
<i>Eumodicogryllus bordigalensis</i>	11-15	11-13,5	1,8-2,5	1,8-2,3	L=6,5-8,1 l=1-2	L=6-8 l=1,4-2	6-8	6-7,5	6-7,5
<i>Sciobia algerica</i>	/	15-23,5	/	/	L=2-3,1 l=0,6-7	L=12 l=4	/	/	/

L : la longueur, l : largeur

3. Etude de l'espèce *Paratettix meridionalis* (Rambur, 1838)

La famille des Tetrigidae est représentée par une seule espèce ; *Paratettix meridionalis* (Rambur, 1838) dans la région de Constantine.

C'est un criquet de petite taille, de couleur noire ou grise. L'abdomen est comprimé, ailes longues et antennes courtes et filiformes avec 11 articles. Un pronotum allongé qui couvre l'abdomen jusqu'à l'apex (figure 54).



Figure 54. *Paratettix meridionalis* (Rambur, 1838)

3.1 Paramètres morphométriques

Les résultats des analyses morphométriques de l'espèce *Paratettix meridionalis* sont mentionnés dans le tableau en dessous.

Tableau 24. Mesures morphométriques de l'espèce *P. meridionalis*

	Taille générale (mm)	Fémur postérieur (mm)	Ailes (mm)
(♂)	11,75 ± 1,25	L : 5,25 ± 0,5 I : 1,25 ± 0,5	L : 7,75 ± 0,5 I : 3,75 ± 0,5
(♀)	13,25 ± 1,25	L : 5,5 ± 0,5 I : 1,5 ± 0,5	L : 8,5 ± 0,5 I : 4,25 ± 0,5

L : la longueur, I : largeur, N : nombre d'individu examiné

3.2 Etude de cycle de vie

Un grand nombre d'adultes de *P. meridionalis* a été collecté au cours des mois de mars et avril, de nombreux individus ont été observés en accouplement. Durant les mois de juillet et août, les adultes de cette espèce ont été capturés pour la deuxième fois. Entre les deux périodes, des individus à différentes formes larvaires (du premier stade larvaire à la forme imago) ont été collectés. On remarque que l'espèce *Paratettix meridionalis* a deux générations par an dans les conditions climatiques de la région de Constantine (figure 55).

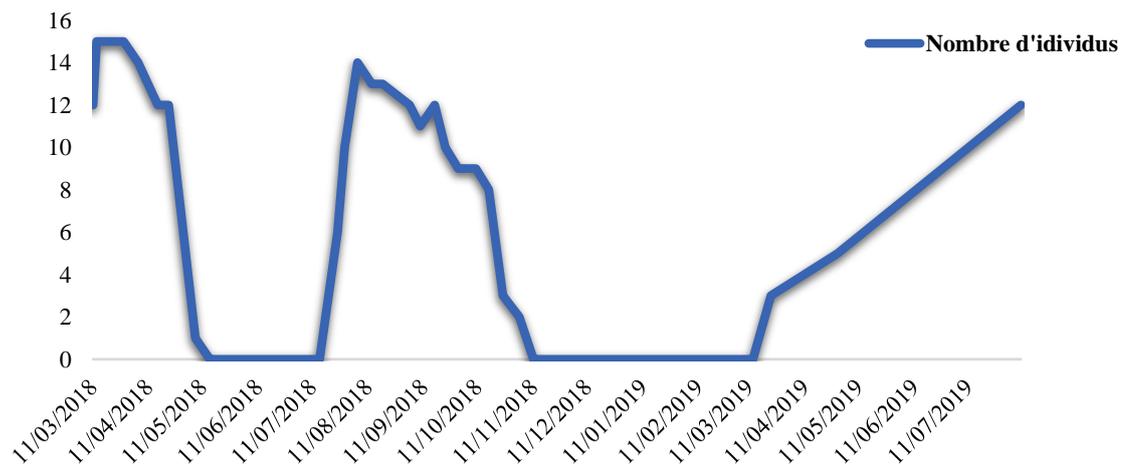


Figure 55. Cycle de vie de l'espèce *Paratettix meridionalis*

3.3 Etude du régime alimentaire

Le recensement des plantes dans la station Campus universitaire a indiqué la présence de 11 espèces végétales appartenant à six (6) familles : Asteraceae, Fabaceae, Brassicaceae, Lamiaceae, Apiaceae et Poaceae. Asteraceae est la famille dominante avec quatre espèces. Les données sont résumées dans la figure 56.

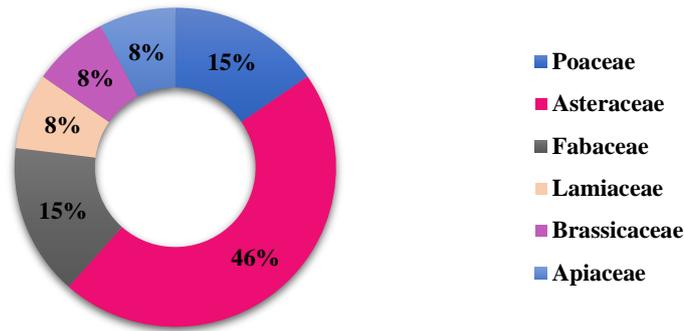


Figure 56. Proportions des familles végétales dans la station d'étude Campus universitaire

En comparant les fragments de plantes dans les fèces et l'épiderme des plantes, les cellules épidermiques de la famille Asteraceae sont représentées avec 50%, suivies par la famille Poaceae avec 25%. Les familles Brassicaceae, Apiaceae et Lamiaceae sont représentées avec 8,3%. Les résultats sont présentés dans le tableau 25.

Tableau 25. Espèces végétales dans les fèces des individus de l'espèce *P. meridionalis* dans la station Campus universitaire.

Espèces	Fèces	Familles	TR (%)	TC (%)
<i>Avena fatua</i> L	+	Poaceae	15,38	25
<i>Hordeum murinum</i> L	+			
<i>Bellis sylvestris</i> L	-	Asteraceae	46,15	50
<i>Calendula arvensis</i> L	-			
<i>Leucanthemum vulgare</i>	+			
<i>Hieracium caespitosum</i>	+			
<i>Medicago truncatula</i>	+	Fabaceae	15,38	8,3
<i>Lathyrus setifolius</i> L	-			
<i>Thymus ciliatus</i>	+	Lamiaceae	7,69	8,3
<i>Sinapis alba</i>	+	Brassicaceae	7,69	8,3
<i>Daucus carota</i>	-	Apiaceae	7,69	0
Total	11	6	100	100

TR : Taux de recouvrement, TC : Taux de consommation,

(+) : Présence des plantes végétales dans les fèces, (-) : Absence des plantes végétales dans les fèces.

3.4 Distribution géographique

La répartition géographique de l'espèce *Paratettix meridionalis* inventoriée dans la région d'étude de l'Est algérien a été effectuée après une révision de toutes les boîtes de collection de la faune acridienne, depuis l'année 1998 jusqu'à 2018 a été faite au niveau du laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes, elle est mentionnée dans la figure 57.

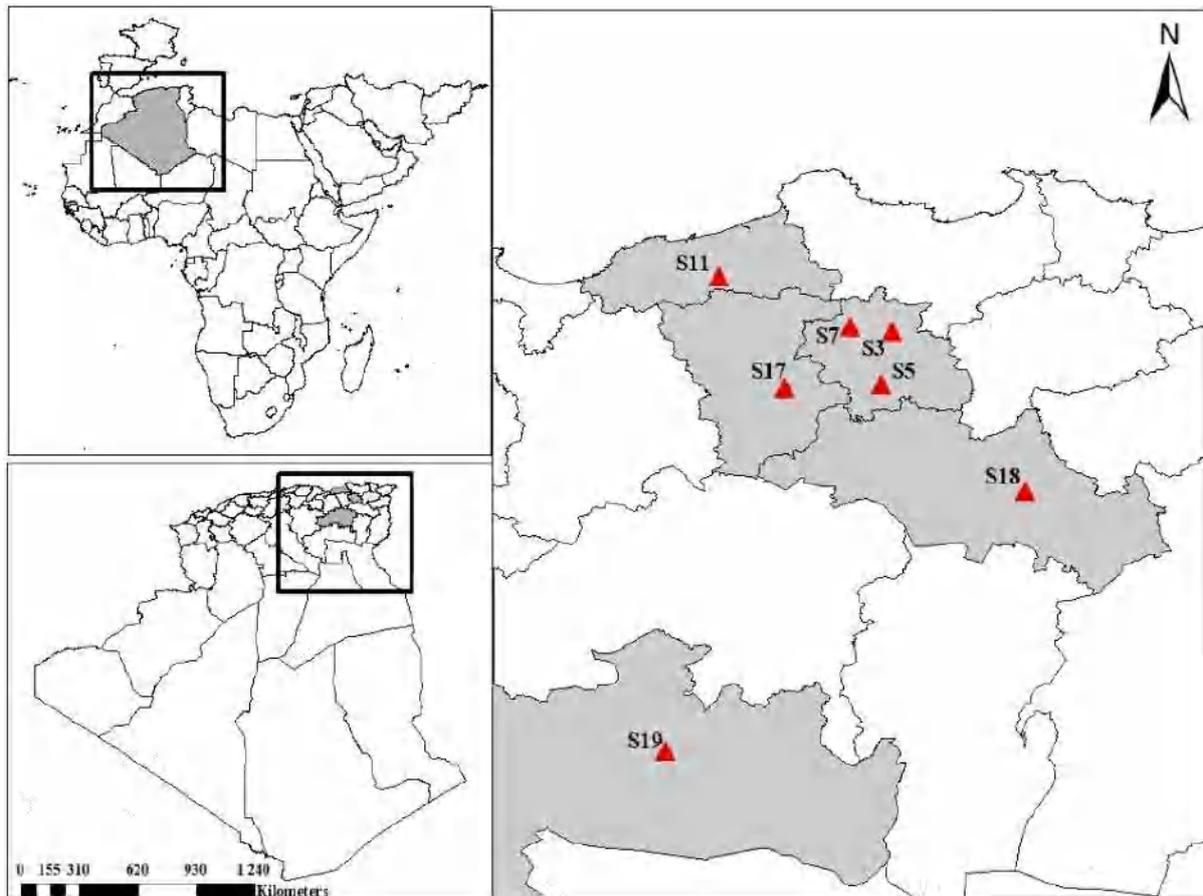


Figure 57. Carte de la répartition géographique de l'espèce *Paratettix meridionalis* dans l'Est algérien
(S3 : Djebel El Ouahch, S4 : Campus universitaire, S7 : Beni Hamidene, S11 : El Akbia, S17 : Boumalek, S18 : Sigus, S19 : Biskra)

4. Etude de l'espèce *Praehippiger pachygaster* (Lucas, 1849)

Le genre *Praehippiger* Ebner, 1938 ; une seule espèce vivante en Algérie est *Praehippiger pachygaster* Ebner, 1938 (Synonymes : *Ehippiger pachygaster* lucas, 1849 = *Platystotus pachygaster* Krauss et Vosseler, 1896 = *Ehippiger audryanus* (Bonnet et Finot, 1885) (figures 58,59). Une révision taxonomique de cette espèce a été réalisée.



Figure 58. Photos de *Praehippiger pachygaster* sur terrain

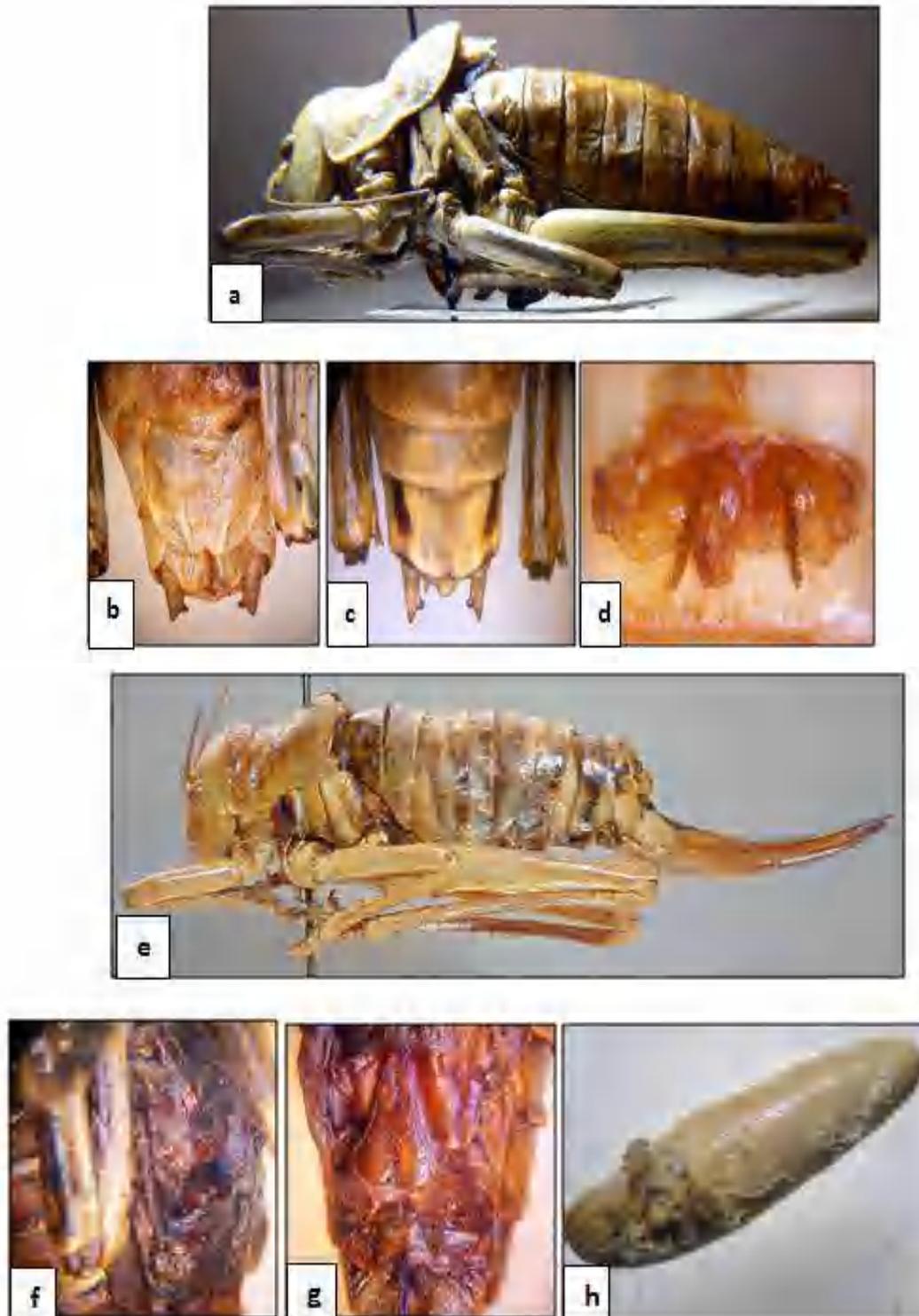


Figure 59. Photos microscopiques de l'espèce *Praehippiger pachygaster* (Lucas, 1849) (x 40)

a ; Mâle, b ; SubgP Mâle, c ; dernier Tergite & CerciMâle, d ; épiphalle Mâle, e ; Femelle, f ; Bulge6^{eme}Sternite Femelle, g ; SubgP Femelle, h ; Oeuf

4.1 Paramètres morphométriques

Les résultats des analyses morphométriques de l'espèce *Praehippiger a pachygaster* sont mentionnés dans le tableau 26.

Tableau 26. Analyses morphométriques de l'espèce *P. pachygaster*

	Tête (mm)	Thorax (mm)	Fémur postérieur (mm)	Abdomen (mm)	Nombre d'articles des antennes
(♂)	3,9±0,25	11,2±1,5	L : 21,8± 0,5 I : 2,9±0,25	24,6±5,5	92
(♀)	4±0,5	10,2±1	L : 22±1,5 I : 2,8 ±0,5	22,3±2,25	120

4.2 Etude de la fécondité

Une dissection des femelles de *P. pachygaster* a été réalisée pour compter et mesurer la taille des œufs. Les résultats sont illustrés dans le tableau 27.

Tableau 27. Etude de la fécondité des femelles de l'espèce *P. pachygaster*

Femelles /œufs	Nombre des œufs	Taille des œufs (mm)
♀ 01	46	6
♀ 02	51	6,2
♀ 03	49	6,2
Moyenne	48,66	6,13

4.3 Etude du régime alimentaire

En réalisant le suivi des individus de cette espèce sur le terrain, il a été constaté que *P. pachygaster* privilégiait les plantes appartenant à deux familles végétales : les Asteraceae et les Poaceae (figure 60).

L'analyse microscopique des lames de fèces des mâles et des femelles a montré la présence de six plantes de formes et de couleurs différentes, ce qui a conduit à calculer la fréquence de chaque famille de plantes. Les familles les plus consommées sont les Asteraceae dont les deux espèces (*Carthamus lanatus*, *Echinops spinosus*) et les Poaceae dont *Hordeum sp.*

En analysant au microscope les lames du contenu de l'appareil digestif des mâles et des femelles, les espèces végétales qui ont été observées sont : *Carthamus lanatus*, *Echinops spinosus*, et *Hordeum sp.* Des fragments d'insectes et d'autres arthropodes ont également été aperçus. Le régime alimentaire des mâles est très semblable à celui des femelles. Les résultats de cette analyse viennent confirmer les résultats précédents sur le type de régime alimentaire de *P. pachygaster*.

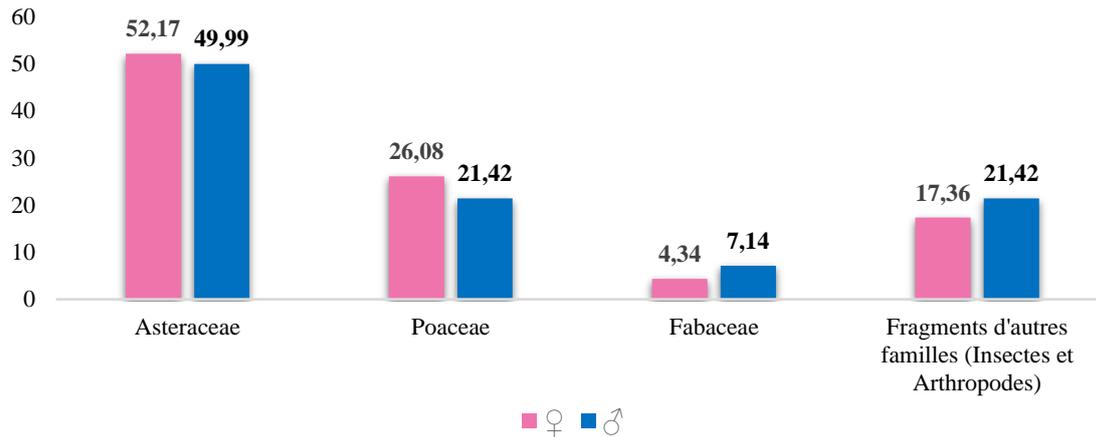


Figure 60. Fréquence d'occurrence des plantes présentes dans les fèces des mâles et des femelles de *P. pachygaster*

5. Analyse écologique du peuplement des orthoptères dans les stations prospectées

5.1 Richesse totale

Les résultats obtenus au cours de cette étude montrent que la richesse spécifique enregistrée dans la station Fesdis (27 espèces) est la plus élevée, suivie de la station Grarem Gouga avec 25 espèces, puis Djerma avec 24 espèces, Ain Nahass avec 22 espèces. Ibn Badis et Oum El Bouaghi comptent 19 espèces et Djebel El Ouahch 18 espèces. Au niveau de la station Hamma Bouziane, 14 espèces ont été recensées, suivie des stations Beni Hamidene, Campus universitaire et El Akbia avec 13 espèces. Tandis que 11 espèces ont été inventoriées à Terrai Baynen et El Hamma. Les trois stations El Baâraouia, El Djiza et Collo ont seulement enregistré 10 espèces. Les résultats sont illustrés dans la figure 61.

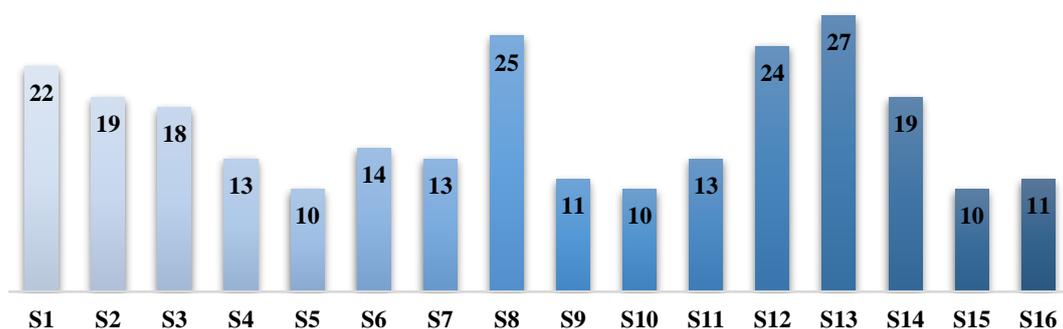


Figure 61. Répartition des orthoptères selon leur richesse spécifique au niveau des stations d'étude

S1 : Ain Nahass, **S2** : Ibn Badis, **S3** : Djebel El Ouahch, **S4** : Campus Universitaire, **S5** : El Baâraouia, **S6** : Hamma Bouziane et **S7** : Beni Hamidene, **S8** : Grarem Gouga, **S9** : Terrai Baynen, **S10** : El Djiza, **S11** : El Akbia, **S12** : Djerma, **S13** : Fesdis, **S14** : Oum El Bouaghi, **S15** : Collo, **S16** : El Hamma

5.2 Richesse moyenne

En calculant la richesse moyenne des espèces inventoriées, on constate que l'espèce *Ocneridia volxemii* avec une valeur de (2,02) à Ain Nahass, (2,51) à Ibn Badis, (8,89) à Djebel El Ouahch, (3,5) à El Baâraouia, (1,33) à Beni Hamidene, (5) à Terrai Baynen, (1,33) à Djerma et (2,5) à El Hamma, est la mieux représentée.

Au Campus Universitaire, l'espèce *Paratettix meridionalis* avec une valeur de (1,6), est dominante.

Au niveau de la station Hamma Bouziane, on remarque une dominance de l'espèce *Oedipoda fuscocincta fuscocincta* qui a enregistré une valeur de (1,08).

L'espèce *Thalpomena algeriana algeriana* a enregistré la valeur la plus élevée au niveau des deux stations : Grarem Gouga (2,44) et El Akbia (3,29).

Au niveau de la station El Djiza, l'espèce *Aiolopus strepens* est la plus observée avec (1,25).

L'espèce *Praehippiger pachygaster* de son côté a recueilli la valeur la plus élevée à Fesdis (2,71).

L'espèce *Calliptamus barbarus barbarus* avec une valeur de (1,17) est la plus abondante au niveau de la station Oum El Bouaghi.

Au niveau de la station Collo, on note la dominance de l'espèce *Odontura algerica* avec (3,4).

Les résultats sont présentés dans le tableau 28.

Tableau 28. La richesse moyenne des espèces au niveau des stations prospectées

Espèces	Richesse moyenne															
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
<i>Ocni</i>	0	0,84	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0,67	0,43	2	0	1,17
<i>Ocni</i>	0,83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,29	0,83	0	0
<i>Ocvo</i>	2,02	2,51	8,89	1	3,5	0	1,33	1,44	5	0	0	1,33	1,29	4	1,4	2,5
<i>Acca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0,5	0,29	0	0	0
<i>Tmci</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,29	1,17	0	1,33
<i>Pael</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,11	1	0	1	0	0	0,33	0	0
<i>Padj</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0,29	0	0	0,5
<i>Paau</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0,57	0	0	0,5
<i>Paba</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0,71	0,5	0	0,67
<i>Pami</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,44	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pacr</i>	0,17	0	0,44	0	0	0	0	0,22	0	0	0	0	0	0,83	0	0
<i>Caba</i>	0,67	0,72	2,22	0	0	0	0	0,22	0	0	0	0,83	0,57	1,33	2	0
<i>Cawa</i>	0,58	0	0	0	0	0,5	0	0,22	0	0	2,57	1	0,86	0	1,8	0
<i>Lomi</i>	0,67	0,52	0	0	0,7	0	0	0,44	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oefu</i>	1,08	1,08	0	1,52	0	1,08	0	0,67	0	0,75	0	0,83	0,71	0	0	0
<i>Oeca</i>	0	0	0,22	0	0	1	1,22	0,44	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oemi</i>	0,75	0	0,89	0	0	0	0	0,44	4	0	2,43	0,83	0	1	0	0

Chapitre IV. Résultats

<i>Aist</i>	0,95	1,07	0	1,2	1,5	0,92	1,11	1,44	3	1,25	3,14	0	0	1,17	0	0
<i>Aipu</i>	1,08	0,74	0,78	1,16	1,9	1	1	1,33	0	0,75	0	0	0,57	0,5	0	0
<i>Acin</i>	0	0,7	0,78	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acpa</i>	0,55	0,75	1,56	0,84	0	0,92	1	1,22	0	0,75	2,43	1,17	1	0,5	0	2,17
<i>Thal</i>	0,62	0,66	0,33	0	0	0	0,67	2,44	3,33	1	3,29	0,83	1,14	1	2,4	0
<i>Spaz</i>	0,65	0	0	0,88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trna</i>	0,18	0,34	0	0,92	0	0	0	0	0,66	0	1,43	0	0,29	0,17	0	0,67
<i>Anae</i>	0,43	0,77	0,33	0	1,1	0,42	0,67	1,67	3,66	0	2,86	0,83	0,71	1	0	0
<i>Doma</i>	0,42	0	1	0,96	0	0	0,89	1,11	0	0	0	1	0,86	1	0	0
<i>Doja</i>	0,38	0,82	0,33	0	0	0,83	0	0,78	1,66	0	0	1,17	1,57	1,17	0	0
<i>Chsp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0
<i>Ocfi</i>	0	0	0,44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ocge</i>	0	0	0	0	0	0,58	0	0	0	0	0	0	1,29	0	2,2	0
<i>Omlu</i>	0,35	0	0,11	0	0	0	0	0,56	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Omaf</i>	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0,67	0	0
<i>Eypl</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	1,86	0,5	0,57	0	0,6	0
<i>Head</i>	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0
<i>Heha</i>	0	0,2	0	0	0	0,17	0	0,67	0	0	0	0,5	0,29	0	0	0
<i>Pegi</i>	0,82	0	0,44	0	1,5	0,25	0,56	1,89	1	0	3,14	0	0	0	1,6	0
<i>Pyco</i>	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,86	0	0	0
<i>Trey</i>	0	0	0	0	0	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pame</i>	0	0	0,78	1,6	0	0,5	0,33	0,78	1	0	2,29	0	0	0,5	0	0
<i>Deal</i>	0,48	0,28	0,44	0	0	0	0	0	0	0	1	0,5	0	0	0	0
<i>Prpa</i>	0,22	0,9	1,67	0,4	2,1	0,58	0,78	0,44	0	0	2,71	1,17	2,71	0	0	1,67
<i>Plsp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tete</i>	0	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0
<i>Odal</i>	0,88	0	0	0,24	0	0	0	0,67	0	0	0	0	0	0	3,4	0
<i>Grbi</i>	0	0	0	0,32	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eubo</i>	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scam</i>	0	0	0	0,4	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pyaga</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,43	0	0	1,83
<i>Oede</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0,14	0	0	0,5
<i>Spca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,17	0,57	0	0	0
<i>Demi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,67	0,71	0	0	0

Valeurs en gras : valeurs significatives

5.3 Fréquence relative, constance et statut écologique des espèces inventoriées

Les résultats portant sur les fréquences relatives et les constances de la faune orthoptérique sont regroupés dans les tableaux (Annexes 1 à 4) et les figures (de 62 à 65).

La station d'Ain Nahass, sur un total de 22 espèces, compte cinq espèces régulières, dix espèces accessoires et sept espèces accidentelles.

Il est à signaler qu'au niveau de la station Ibn Badis, sur un total de 19 espèces, compte, une espèce constante, sept espèces régulières, quatre espèces accessoires et sept espèces accidentelles.

La station de Djebel El Ouahch, sur un total de 18 espèces compte deux espèces constantes, neuf espèces accessoires et sept espèces accidentelles.

Au niveau de la station Campus universitaire, sur un total de 13 espèces, compte six espèces accessoires et sept espèces accidentelles.

Au niveau de la station El Baâraouia, sur un total de 10 espèces, on note une espèce constante, une espèce régulière, sept espèces accessoires et une seule espèce accidentelle.

Au niveau de la station Hamma Bouziane, parmi un total de 14 espèces, on compte, deux espèces régulières, sept espèces accessoires et cinq espèces accidentelles.

La station de Beni Hamidene, sur un total de 13 espèces, compte, une espèce régulière, sept espèces accessoires et cinq espèces accidentelles.

Il est à noter qu'au niveau de la station Grarem Gouga, sur un total de 25 espèces, on note trois espèces régulières, six espèces accessoires, la présence des espèces accidentelles est importante (16).

La station Terrai Baynen compte, sur un total de 11 espèces, cinq espèces omniprésentes, une espèce régulière et quatre espèces accessoires.

Au niveau de la station El Djiza, sur 10 espèces au total, on dénombre une espèce constante, quatre espèces régulières, quatre espèces accessoires et une seule espèce accidentelle.

Au niveau de la station El Akbia, parmi 13 espèces, on note une prédominance des espèces constantes (7), quatre espèces régulières et deux espèces accessoires.

La station Djerma, sur un total de 24 espèces, renferme trois espèces constantes, sept espèces régulières, six espèces accessoires et huit espèces accidentelles.

La station Fesdis compte, sur 27 espèces au total, une espèce omniprésente, une espèce constante, trois espèces régulières, 14 espèces accessoires et huit espèces accidentelles.

Au niveau de la station d'Oum El Bouaghi, parmi 19 espèces, on note une seule espèce omniprésente, neuf espèces régulières, sept espèces accessoires et deux espèces accidentelles.

On signale au niveau de la station de Collo qui renferme 10 espèces au total, deux espèces omniprésentes, deux espèces constantes, trois espèces régulières, une espèce accessoire et deux espèces accidentelles.

La station El Hamma, sur un total de 11 espèces, compte une espèce omniprésente, cinq espèces régulières, deux espèces accessoires et trois espèces accidentelles.

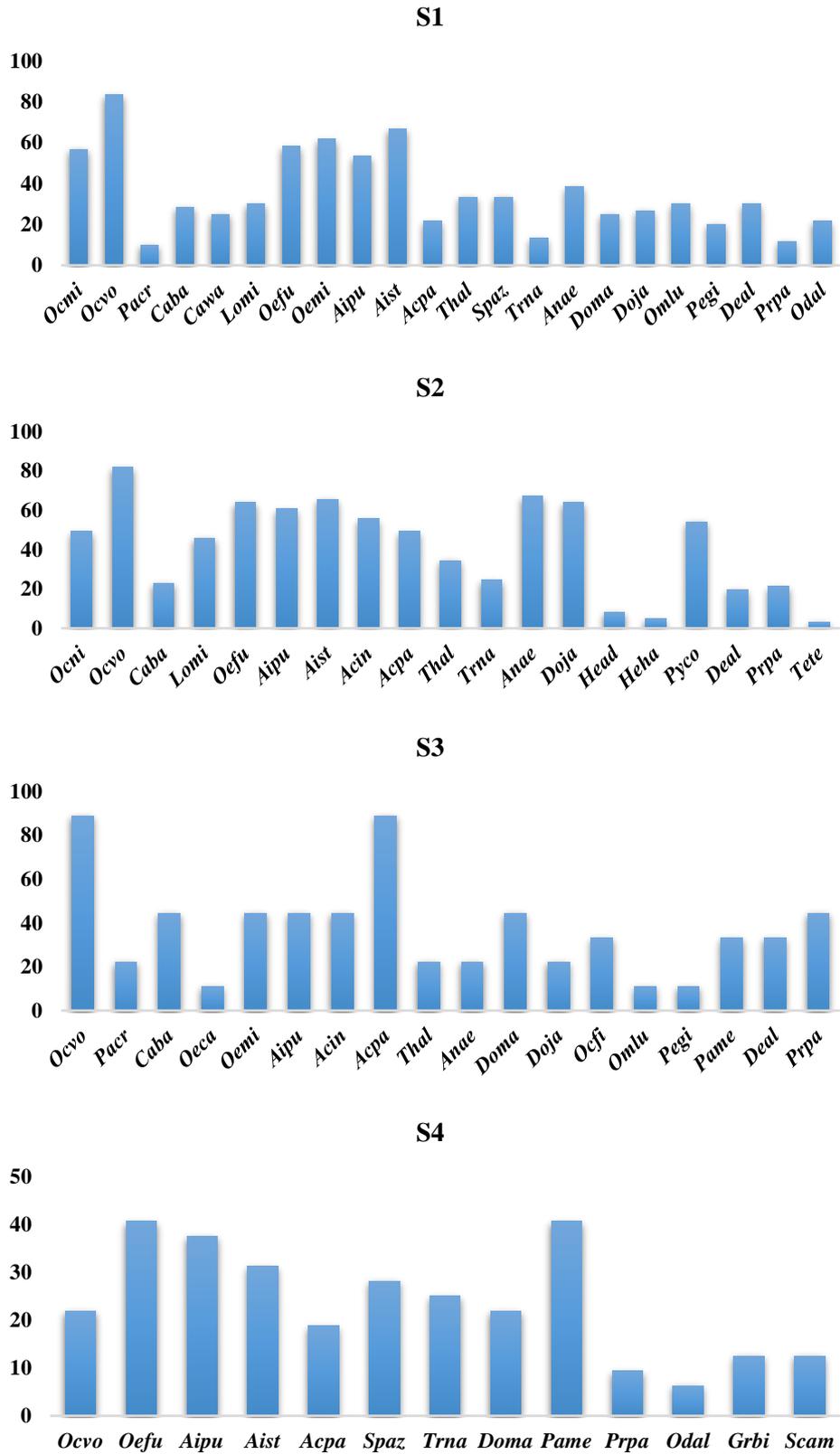


Figure 62. Constance des espèces orthoptériques au niveau des stations (S1 : Ain Nahass, S2 : Ibn Badis, S3 : Djebel El Ouahch, S4 : Campus universitaire)

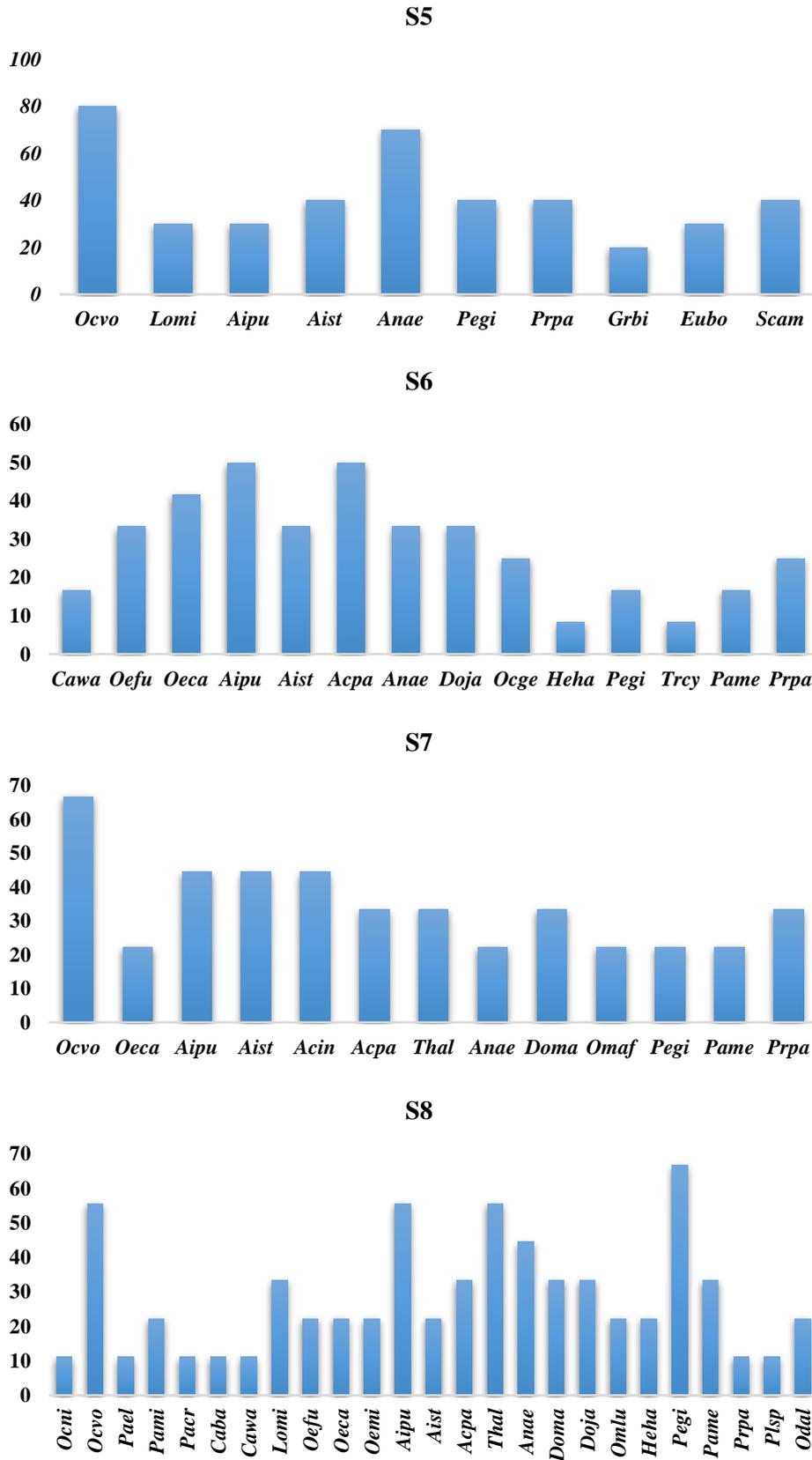


Figure 63. Constance des espèces orthoptériques au niveau des stations (S5 : El Baâraouia, S6 : Hamma Bouziane, S7 : Beni Hamidene, S8 : Grarem Gouga)

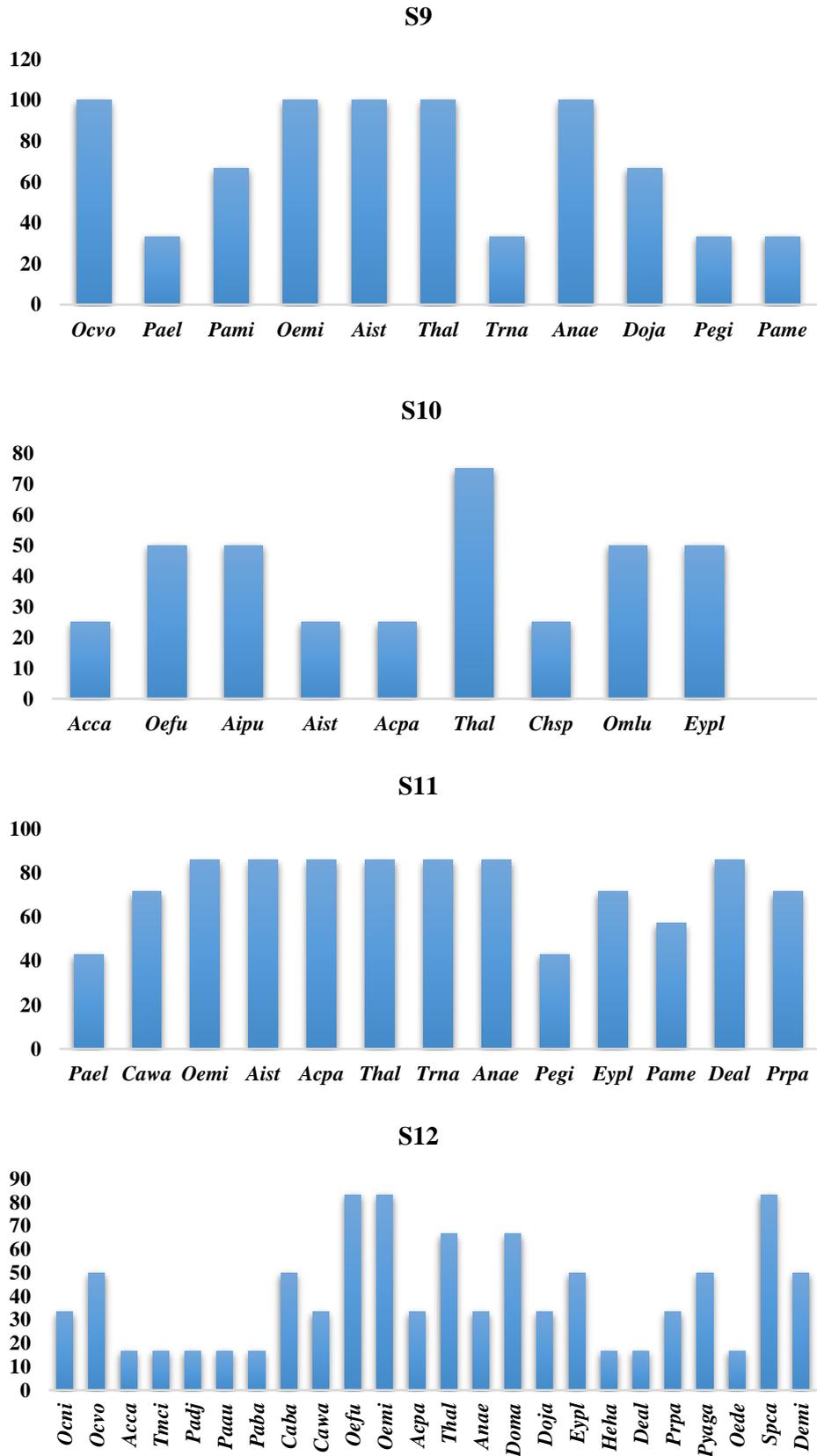


Figure 64. Constance des espèces orthoptériques au niveau des stations (S9 : Terrai Baynen, S10 : El Djiza, S11 : El Akbia, S12 : Djerma)

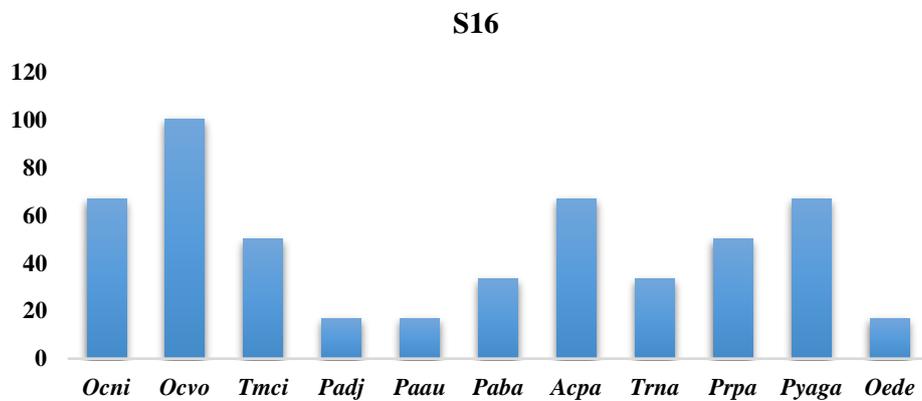
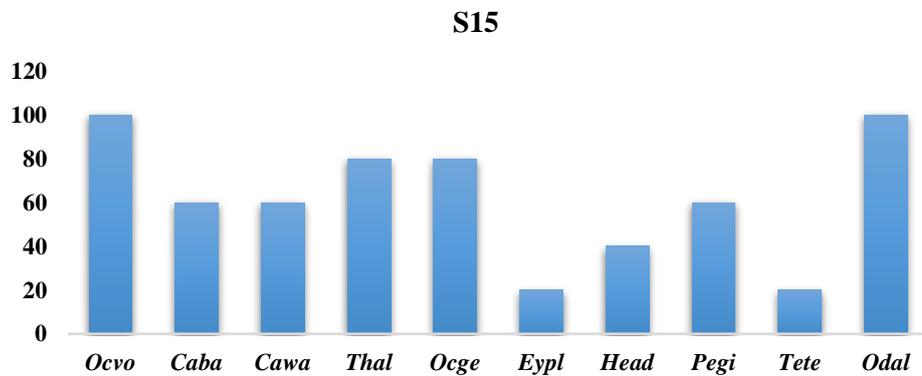
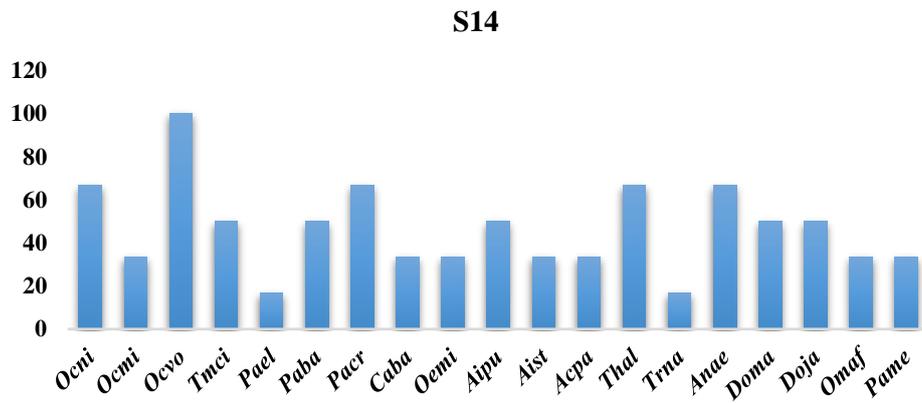
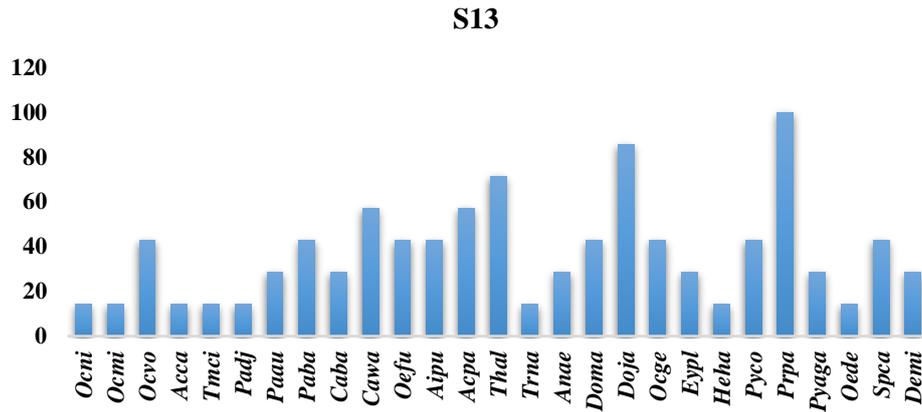


Figure 65. Constance des espèces orthoptériques au niveau des stations (S13 : Fesdis, S14 : Oum El Bouaghi, S15 : Collo, S16 : El Hamma)

5.4 Indices de diversité

Les résultats des indices de structure calculés pour le peuplement des orthoptères sont représentés dans le tableau 29.

Au niveau des 16 stations prospectées, les valeurs de l'indice de dominance varient entre 0,03 à Fesdis et 0,1 à El Baâraouia, El Djiza et Collo.

Les valeurs de l'indice de Simpson sont comprises entre 0,9 à El Baâraouia, El Djiza et Collo et 0,96 à Fesdis.

À l'échelle des sites, l'indice de diversité Shannon H' est plus élevé à Fesdis (3,3) suivi des sites Djerma, Ain Nahass, Ibn Badis et Oum El Bouaghi, Djebel El Ouahch et avec des valeurs respectives de 3,18 ; 3,09, 2,94 et 2,89. Cet indice est plus faible à El Baâraouia, El Djiza et Collo (2,3).

D'après l'indice de Margalef, la richesse la plus élevée est enregistrée à Fesdis avec une valeur de (7,89), viennent ensuite Djerma et Ain Nahass avec des valeurs respectives de 7,24 et 6,79. El Baâraouia, El Djiza et Collo sont les sites le moins riches avec une valeur de 3,91.

L'évaluation de la relation entre la richesse spécifique et l'indice de diversité Shannon H' au niveau des 16 stations prospectées donne une différence significative et un indice de détermination positif, $R^2 = 0,98$. Plus la richesse spécifique augmente plus l'indice de Shannon est élevé (figure 66).

Tableau 29. Indices de diversité sde la faune orthoptérique au niveau des stations prospectées

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
Dominance	0,045	0,05	0,06	0,08	0,1	0,07	0,08	0,04	0,09	0,1	0,08	0,04	0,03	0,05	0,1	0,09
Simpson	0,95	0,95	0,94	0,92	0,9	0,93	0,92	0,96	0,91	0,9	0,92	0,95	0,96	0,95	0,9	0,91
Shannon	3,09	2,94	2,89	2,57	2,3	2,64	2,57	3,22	2,4	2,3	2,57	3,18	3,3	2,94	2,3	2,4
Margalef	6,79	6,11	5,88	4,68	3,91	4,93	4,68	7,46	4,17	3,91	4,68	7,24	7,89	6,11	3,91	4,17

Valeurs en gras : valeurs significatives

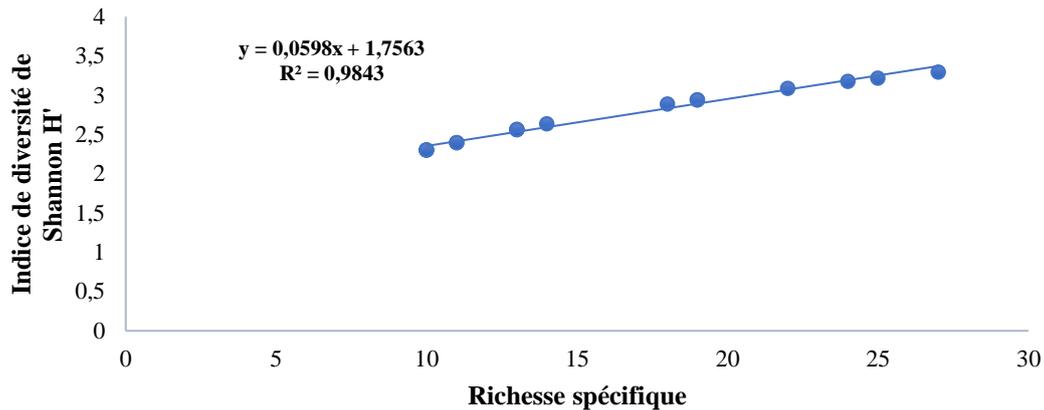


Figure 66. Relation entre la richesse spécifique et l'indice de diversité Shannon-Weaver dans les différentes stations prospectées

5.5 Similarité du peuplement des orthoptères

Les similarités entre les stations sont relativement faibles (tableau 30). Toutefois, l'indice de similarité montre une similarité plus importante entre les sites Fesdis et Djerma (0,82), Ain Nahass et Grarem Gouga (0,76), Ain Nahass et Djebel El Ouahch (0,70) et Djebel El Ouahch et Beni Hamidene (0,70),

La composition orthoptérique du site Djebel El Ouahch est plus semblable à celle de Grarem Gouga que celle du campus universitaire.

Les sites Collo et El Hamma avec (0,04) sont les moins similaires.

Tableau 30. Similarité du peuplement des orthoptères au niveau des stations prospectées.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
S1																
S2	0,63															
S3	0,7	0,54														
S4	0,57	0,43	0,38													
S5	0,43	0,41	0,35	0,52												
S6	0,5	0,48	0,5	0,44	0,41											
S7	0,51	0,5	0,7	0,53	0,52	0,59										
S8	0,76	0,59	0,69	0,47	0,4	0,61	0,57									
S9	0,48	0,4	0,48	0,33	0,38	0,4	0,5	0,55								
S10	0,37	0,41	0,28	0,43	0,3	0,33	0,43	0,28	0,28							
S11	0,57	0,43	0,51	0,38	0,34	0,51	0,53	0,52	0,66	0,34						
S12	0,52	0,51	0,47	0,27	0,17	0,36	0,32	0,53	0,22	0,29	0,43					
S13	0,53	0,56	0,4	0,35	0,21	0,43	0,35	0,68	0,26	0,37	0,35	0,82				
S14	0,63	0,52	0,59	0,43	0,27	0,36	0,56	0,63	0,6	0,34	0,5	0,51	0,56			
S15	0,37	0,34	0,28	0,17	0,2	0,25	0,26	0,34	0,28	0,3	0,34	0,29	0,32	0,2		
S16	0,24	0,33	0,2	0,33	0,19	0,16	0,25	0,22	0,18	0,19	0,25	0,57	0,57	0,4	0,04	

Valeurs en gras : valeurs significatives

**6. Analyse bioclimatique du peuplement des orthoptères dans les stations prospectées
(Climagramme des espèces)**

Pour réaliser les bioclimagrammes des espèces répertoriées, le coefficient pluviométrique d'Emberger a été calculé en fonction de la moyenne des minima en °C du mois le plus froid (m) et les étages bioclimatiques ont été définies pour toutes les stations d'étude à partir des données climatiques recueillies au cours des dix dernières années (2009 – 2019). Elles sont réparties dans trois étages bioclimatiques (semi-aride, sub-humide et humide) (tableau 31).

La figure 67 indique que la région semi - aride attire le plus grand nombre d'espèces d'orthoptères (49 espèces). Dans les zones humides, 24 espèces ont été recensées. La richesse spécifique ne dépasse pas 22 espèces dans les zones subhumides.

Tableau 31. Paramètres descriptifs des stations prospectées.

Code	Stations	Q ₂	Etage bioclimatique
S1	Ain Nahass	75,15	Semi-aride
S2	Ibn Badis	72,48	Semi-aride
S3	Djebel El Ouahch	86,46	Sub-humide
S4	Campus universitaire	64,21	Semi-aride
S5	El Baâraouia	67,01	Semi-aride
S6	Hamma Bouziane	58,97	Semi-aride
S7	Beni Hamidene	58,88	Semi-aride
S8	Grarem Gouga	59,88	Semi-aride
S9	Terrai Baynen	87,02	Sub-humide
S10	El Djiza	198,6	Humide
S11	El Akbia	161,5	Humide
S12	Djerma	41,15	Semi-aride
S13	Fedis	64,15	Semi-aride
S14	Oum El Bouaghi	43,8	Semi-aride
S15	Collo	186,9	Humide
S16	El Hamma	94,8	Semi-aride

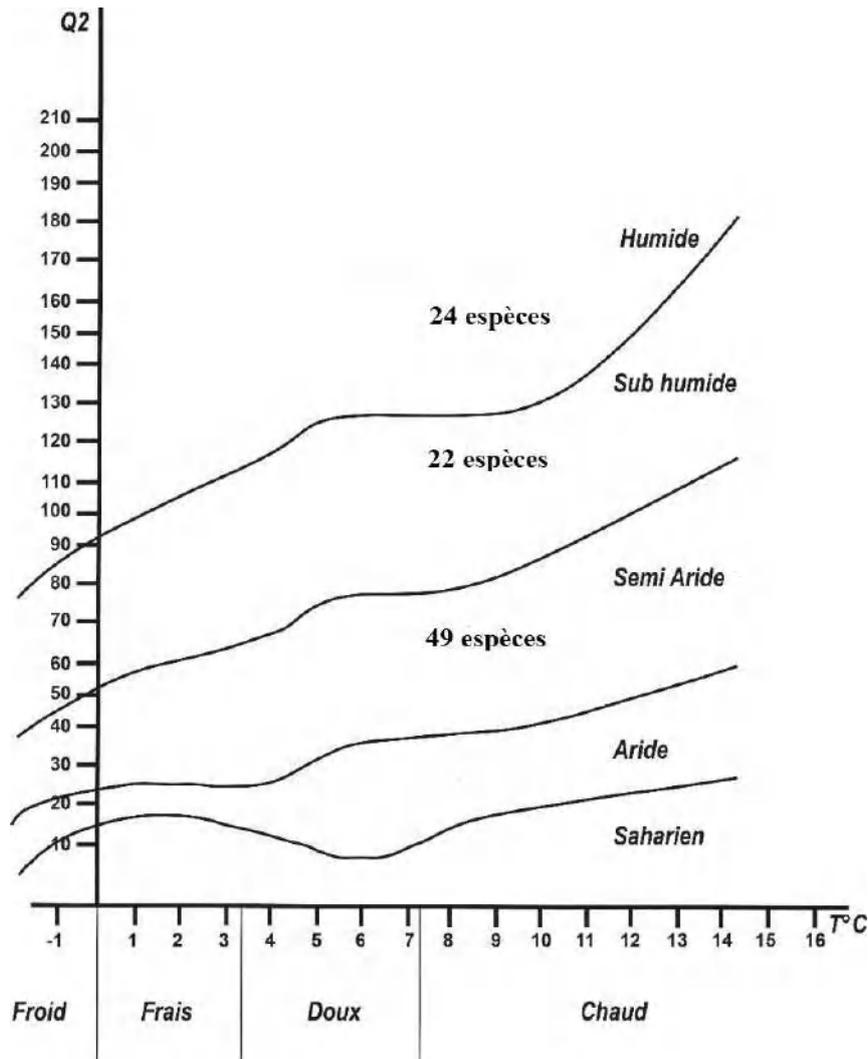


Figure 67. Diagramme bioclimatique des espèces d'orthoptères répertoriées dans l'Est algérien

Selon les bioclimagrammes (figure 68), on distingue six groupes sur lesquels se répartissent les espèces orthoptériques inventoriées.

Les espèces *Ocneridia volxemii*, *Pamphagus elephas*, *Calliptamus barbarus barbarus*, *Oedipoda miniata mauritanica*, *Aiolopus puissantii*, *Aiolopus strepens*, *Acrotylus patruelis patruelis*, *Thalpomena algeriana algeriana*, *Truxalis nasuta*, *Anacridium aegyptium*, *Omocestus lucassi*, *Pezotettix giornae*, *Decticus albifrons*, *Praephippigera pachygaster* et *Paratettix meridionalis* ont une vaste aire de distribution, elles se répartissent dans les trois étages bioclimatiques ; semi-aride, sub-humide et humide, qui se trouvent à différents niveaux d'altitude, allant de 26m jusqu'à 1200m.

Les espèces *Ocneridia nigropunctata*, *Ocneridia microptera*, *Tmethis cisti*, *Pamphagus djelfensis*, *Pamphagus auresianus*, *Pamphagus batnensis*, *Locusta migratoria cinerascens*, *Sphingonotus azurescens*, *Omocestus africanus*, *Heteracris harterti*, *Pygromorpha conica*,

Tropidopola cylindrica, *Platycleis sp*, *Gryllus bimaculatus*, *Eumodicogryllus bordigalensis*, *Sciobia algerica*, *Pyrgomorpha agarena agarena*, *Oedaleus decorus*, *Sphingonotus caerulans atlas* et *Dericorys millierei* sont réparties seulement dans zones semi-arides.

Les espèces *Acinipe calabra*, *Calliptamus wattenwylanus*, *Oedipoda fuscocincta fuscocincta*, *Ochrilidia geniculata*, *Eyprepocnemis plorans plorans*, *Heteracris adsepersa adsepersa*, *Tessellana tessellata* et *Odontura algerica* sont rencontrées dans les zones semi-arides et humides.

Les espèces *Pamphagus milevitanus*, *Pamphagus cristatus*, *Oedipoda caeruleascens sulfurescens*, *Acrotylus insubricus insubricus*, *Dociostaurus maroccanus* et *Dociostaurus jagoi jagoi* sont présentes dans les zones semi-arides et subhumides.

L'espèce *Chorthippus sp* est présente dans la zone humide et l'espèce *Ochrilidia filicornis filicornis* est répartie seulement dans la zone subhumide.

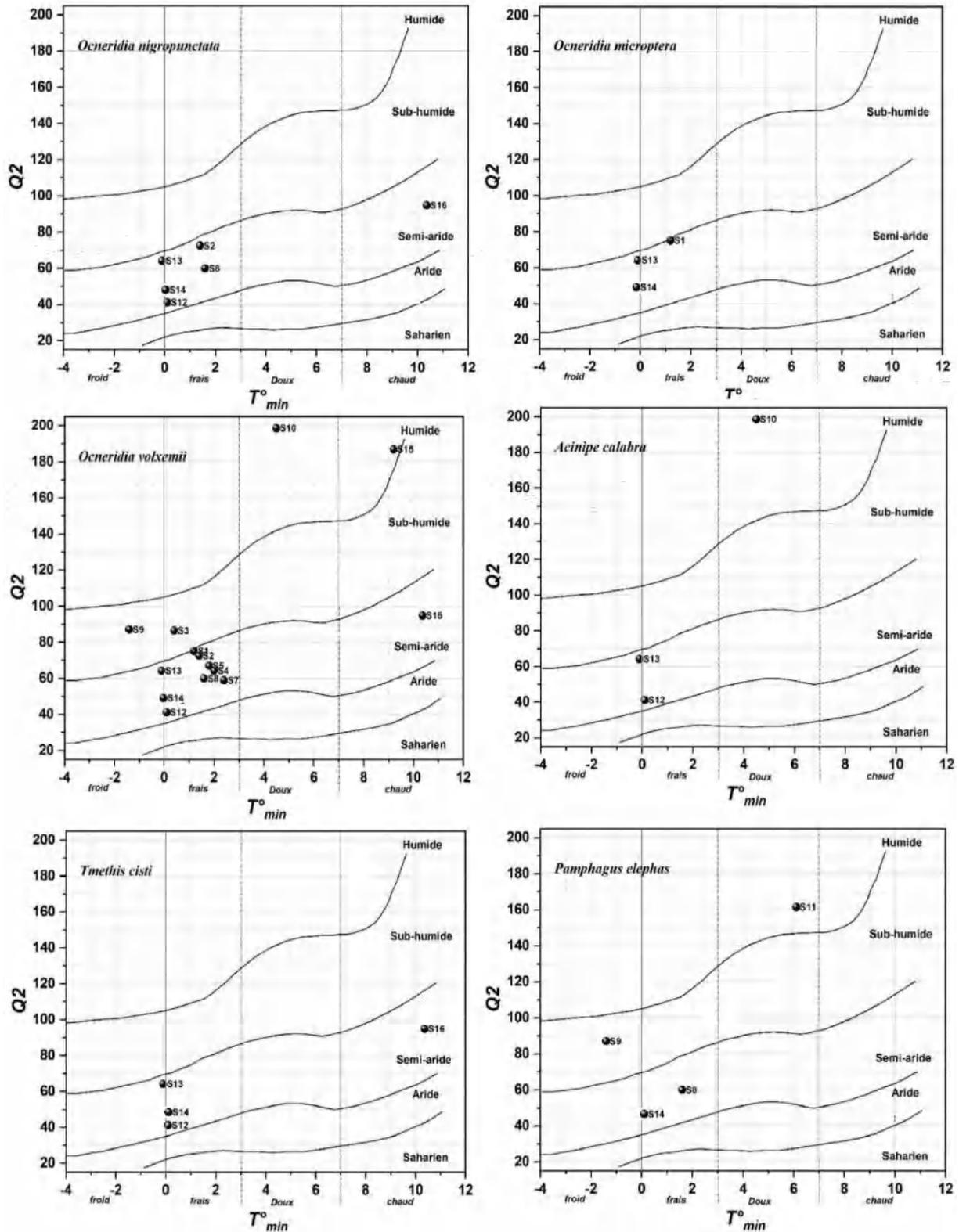


Figure 68. Bioclimogrammes d'Emberger des espèces
 (T° : moyenne des minima de la température du mois le plus froid ; $Q2 = 3,43 P / (\text{Mm})$)

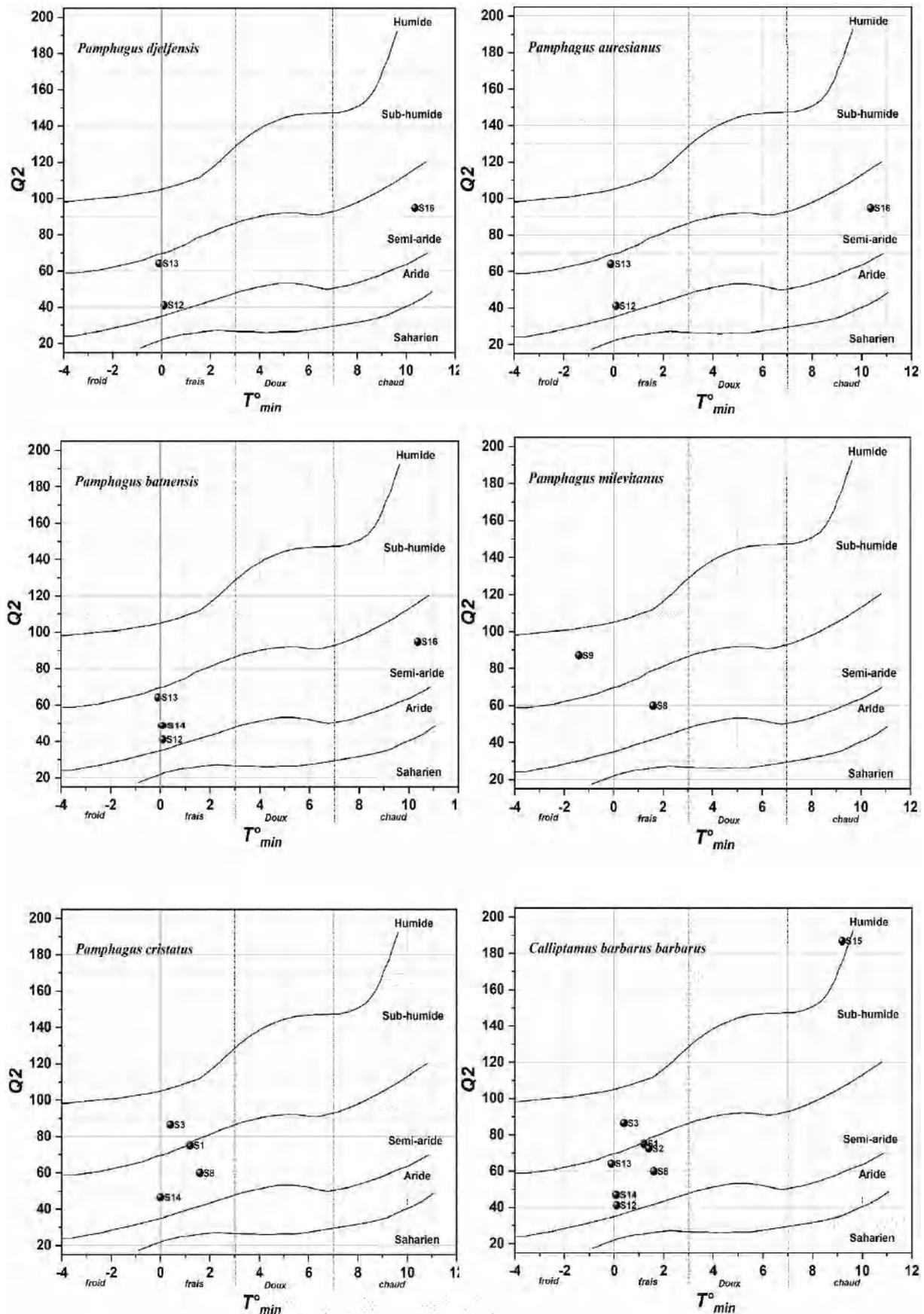


Figure 68. Bioclimogrammes d'Emberger des espèces (suite)
 (T° : moyenne des minima de la température du mois le plus froid ; $Q2 = 3,43 P / (Mm)$)

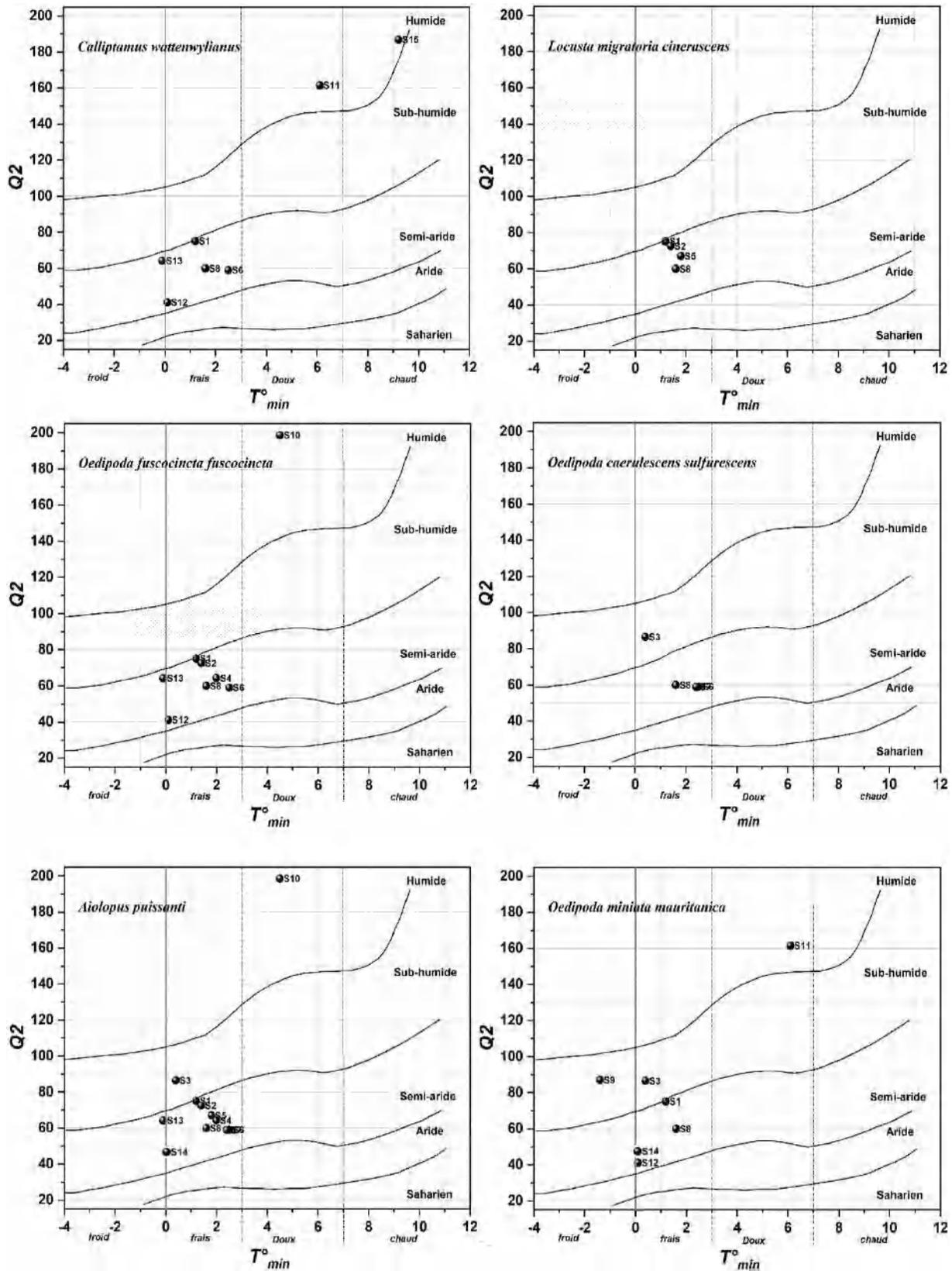


Figure 68. Bioclimogrammes d'Emberger des espèces (suite)
 (T° : moyenne des minima de la température du mois le plus froid ; $Q_2 = 3,43 P / (\text{Mm})$)

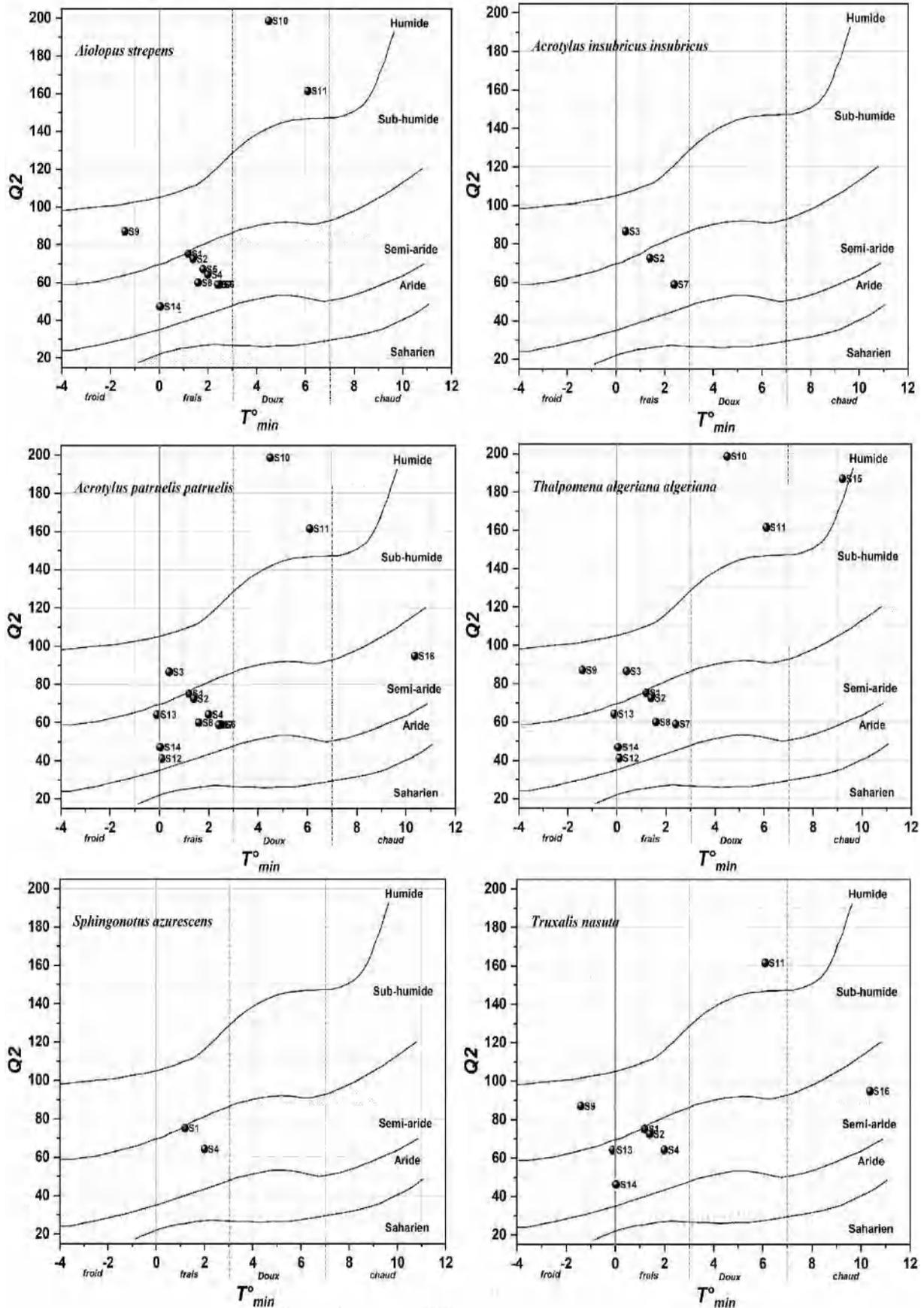


Figure 68. Bioclimogrammes d'Emberger des espèces (suite)
 (T° : moyenne des minima de la température du mois le plus froid ; $Q_2 = 3,43 P / (Mm)$)

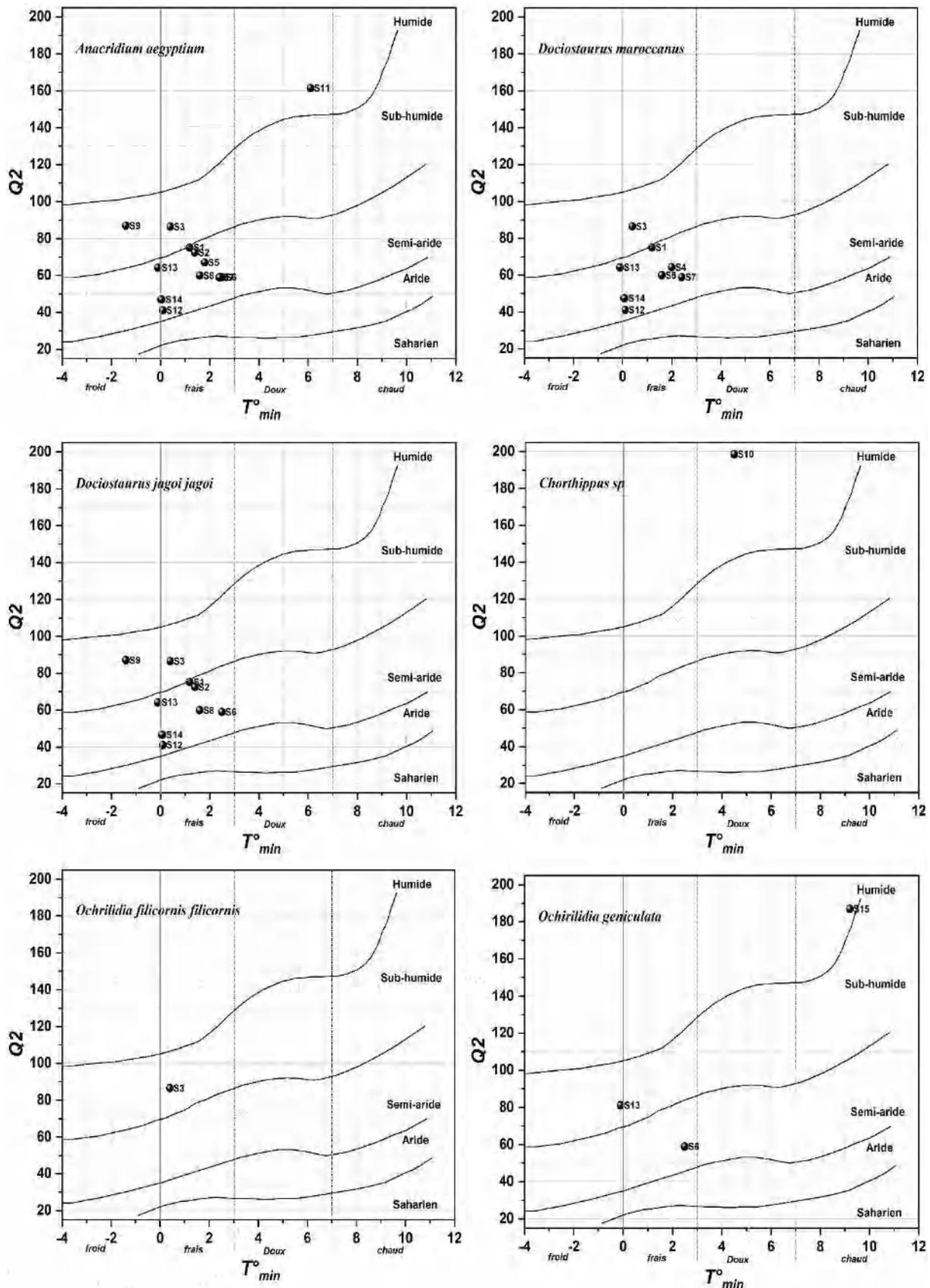


Figure 68. Bioclimogrammes d'Emberger des espèces (suite)

(T° : moyenne des minima de la température du mois le plus froid ; $Q_2 = 3,43 P / (\text{Mm})$)

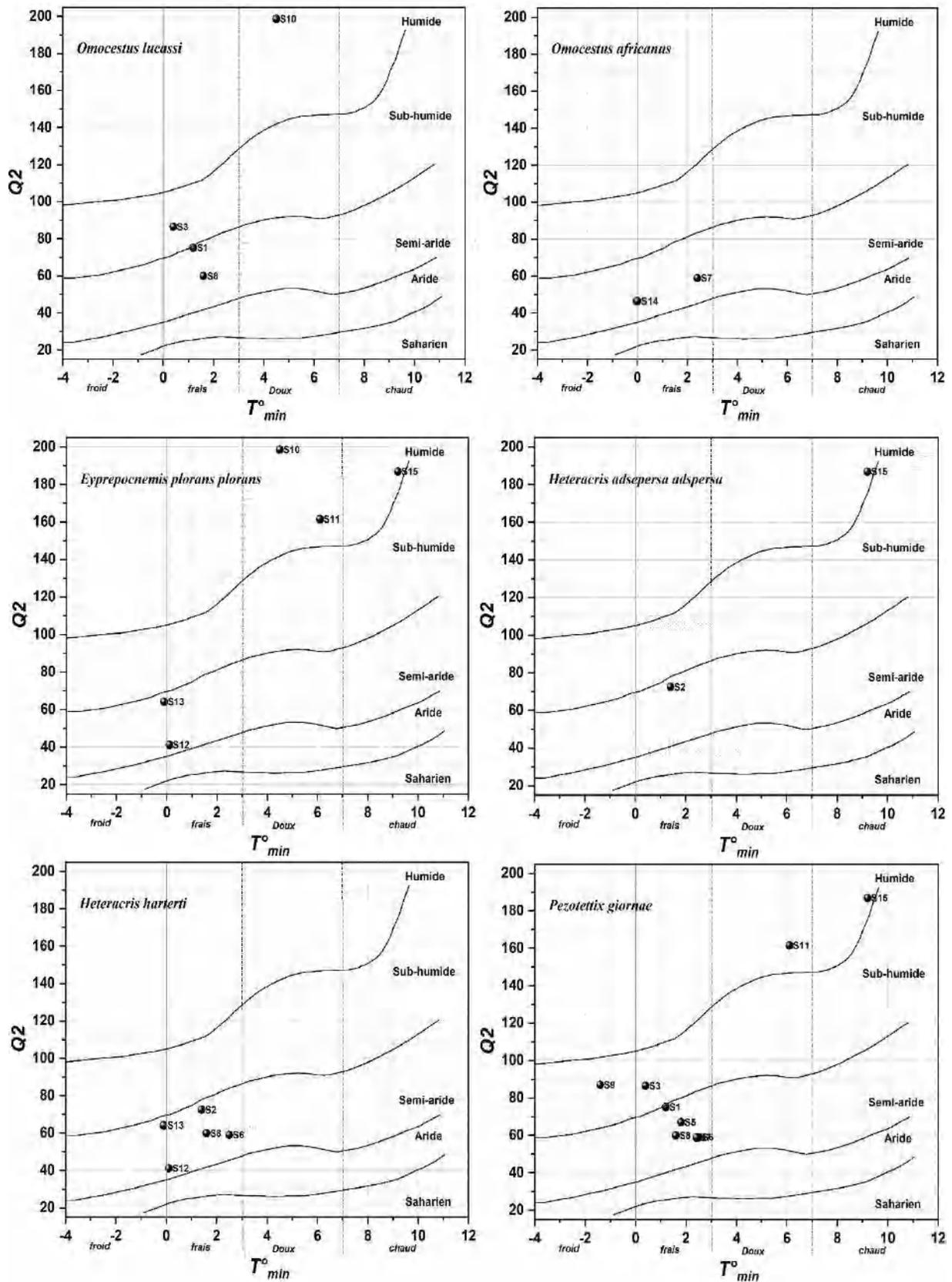


Figure 68. Bioclimogrammes d’Emberger des espèces (suite)
 (T° : moyenne des minima de la température du mois le plus froid ; $Q_2 = 3,43 P / (Mm)$)

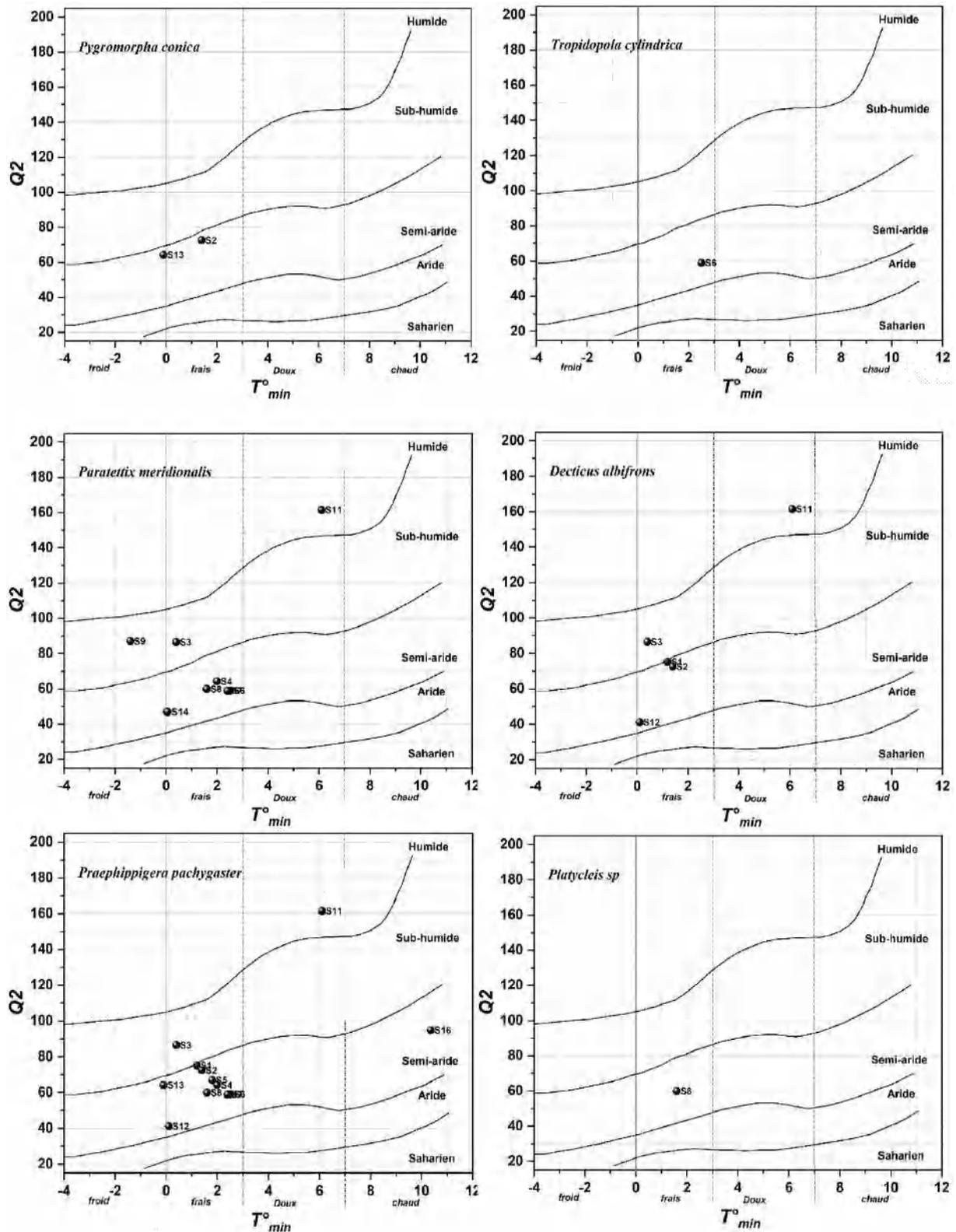


Figure 68. Bioclimogrammes d'Emberger des espèces (suite)
 (T° : moyenne des minima de la température du mois le plus froid ; $Q_2 = 3,43 P / (\text{Mm})$)

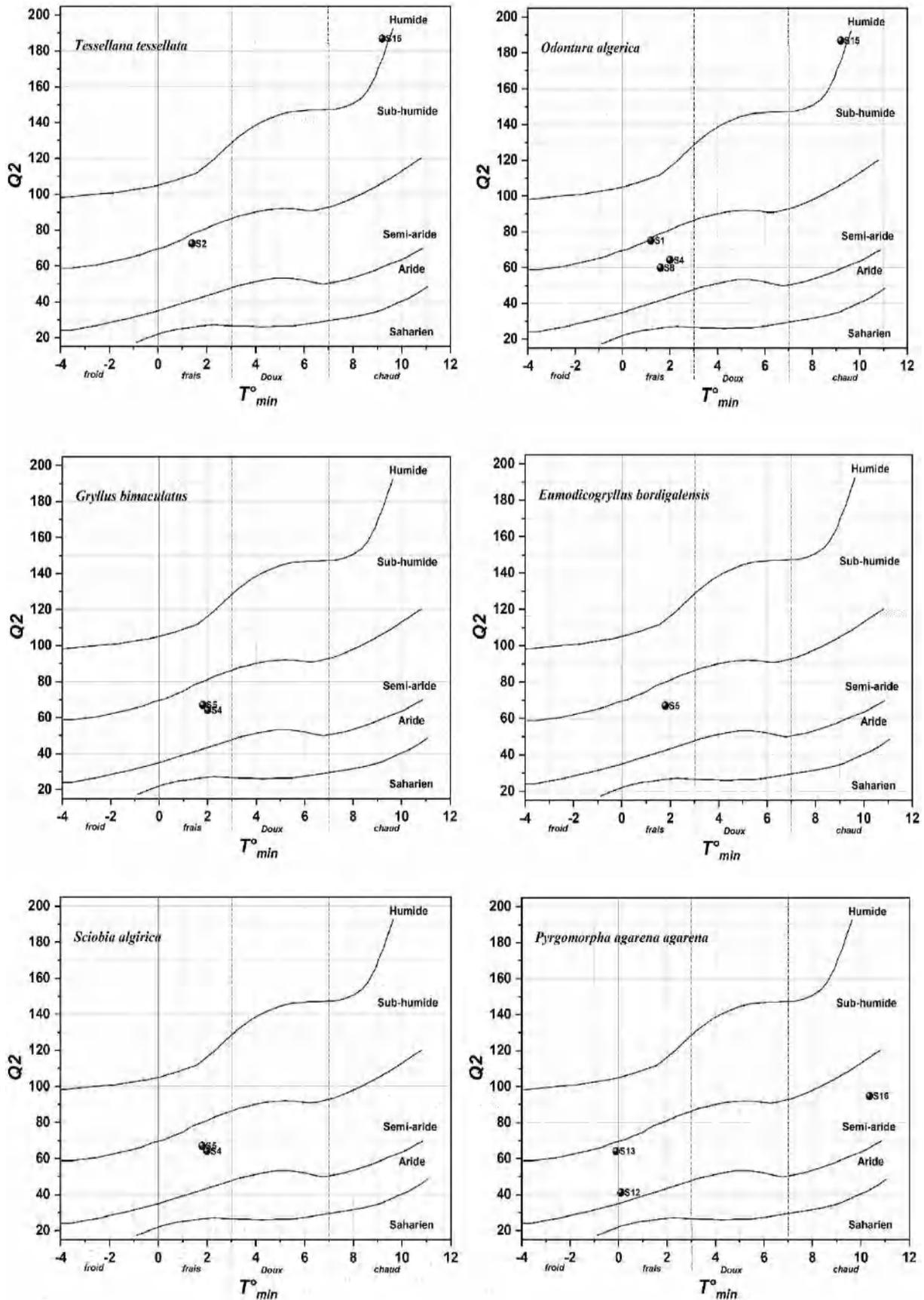


Figure 68. Bioclimogrammes d'Emberger des espèces (suite)
 (T° : moyenne des minima de la température du mois le plus froid ; $Q_2 = 3,43 P / (Mm)$)

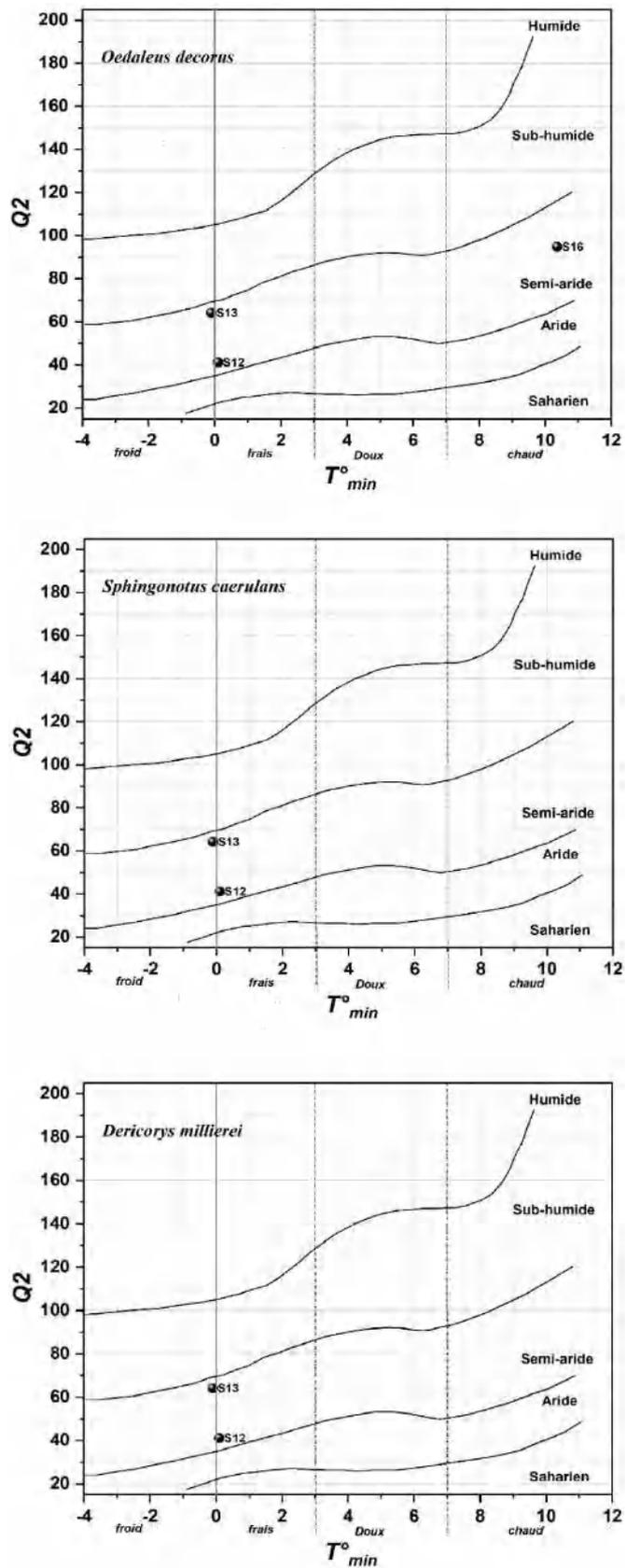


Figure 68. Bioclimogrammes d'Emberger des espèces (suite)
 (T° : moyenne des minima de la température du mois le plus froid ; $Q2 = 3,43 P / (Mm)$)

7. Analyse statistique du peuplement des orthoptères dans les stations prospectées

7.1 Variation de la richesse orthoptérique

L'impact de la richesse et l'altitude sur la disponibilité des orthoptères a été étudié en utilisant PAST vers 1,95 (Hammer *et al.*, 2001).

L'existence de relation entre la disponibilité des orthoptères et l'abondance a été vérifiée en dressant un graphique de régression. On constate qu'il existe une proportionnalité entre l'abondance des espèces et leur richesse (Figure 69A). Le calcul du coefficient de corrélation de Pearson (r) a permis d'exposer l'influence de l'abondance sur la richesse des orthoptères ($R^2 = 0,575$).

Selon la parabole (figure 69B), on a une richesse maximale vers 850-900m d'altitude.

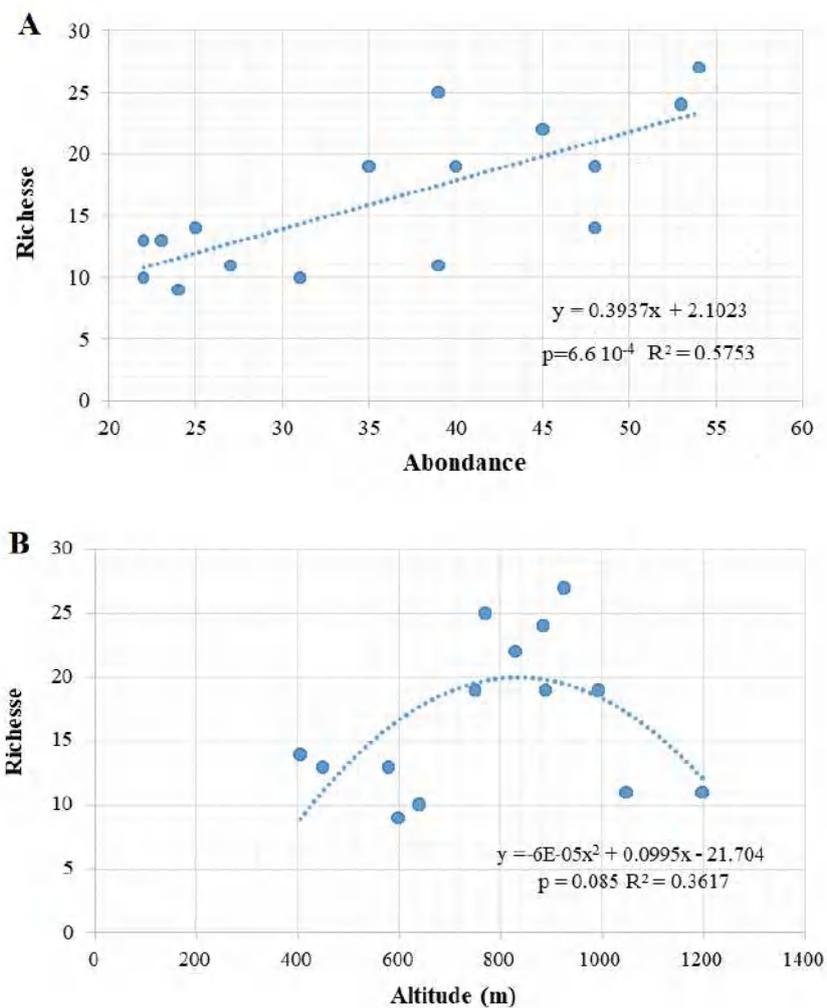


Figure 69. Variation de la richesse orthoptérique **A.** Le long du gradient d'abondance, **B.** Le long du gradient d'altitude

7.2 La classification ascendante hiérarchique (CAH)

Les abondances saisonnières pour chaque station ont été testées par l'analyse de Cluster avec Bray-Curtis comme mesure de distance. L'analyse a permis de décrire les assemblages, qui sont au total au nombre de cinq et les stations caractéristiques de chaque assemblage (de gauche à droite) :

Le premier assemblage regroupe les stations Djebel El Ouahch, El Baâraouia, Grarem Gouga, El Akbia et le campus universitaire.

Le deuxième assemblage est composé des stations Hamma Bouziane, Beni Hamidene, Djerma, Fesdis, Oum El Bouaghi et El Hamma.

Le troisième assemblage comprend les stations Djebel El Ouahch, El Baâraouia, Grarem Gouga, El Akbia, le campus universitaire, Hamma Bouziane, Djerma, Fesdis, Oum El Bouaghi, El Hamma et Collo.

Le quatrième assemblage comporte les stations Terrai Baynen et El Djiza.

Le cinquième assemblage est formé des stations Ibn Badis et Ain Nahass.

Selon le dendrogramme (figure 70), dans le premier assemblage, les stations Grarem Gouga (S8) et El Akbia (S11) sont les plus proches, ce groupe est lié au groupe formé des stations Djebel El Ouahch (S3) et El Baâraouia (S5). La station du campus universitaire (S4) est rattachée au groupe formé des stations (S8, S11, S3 et S5) mais nettement plus haut sur l'axe, ce qui montre qu'elle se distingue davantage.

Dans le deuxième assemblage, les stations les plus semblables sont Djerma (S12) et Beni Hamidene (S7) avec la valeur de l'indice de dissimilarité le plus faible. Ce groupe formé de ces deux stations est le plus similaire à la station Hamma Bouziane (S6). Le groupe de ces trois stations (S6, S7 et S12) se rattachent ensuite au groupe formé des stations Fesdis (S13) et Oum El Bouaghi (S14). La station El Hamma (S16) se rattache au groupe formé des stations (S14, S13, S12, S7 et S6) mais bien plus haut sur l'axe, indiquant ainsi qu'elle se différencie un peu plus.

Le troisième assemblage qui comprend la station Collo (S15) et les assemblages 1 et 2 indique une séparation forte entre la station Collo (S15) et les stations (S16, S14, S13, S12, S7, S6, S4, S11, S8, S5 et S3).

Dans le quatrième assemblage, le groupe comprenant les stations de Terrai Baynen (S9) et d'El Djiza (S10) est rattaché aux stations (S15, S16, S14, S13, S12, S7, S6, S4, S11, S8, S5 et S3) à un niveau très élevé, ce qui laisse apparaître que la dissimilarité entre ces groupes est très forte.

Le cinquième assemblage contenant les stations Ibn Badis (S2) et Ain Nahass (S1) est relié aux autres groupes encore plus haut suggérant ainsi la dissimilitude la plus forte entre ces groupes (entre 0,2 et 0,3).

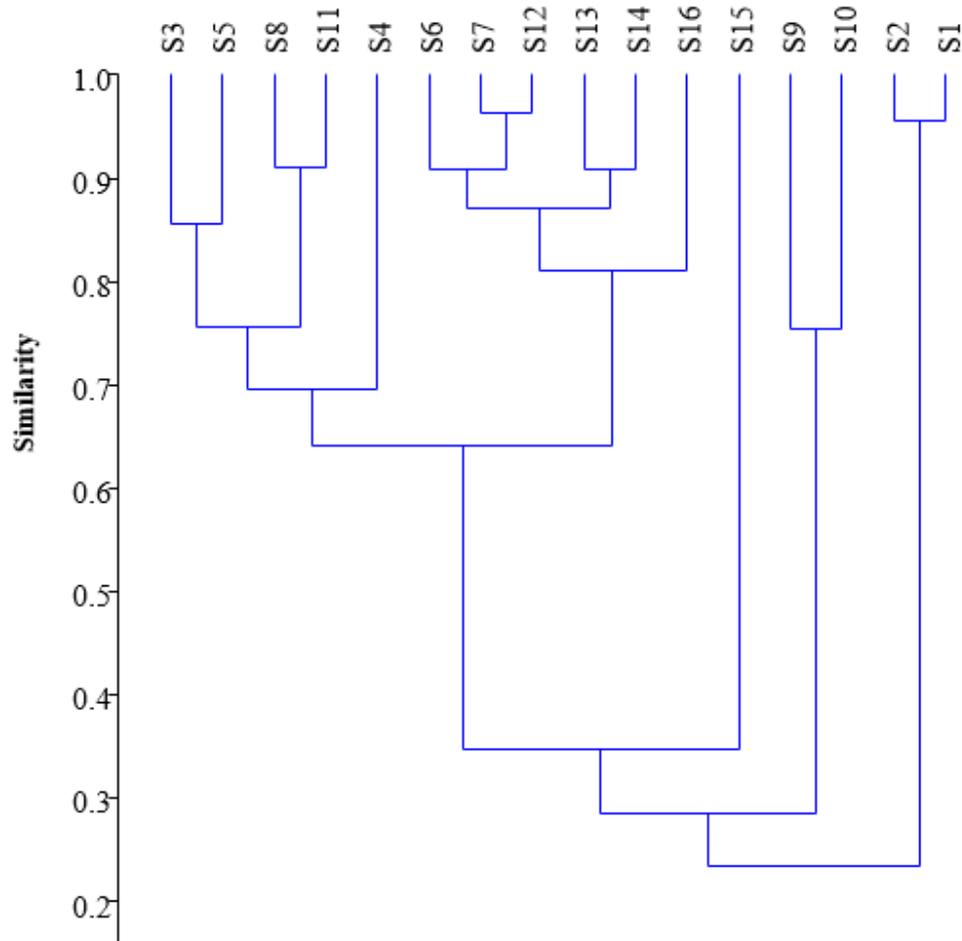


Figure 70. Dendrogramme de la distribution des stations d'étude en fonction des abondances saisonnières

7.3 Analyse en composantes principales

Cette étude est basée sur la connaissance de la disponibilité orthoptérique et donc la richesse spécifique des zones étudiées. L'examen des relevées du terrain relatif aux différentes espèces d'orthoptères fait apparaître plusieurs groupes distincts holistiquement influencés par la saisonnalité. Cette partie a été analysée par une ACP (Analyse en Composante Principale) effectuée avec PAST vers 1,95 (Hammer *et al.*, 2001). L'analyse est globalement acceptable dans la mesure où près de 60 % de la variance est exprimée sur les 2 premiers axes (figure 71). D'après les projections, la répartition des espèces apparaît dispersée, indiquant que globalement la disponibilité orthoptérique semble réagir différemment et individuellement aux caractères saisonniers et aux facteurs climatiques.

Cette variation saisonnière révèle que la disponibilité des orthoptères au niveau des stations : Ain Nahass (S1), Ibn badis (S2), le campus universitaire (S4), El Djiza (S10), El Akbia (S11) et Collo (S15) est plus riche au cours de la saison estivo-hivernale. Cette même disponibilité réagit positivement aux températures minimales et aux précipitations. Par ailleurs, la disponibilité des orthoptères au niveau des stations : Beni Hamidene (S7), Terrai Baynen (S9), Djerma (S12), Fesdis (S13) et Oum El Bouaghi (S14) est plus riche au cours de la saison hiverno-printanière. Il apparait que leur disponibilité est influencée par les fortes températures et l'altitude. Les espèces recensées au niveau des autres stations sont des espèces asaisonnales dont les facteurs climatiques n'influencent pas grandement leur disponibilité.

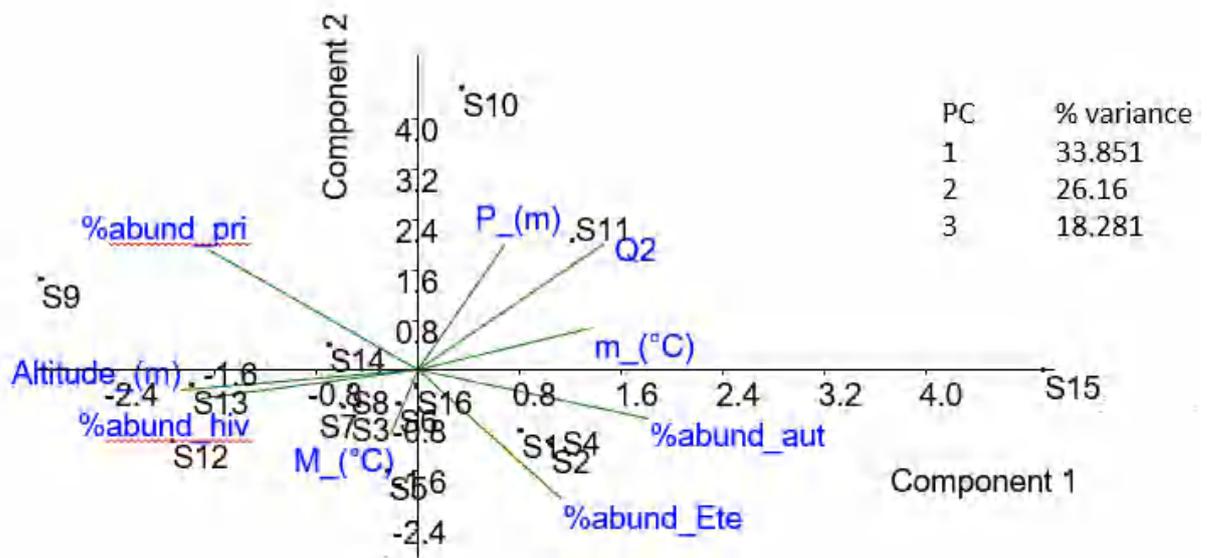


Figure 71. Analyse en composante principale de la disponibilité des orthoptères sur la base des facteurs climatiques

Discussion

Discussion

Les résultats de cette étude montrent que la région d'étude est très diversifiée, 51 espèces d'orthoptères recensées appartenant à sept familles et 17 sous familles. Cette richesse du peuplement d'orthoptères est certainement liée à la variabilité et l'hétérogénéité des biotopes. Ces résultats se rapprochent de ceux réalisés par de nombreux chercheurs dans l'Est algérien, à savoir : Harrat et Moussi (2007) qui ont signalé 31 espèces entre les deux régions Constantine et Biskra. Benkenana et Harrat (2009) ont recensé 30 espèces à Constantine. Betina *et al.* (2017) ont rapporté la présence de 21 espèces à Batna quant à Mahloul *et al.* (2016) ont inventorié 17 espèces à Oum El Bouaghi. De façon générale, la famille Acrididae montre une nette dominance sur le plan de la richesse taxonomique, elle est représentée par 28 espèces réparties en huit sous familles, cela peut s'expliquer suite à son adaptation aux conditions environnementales du milieu et à la végétation diversifiée. La dominance de la famille Acrididae a été signalée par Benkenana et Harrat (2009) et Benkenana *et al.* (2019). La sous-famille Oedipodinae est la plus répandue avec 12 espèces.

La dominance de la sous-famille Oedipodinae est signalée au niveau des sites Ain Nahass, Ibn Badis, Djebel El Ouahch, le campus universitaire, Hamma Bouziane, Beni Hamidene, Grarem Gouga, Terrai Baynen, El Djiza et El Akbia. Ces résultats obtenus confirment ceux obtenus préalablement par de nombreux chercheurs. L'étude de Rouibah et Doumandji (2013) sur la biodiversité des orthoptères dans le parc national de Taza à Jijel montre l'importante dominance de la sous-famille Oedipodinae par rapport aux autres sous-familles. Tekkouk (2012) fait état de la grande abondance des Oedipodinae dans les friches et les jachères près de Jijel. Selon lui l'abondance des sous-familles est conditionnée par le type d'habitat.

Cependant, la sous-famille Pamphaginae semble être la plus importante au niveau des stations Fesdis, El Hamma et Oum El Bouaghi.

Le type de la végétation et la richesse floristique pourraient expliquer ces résultats. Bouguessa en 2017, constate que les orthoptères sont dépendants des végétaux. Ces dernières constituent aussi bien un abri qu'une source de nourriture (Benjelloun *et al.*, 2014), mais pas seulement, en 2005, Branson rapporte que la prédation avienne affecte considérablement l'abondance des peuplements d'orthoptères. En effet, les oiseaux insectivores qui préfèrent les proies de taille moyenne favorisent l'abondance des espèces de petite taille. Mokhlesse *et al.* (2007) à leur tour ont expliqué la différence de l'abondance des espèces acridiennes par une variable dans leur longévité ou alors par une attaque par les prédateurs de façon sélective.

En Algérie, Chopard (1943) a mentionné 96 espèces d'ensifères alors que Sahnoun *et al.* (2010) ont réalisé une mise à jour des données taxonomiques sur les Ensifères en indiquant la présence de 118 espèces et sous-espèces. Mechai (2009) quant à lui, a mentionné la présence de 33 espèces d'ensifères dans six maquis naturels en Grande Kabylie. Le présent travail vient compléter leurs efforts afin de faire mieux connaître les ensifères de l'Est algérien. Une révision taxonomique des espèces d'ensifères recensées a été effectuée et confirmée par Professeur Bruno Massa.

Les investigations ont révélé la présence de huit espèces appartenant au sous-ordre Ensifera dans les stations prospectées dans l'Est algérien. Elles sont réparties en deux familles et quatre sous-familles.

La famille Tettigoniidae avec 10% du total des espèces identifiées, est représentée par cinq espèces et trois sous-familles (Phaneropterinae, Bradyporinae et Tettigoniinae). Ensuite, il y a la famille Gryllidae qui représente 6% avec trois espèces et une seule sous-famille (Gryllinae). Ces résultats démontrent des ressemblances et des dissemblances avec les études antérieures menées par Chopard (1943) et Sahnoun *et al.* (2010). En effet, les mêmes espèces identifiées dans cette étude ont déjà été mentionnées par Sahnoun *et al.* (2010). En outre, la taxonomie de certaines espèces a été actualisée, y compris l'espèce *Praehippiger a pachygaster* qui n'appartient plus à la sous-famille Ephippigerinae comme mentionné dans (Sahnoun *et al.*, 2010) mais bien à la sous-famille Bradyporinae. Cette espèce a été récolté dans les stations d'étude : Ain Nahass, Ibn Badis, le campus universitaire, Djebel EL Ouahch, El Baâraouia, Beni Hamidene, Grarem Gouga, El Akbia, Djerma et Fesdis lesquelles appartiennent à différents étages bioclimatiques. Fellaouine et Louveaux (1994) et Bounechada *et al.* (2006), ont rapporté qu'elle a été recensée à Sétif. Cela confirme que c'est une espèce omniprésente dans toutes les zones (humides, subhumides, semi-arides et arides). L'espèce *Decticus albifrons*, de la sous-famille Tettigoniinae, mentionnée par Finot (1896), Defaut et Hasnaoui (2016) et Sahnoun *et al.* (2010) à l'Ouest algérien. Nous l'avons récoltée dans plusieurs stations de l'Est algérien se situant dans deux étages bioclimatiques (semi-aride et humide). D'après Fontana *et al.* (2002), *Decticus albifrons* est répartie dans le bassin méditerranéen, des îles Canaries jusqu'au Sud-ouest de l'Asie.

L'espèce *Tessellana tessellata*, appartenant à la sous-famille Tettigoniinae, elle n'a été récoltée que dans une seule station à Constantine (Beni Hamidene). Elle a été citée par Finot (1896), Chopard (1943), Mekkioui (1997), Mechai (2009), Damerdji et Adjlani (2000) et Mekkioui et Mesli (2010) sous le nom de *Platycleis tessellata*. D'après Defaut et Hasnaoui (2016), elle est répartie depuis la région paléarctique occidentale, des Canaries jusqu'en Iran.

L'espèce *Odontura algerica*, appartenant à la sous-famille Phaneropterinae, est répartie dans tout le Nord africain (Chopard, 1943). Elle a déjà été citée par Mechai (2009) et Sahnoun *et al.* (2010) qui rapporte qu'elle est présente dans toutes zones (Humide, subhumide, aride, semi-aride et saharienne).

L'espèce *Gryllus bimaculatus*, qui appartient à la sous-famille des Gryllinae, a été prélevée massivement au stade adulte, dans les pièges installés au niveau des stations El Baâraouia et du Campus universitaire. Nishinokubi et Tomioka (2000), rapportent qu'elle passe de diurne à nocturne environ une semaine après la mue imaginale. D'après Gorochov et Llorente (2001), Cette espèce se trouve dans la moitié sud de la région paléarctique, depuis le Sud du Portugal, les départements méditerranéens de la France et l'Afrique du Nord jusqu'à l'Asie centrale, ainsi que dans les régions éthiopienne, malgache et indo-malaise. Elle a été signalée par Finot (1896), Chopard (1943), Damerdji et Kebbas (2007), Mechai (2009), Damerdji (2012, 2014) et Bouguessa (2017).

L'espèce *Eumodicogryllus bordigalensis*, appartient à la sous-famille Gryllinae, retrouvée dans les pièges au niveau de la station El Baâraouia. C'est une espèce méridionale nocturne qui fréquente en particulier les milieux pierreux, les carrières, les voies ferrées, les milieux rudéraux, prairies sèches, champs cultivés et vignes, elle se cache dans les fissures du sol pendant le jour ((Baur *et al.*, 2006, Bellmann et Luquet 2009). Selon Gorochov et Llorente (2001), c'est une espèce paléarctique. Defaut et Hasnaou (2016), affirment que son aire de répartition s'étend des îles Canaries, de l'Afrique du Nord et de l'Europe occidentale à l'Afghanistan et à l'Inde. Au Sud, jusqu'au Sahara. Elle a été citée par Finot (1896), Chopard (1943) et Sahnoun *et al.* 2010).

L'espèce *Sciobia algerica*, appartenant à la sous-familles Gryllinae. D'après la littérature consultée, elle n'a jamais été citée dans l'Est algérien. En effet, elle n'a été mentionnée que par Sahnoun *et al.* (2010) sous le nom de *Sciobia algiricus* à Beni Mansour en Algérie. Elle a été collectée dans les pièges au niveau de la station El Baâraouia ce qui laisse supposer que cette espèce pourrait être nocturne.

Une étude bioécologique de deux espèces : *Paratettix meridionalis* et *Praehippiger a pachygaster* a été élaborée. Ces deux espèces sont peu connues en Algérie. La première est la seule espèce qui représente la famille Tetrigidae en Algérie. La seconde espèce a fait l'objet d'une révision taxonomique.

Dans la première partie, l'étude bioécologique vise à présenter les deux espèces et leurs analyses morphométriques. Dans la seconde partie, les résultats obtenus portent sur le cycle de développement, le régime alimentaire et la distribution géographique des deux espèces.

L'espèce *Paratettix meridionalis* a été signalée dans la région de Constantine par Moussi (2012), à Bordj El Kiffan par Belhadj et Nouasri (1995), dans la Mitidja *P. meridionalis* est présent sous sa forme larvaire et adulte durant tous les mois de l'année (Hamadi, 1998). Suite aux résultats d'analyses des fèces, on constate que les familles de plantes : Asteraceae, Brassicaceae, Lamiaceae et Poaceae sont présentes dans les fèces de *P. meridionalis*. Les Asteraceae sont les plus consommées avec une fréquence de 50% ; cela est lié à la dominance de cette famille de plantes sur le milieu, suivies des Poaceae avec 25%, Brassicaceae, Lamiaceae et Fabaceae avec 8,3%. Les Apiaceae ne sont pas consommées. Il existe plusieurs types de régime alimentaire chez les sauterelles (i) forbivores (= herbivores), qui se nourrissent principalement de plantes dicotylédones, (i i) graminivores, qui se nourrissent principalement de plantes appartenant à la famille des Poaceae, et (i i i) ambivores qui se nourrissent de plantes appartenant aux deux groupes. *P. meridionalis* consomme de nombreuses espèces de plantes, il est donc polyphage (Uvarov, 1943).

La répartition géographique montre que l'espèce *P. meridionalis* est présente dans cinq régions : Constantine, Mila et Oum El Bouaghi qui se situent dans la zone bioclimatique semi-aride, Biskra dans la zone aride et Jijel dans la zone humide. Elle est donc présente à une altitude de 9m à 994m. La distribution de cette espèce dans le cadre de notre étude reste limitée du fait que la plupart des zones étudiées appartiennent à la zone bioclimatique semi-aride. L'espèce *P. meridionalis* est encore recueillie dans les zones humides. A Bordj El Kiffan (Alger), elle a été capturée durant la majeure partie de l'année ce qui signifie que la zone humide offre les conditions les plus favorables pour cette espèce et la famille des Tetrigidae (Belhadj et Nouasri, 1995). Les conditions climatiques affectent directement la progression et la répartition géographique des espèces de criquets et de sauterelles.

L'espèce *Praehippiger pacygaster* a été collectée dans différentes stations de l'Est algérien avec une très forte densité. Il a été constaté que sa présence augmentait en grand nombre à chaque sortie sur terrain, cette espèce étant encore mal connue en Algérie avec un manque de travaux réalisés sur elle nous a incité à en savoir plus.

Les résultats de l'étude du régime alimentaire indiquent que cette espèce consomme les familles des Asteraceae avec deux espèces (*Carthamus lanatus*, *Echinops spinosus*) et des Poaceae (*Hordeum sp*). Cependant, la corrélation entre l'abondance sur terrain et le contenu

des fèces n'est pas très significative. Cela nous amène à confirmer que cette espèce a des préférences alimentaires. Benkenana *et al.* (2013) ont signalée que les espèces de la famille Pamphagidae ont des préférences alimentaires. Ce constat a été également mentionné chez d'autres Acridomorpha, connus pour être polyphages, dont *Schistocerca gregaria* (Guendouz-Benrima *et al.*, 2010). Les résultats montrent également la présence de fragments dans le tube digestif de *P. Pachygaster*, qui constituent des morceaux de petits membres d'insectes et d'autres arthropodes, ce qui permet d'affirmer que cette espèce peut aussi être omnivore. Selon la littérature, le régime carnivore est connu chez certaines espèces d'orthoptères. Le régime alimentaire de *P. pachygaster* est polyphage, il constitue un mélange de phytophage et omnivore avec une préférence marquée pour les Asteraceae. Les plantes consommées sont limitées à six plantes, dont trois sont les plus consommées par les mâles et les femelles: *Carthamus lanatus*, *Echinops spinosus*, *Hordeum sp.* Le taux de fécondité est de 48 œufs par oothèque.

Le but de l'étude de la richesse, qu'elle soit totale ou moyenne est de déterminer l'importance des espèces dans chaque station. Les valeurs de la richesse totale et moyenne sont variables selon les mois et les stations prospectées (Rouibah, 2018). Les résultats ont mis en évidence une nette différence de biodiversité d'orthoptères entre les stations d'étude.

L'analyse comparative des résultats de la diversité de la faune orthoptérique des différentes stations de l'Est algérien révèle une différence de la richesse spécifique qui varie d'une station à une autre. Elle indique une forte diversité au niveau de la station Fesdis qui a le plus grand nombre d'espèces (27) suivie de Grarem Gouga (25 espèces), Djerma (24 espèces), Ain Nahass (22 espèces), Ibn Badis et Oum El Bouaghi (19 espèces), Djebel El Ouahch (18 espèces). Cette richesse est peut-être dû à une meilleure adaptation des espèces aux biotopes. La station Hama Bouziane est composée de 14 espèces. Elle est suivie de Beni Hamidene, le campus universitaire et El Akbia avec 13 espèces, puis El Hama et Terrai Baynen sont relativement moins riches et possèdent 11 espèces.

En revanche, les stations El Baâraouia, El Djiza et Collo ont une faible diversité, elles sont représentées par 10 espèces. Cette différence pourrait être liée au nombre inégal de sorties effectuées au niveau de ces stations ce qui peut jouer en faveur des espèces absentes.

Les espèces dominantes selon leur richesse moyenne se présentent différemment d'une station à une autre. Il ressort que pour les stations Ain Nahass, Ibn Badis, Djebel El Ouahch, El Baâraouia, Beni Hamidene, Terrai Baynen, Djerma et El Hama, l'espèce *Ocneridia volxemii* se révèle la plus abondante, d'après Louveaux *et al.* (2021), cette espèce est maghrébine. Elle

est parfois très répandue sur les hauts plateaux de manière similaire à celle de l'espèce *Doclostaurus maroccanus*, elle a une forte pullulation et entraîne de graves dommages aux cultures (Chopard, 1943). Quant à la station Campus universitaire, l'espèce *Paratettix meridionalis* occupe une place prépondérante.

La station de Hamma Bouziane a enregistré la valeur la plus élevée pour l'espèce *Oedipoda fuscocincta fuscocincta*.

Pour ce qui est des deux stations Grarem Gouga et El Akbia, l'espèce *Thalpomena algeriana algeriana* est la prédominante. La station d'El Djiza de son côté, a été marquée par l'abondance de l'espèce *Aiolopus strepens*. A la station Fesdis, l'espèce *Praephippigera pachygaster* est la plus fréquente.

L'espèce *Calliptamus barbarus barbarus* est la mieux représentée à la station Oum El Bouaghi. Quant à la station de Collo, la dominance de l'espèce *Odontura algerica* est remarquable.

Les indices de diversité sont le plus souvent employés dans le but de recueillir des informations sur la répartition, la richesse et la diversité des espèces dans une région déterminée.

Selon Blondel (1979), plus grand est l'indice de Shannon-Weaver, plus diversifiée sera la communauté. Il est très élevé à Fesdis (3,3bits) mais varie selon les stations. Cette station offre des conditions microclimatiques plus favorables au développement des orthoptères. La valeur la plus faible est notée à El Baâraouia, El Djiza et Collo. Ceci traduit une dominance particulière sur la distribution des individus des différentes espèces au niveau des sites Fesdis, Grarem Gouga, Djerma, Ain Nahass, Ibn Badis, Oum El Bouaghi et Djebel El Ouahch. Ces stations sont les plus diversifiées. Selon Betina (2018), l'indice de Shannon à Djerma est de 2,65bits.

Les indices de similarité sont généralement faibles, indiquant une différence assez importante entre les stations. Cependant, Fesdis et Djerma sont les stations les plus similaires. Tandis qu'El Hamma et Terrai Baynen sont les moins similaires. Cette similitude pourrait être liée à la situation des sites d'étude à différents étages bioclimatiques.

L'objectif de l'étude bioclimatique est d'analyser la diversité des orthoptères en fonction des contraintes climatiques.

La diversité des espèces par station peut indiquer que certaines stations sont plus ou moins attractives. L'inventaire a été dressé sous un climat méditerranéen, dans trois étages

bioclimatiques différents. Les résultats ont fait ressortir une nette différence dans la biodiversité des orthoptères entre les différents étages bioclimatiques.

Dans l'Est algérien, la présence des orthoptères est maximale à l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais. En effet, les exigences éco biologiques et physiologiques sont assurées de manière optimale dans cette zone. Benkenana (2013) a constaté que les étages méditerranéens semi-arides et subhumides correspondaient aux conditions les plus propices à la famille des Pamphagidae.

Nos résultats montrent que la répartition des espèces orthoptériques est influencée par la température et le Q₂. Les variations dans la diversité des orthoptères sont peut-être liées à la différence des conditions écologiques causées par les variations climatiques avec l'altitude qui influencent la richesse spécifique des insectes ainsi que leur distribution (Whittaker *et al.*, 2001).

L'espèce *Ocneridia microptera* est présente dans trois stations d'étude seulement : Ain Nahass, Fesdis et Oum El Bouaghi se situant dans l'étage bioclimatique semi-aride. Benkenana (2013) a indiqué sa présence au niveau de deux stations situées dans les localités Constantine et Sétif.

Les espèces *Pamphagus djelfensis*, *Pamphagus auresianus* et *Pamphagus batnensis* se répartissent dans les étages bioclimatiques semi-arides situés entre 886m et 1049m d'altitude. Ces résultats confirment les travaux menés par Benkenana (2013) qui a noté la présence de ces trois espèces dans les monts de l'Aurès à Khenchela et Batna entre 980m et 1200m.

L'espèce *Locusta migratoria cinerascens* est recensée à Constantine (Ain Nahass, Ibn Badis et El Baâraouia) et Mila (Grarem Gouga) entre 640m et 830m d'altitude à l'inverse des résultats obtenus par Allal-Benfekih et Petit (2008) qui ont trouvé cette espèce dans les étages bioclimatiques humides et sub-humides entre zéro et 1500m d'altitude.

Les résultats de cette étude sont traités par des analyses statistiques un utilisant PAST vers 1,95 (Hammer *et al.*, 2001).

Il découle qu'il y a bien une proportionnalité entre l'abondance des espèces orthoptériques et leur richesse, ce qui montre qu'il n'y a pas de milieu très perturbé qui augmenterait exagérément une espèce très résistante.

Quant aux facteurs environnementaux influençant la richesse en orthoptères, notamment l'altitude, une richesse maximale est constatée vers 850-900 m d'altitude.

A l'issue de la CAH, les stations ont été regroupées en cinq clusters. Le cluster 2 regroupe le plus grand nombre de stations. Les stations Djerma et Beni Hamidene sont les stations les plus semblables avec un indice de dissimilarité le plus faible.

La CAH est certes intéressante pour regrouper les stations, mais ne permet pas de connaître les caractéristiques qui différencient les clusters. Pour cette raison, elle est suivie d'une analyse en composantes principales qui permet de vérifier la fiabilité des groupes formés et de mettre en évidence leurs spécificités.

La répartition des espèces se révèle assez dispersée, indiquant que la disponibilité globale des orthoptères réagit de manière différente et individuelle aux caractéristiques saisonnières et aux conditions climatiques. D'après Betina (2018), le climat peut intervenir comme facteur limitant sur le cycle des espèces acridiennes.

La variation saisonnière subdivise la disponibilité et la richesse des orthoptères dans les stations d'étude en trois groupes ; estivo-hivernale où les températures minimales et les précipitations affectent de manière positive la présence des orthoptères, hiverno-printanière où les températures élevées et l'altitude exercent une influence sur leur disponibilité. Le troisième groupe est composé d'espèces asaisonnales qui ne sont pas particulièrement soumises à l'influence des facteurs climatiques.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

L'étude biosystématique de la faune des orthoptères dans 16 stations de l'Est algérien durant trois années (2018, 2019 et 2020) a permis d'inventorier 51 espèces appartenant à deux sous-ordres, sept familles et 17 sous-familles. Le sous-ordre Caelifera semble être le plus représentatif avec 43 espèces, Quant au sous-ordre Ensifera, il est représenté par seulement huit (8) espèces. La famille Acrididae est la plus abondante avec 28 espèces. La sous-famille Oedipodinae se révèle être la plus importante avec 12 espèces, elle représente 24%, suivie de la sous-famille Pamphaginae qui est également bien diversifiée et représente 20% de la richesse totale.

En tenant compte de la littérature consultée, les recherches sur les orthoptères se sont pour la plupart focalisées sur les caelifères, peu de publications ont été effectuées sur les ensifères, d'où notre travail qui a permis d'enrichir la faune de l'Est algérien.

Il est à noter que l'espèce *Sciobia algirica*, appartenant au sous-ordre Ensifera, à la famille Gryllidae et la sous-famille des Gryllinae n'a jamais été citée dans l'Est algérien.

La famille Tettigidae est représentée avec une seule espèce ; *Paratettix meridionalis* qui a fait l'objet d'une étude bioécologique. Les prospections et le suivi de cette espèce montrent qu'elle a deux générations par an. Pour l'étude du régime alimentaire de cette espèce, Les résultats de l'analyse des fèces des mâles et des femelles révèlent qu'elle consomme des plantes qui appartiennent à deux familles essentielles : Asteraceae et Poaceae.

L'étude bioécologique de l'espèce *Praephippigera pachygaster* (Lucas, 1849) de la famille des Tettigoniidae montre que cette espèce est polyphage avec une préférence pour les plantes des familles Asteraceae et Poaceae. Cette espèce est présente avec une pullulation marquée au niveau de la station Fesdis et El Hamma pendant la période d'étude.

Les résultats forment un ensemble de bases de données pour les recherches futures. Il faut noter que l'inventaire reste à compléter de manière très approfondie dans toute la région de l'Est algérien.

L'ensemble des données obtenues dans le cadre de ce travail sont très riches en informations sur les espèces.

Les résultats relatifs à la richesse spécifique ont révélé une grande variabilité d'un milieu à un autre. Elle varie d'une station à une autre. En effet, la station Fesdis est la plus diversifiée.

A partir des indices écologiques de composition et de structure, l'étude de la bioécologie du peuplement des orthoptères de la région de l'Est algérien a souligné que les espèces

prédominantes en fonction de leur richesse moyennes se révèlent différentes d'une station à une autre.

Les conditions climatiques, le type de végétation et la disponibilité des ressources alimentaires sont les principaux facteurs qui influencent la diversité des orthoptères. Les bioclimogrammes réalisés pour les orthoptères de l'Est algérien permettent de constater que la plus grande partie des espèces répertoriées appartient à l'étage bioclimatique semi-aride. Il ressort que leur disponibilité de la faune orthoptérique est influencée par les températures élevées, les précipitations et l'altitude.

Le présent travail n'est réalisé que dans 16 stations de l'Est algérien, la liste de la faune orthoptérique reste incomplète. Il est nécessaire de réaliser davantage de travaux dans d'autres stations et faire une étude détaillée sur les espèces ayant un intérêt écologique et économique. Ces études permettent de protéger les cultures et préserver la biodiversité.

Il serait intéressant également de poursuivre et d'approfondir les études sur les orthoptères en procédant à de nouvelles techniques moléculaires (la phylogénie) et de se projeter vers la mise en place de collections de référence des ensifères d'Algérie.

Références

Références

- Allal-Benfekih, L. (2006) Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques. Thèse de doctorat, Alger, Algérie, 144 pp.
- Allal-Benfekih, L. & Petit, D. (2008) Distribution altitudinale de *Locusta migratoria* ssp. *Cinereascens* dans le nord algérien : y a-t-il un changement climatique global ? p. 33-42 in : Boitier E., Sourp E., Petit D. (eds). Insectes d'altitude, insectes en altitude. 1 Actes des premières rencontres entomologiques du Massif Central, ed. PNR Livradois-Forez and Société d'Histoire Naturelle Alcide d'Orbigny, St-Gervais-sous-Meymont, Aubière.
- Anderson, N.L. (1964) Some Relationships between Grasshoppers and Vegetation1. *Annals of the Entomological Society of America*, 57, 736–742.
- Appert J. & Deuss, J. (1982) Les Ravageurs des cultures vivrières et maraîchères sous les tropiques. G.-P. Maisonneuve & Larose (13 quai André Citroen 75015); Agence de coopération culturelle et technique, Paris, 1420 pp.
- Badenhausser, I. & Cordeau, S. (2012) Sown grass strip—A stable habitat for grasshoppers (Orthoptera : Acrididae) in dynamic agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 159, 105–111.
- Barataud, J. (2003) Orthoptères et milieux littoraux-Influence de la gestion des habitats herbacés sur les ressources trophiques et enjeux pour la biodiversité. Rapport de BTS Gestion des Espaces Naturels, session, 2005.
- Baur, B., Baur H., Roesti C., Roesti D. & Thorens P. (2006) Sauterelles, grillons et criquets de Suisse. Haupt, Berne, Stuttgart, Vienne, 352 pp.
- Belattar, H. (2007) Diversité dans la végétation cultivée de la région de Mila : inventaire et caractéristiques biologiques. Thèse de magister, Constantine, Algérie, 118 pp.
- Belhadj, H. & Nouasri, H. (1995) Contribution à l'étude bioécologique des orthoptères de la région de Bordj El-Kiffan. Thèse de magister, El Harrach, Alger.
- Bellmann, H. & Luquet, G.C. (1995) Guide des sauterelles, grillons et criquets d'Europe occidentale. Delachaux et Niestlé, Paris, 1383 pp.
- Bellmann, H. & Luquet, G.C. (2009) Guide des sauterelles, grillons et criquets d'Europe occidentale. Delachaux et Niestlé, Paris, 1383 pp.
- Beloula, S. (2010) Etude sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas dans le Parc National de Belezma (Wilaya de Batna). Thèse de magister, Batna, Algérie, 60 pp.
- Belovsky, G.E. & Slade, J.B. (2002) An ecosystem perspective on grasshopper control : possible advantages to no treatment. *Journal of Orthoptera Research*, 11, 29–35.
- Benharzallah, N. (2004) Contribution à l'inventaire et étude bio systématique de la faune Acridienne dans la région des Aurès, wilaya de Batna, Algérie. Thèse de magister, Constantine, Algérie, 141 pp.
- Beniston, W.S. (1984) Fleurs d'Algérie. Entreprise nationale du livre Alger, Algérie, 359 pp.
- Benjelloun, M., El Ghadraoui, L., Essakhi, D., Alfiguigui, J. & Errabhi, N. (2014) Contribution à l'étude de la diversité des Orthoptères acridiens dans le Moyen Atlas (Maroc)., 10 pp.

- Benkenana, N., Benchiheub, S. & Zaabat, N. (2019) Contribution à la connaissance de la faune acridienne (Orthoptera, Caelifera) dans la région de Mila (Est algérien). *Agrobiologia*, 9, 1302–1310.
- Benkenana, N. ; Massa, B. (2017) A new species of *Pamphagus* (Orthoptera : Pamphagidae) from Algeria with a key to all the species of the genus. *Zootaxa*, 4254(1) :102.
- Benkenana, N., HARRAT, A. & Petit, D. (2013) Analysis of the number of sensilla on the labrum and the diet of grasshoppers belonging to the family Pamphagidae (Orthoptera). *European Journal of Entomology*, 110, 355–364.
- Benkenana, N. (2013) Inventaire et analyse bio systématique de la famille des Pamphagidae (Orthoptera, Caelifera) de l’Est algérien. Thèse de doctorat, Université Frères Mentouri Constantine 1, 136 pp.
- Benkenana, N., Harrat, A. & Petit, D. (2012) The Pamphagidae (Orthoptera) from East Algeria and description of a new species. *Zootaxa*, 3168, 22.
- Benkenana, N. & Harrat, A. (2009) Contribution to the systematic study of grasshopper fauna (Orthoptera, Caelifera) and some bio-ecological aspects of economic importance of species in the Constantine region (Eastern Algeria). *Emirate Journal of Food and Agriculture*, 21, 40–47.
- Benmadani, S. (2017) Les orthoptères de la région de Djelfa. Biosystématique et régime alimentaire de quelques espèces. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d’Agronomie, Alger, Algérie, 205 pp.
- Benzara, A., Doumandji, S. Rouibah, M. & Voisin J.F. (2003) Étude qualitative et quantitative de l’alimentation de *Calliptamus Barbarus* (Costa, 1836) (Orthoptera-Acrididae). *Revue d'Ecologie*, 58, 187–196.
- Benzara, A. Touati, M., Doumandji-Mitiche, B. & Doumandji, S.E. (1993) Régime alimentaire du genre *Calliptamus* (Serville, 1831) (Orthoptera - Acrididae) sur le littoral oriental algérois. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, 58.
- Bernays, E.A. & Chapman, R.F. (1970) Experiments to Determine the Basis of Food Selection by *Chorthippus parallelus* (Zetterstedt) (Orthoptera : Acrididae) in the Field. *The Journal of Animal Ecology*, 39, 761.
- Betina, S.I. (2018) Analyse systématique et étude bio-écologique de la faune des acridiens (Orthoptera, Acridomorpha) de la région des Aurès, Batna, Algérie. Thèse de doctorat, Université Frères Mentouri Constantine 1, Constantine, Algérie, 137 pp.
- Betina, S.I., Harrat, A. & Petit, D. (2017) Analysis grasshopper diversity and associated factors involved in grasshopper diversity in arid Aurès mountains (Batna, Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5, 339–348.
- Bligh, J. & Johnson, K.G. (1973) Glossary of terms for thermal physiology. *Journal of applied physiology*, 35, 941–961.
- Blondel, J. (1979) Biogéographie et écologie. Synthèse sur la structure, la dynamique et l’évolution des peuplements de Vertébrés terrestres. Masson, Paris etc., 173 pp.
- Bonnemaison, L. (1962) Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts. Editions SEP, Paris, France.
- Boudjedjou, L. (2010) Etude de la flore adventice des cultures de la région de Jijel. Thèse de magister, Sétif, Algérie, 155 pp.

- Bougoussa, S. (2017) Contribution à l'étude bioécologique des orthoptères de la région de Tebessa. Thèse de doctorat, Annaba, Algérie, 165 pp.
- Boukhechem, R. (2010) Expérimentation Participative et Adaptative de Modèles de Gestion des Ressources Forestières dans la Chaîne Montagneuse de l'Atlas (Algérie, Maroc, Tunisie) : partie Algérie « zones forestières de Bouhmama et M'Sara wilaya de Khenchela », 20 pp.
- Bounechada, M. (2007) Etude bioécologique et essais de lutte biologique sur *Ocneridia volxemi* Bol. (Orthoptera, Pamphagidae) dans la région de Sétif. Thèse de doctorat, Sétif, Algérie, 177 pp.
- Bounechada, M., Doumandji, S. & Ciplak, B. (2006) Bioecology of the Orthoptera species of the Setifian Plateau, north-east Algeria. *Turkish Journal of Zoology*, 30, 245–253.
- Bowen, A., Hill M.P., Byrne, M.J. (2013) Nutrient-mediated effects on *Cornops aquaticum* Bruner (Orthoptera : Acrididae), a potential biological control agent of water hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Pontederiaceae). *Biol Control*, 67(3) :548–554.
- Branson, D.H. (2005) Direct and Indirect Effects of Avian Predation on Grasshopper Communities in Northern Mixed-grass Prairie. *Environmental Entomology*, 34, 1114–1121.
- Bugrov, A., Novikova, O., Mayorov, V., Adkison, L. & Blinov, A. (2006) Molecular phylogeny of Palaearctic genera of Gomphocerinae grasshoppers (Orthoptera, Acrididae). *Systematic Entomology*, 31, 362–368.
- Busnel, M., Degrois, M. & Busnel, R.G. (1953) Variations des stridulations de *Locusta migratoria* mâle, selon la patte utilisée par l'insecte. *Physiologia comparata et oecologia*, 18–24.
- Chang, H., Qiu, Z., Yuan, H., Wang, X., Li, X., Sun, H., Guo, X., Lu, Y., Feng, X., Majid, M. & Huang, Y. (2020) Evolutionary rates of and selective constraints on the mitochondrial genomes of Orthoptera insects with different wing types. *Molecular phylogenetics and evolution*, 145, 106734.
- Chopard, L. (1943) Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord. Librairie Larose, 549 pp.
- Chopard, L. (1951) Orthoptéroïdes. Le chevalier, Paris, France, 359 pp.
- Chown, S. L. & Nicolson, S. (2004) Insect Physiological Ecology: mechanisms and patterns, Oxford University Press.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. (2001) Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. 2nd Edition, PRIMER-E, Ltd., Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.
- Côte, M. (1974) Les régions bioclimatiques de l'Est algérien. CUREN, Constantine, Algérie, 6 pp.
- Dajoz, R. (1971) Précis d'écologie. Dunod, Paris, 434 pp.
- Dajoz, R. (1975) Précis d'écologie. Dunod, Paris, 549p.
- Dajoz, R. (1985) Précis d'écologie. Dunod, Paris, 505 pp.
- Dajoz, R. (1996) Précis d'écologie. Dunod, Paris, 551 pp.
- Damerджи, A. (2014) Diversité orthoptérologique sur différentes plantes dans la région de Tlemcen., 9 pp.

- Damerdji, A. (2012) Les Orthoptéroïdes sur différentes plantes dans la région de Tlemcen (Algérie). *Afrique Science*, 8, 82–92.
- Damerdji, A. & Adjlani, M. (2000) Entomofaune du Diss (*Ampelodesma mauritanicum*, Graminées). Inventaire et aperçu bioécologique dans la région de Tlemcen. *L'entomologiste*, 56, 107–117.
- Damerdji A. & Kebbas C. (2007) Diversité et approche écologique des orthoptéroïdes dans la plaine de Maghnia (Région de Tlemcen). *Science Lib.*, 109–123.
- Defaut, B. & Hasnaoui, H. (2016) Pré-inventaire des Orthoptéroïdes des monts de Tlemcen et des environs immédiats (Algérie nord-occidentale) (Orthoptera, Mantodea, Phasmida). *Matériaux Orthoptériques et Entomocénétiques*, 21, 5–33.
- Defaut, B., Morichon, D., Morin, D. & Puissabt, S. (2013) L'étude de phylogénie moléculaire réalisée par Ma et al. (2012) sur le Criquet migrateur : nouvelles conclusions taxonomiques (Caelifera, Acrididae, Locustinae). *Matériaux Orthoptériques et Entomocénétiques*, 45–57.
- Derrouiche, C., Benkenana, N. & Guerfi, I. (2020) bioecology study of the species *Paratettix meridionalis* (tetrigidae, orthoptera) in constantine region, eastern algeria. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 12, 1160–1170.
- Descamps, M. & Mounassif, M. (1972) Le complexe *Orchamus*, *Paracinipe*, *Acinipe* et *Pamphagus* (Acridomorpha Pamphagidae). *Acrida*, 1, 247–303.
- Dierl, W. & Ring, W. (2009) Guide des insectes. La description, l'habitat, les mœurs. Delachaux et Niestlé, Paris, 237 pp.
- Dirsh, V.M. (1965) The African Genera of Acridoidea. Anti-locust centre, Cambridge, Cambridge University, 579 pp.
- Doumandji, S. & Doumandji-Mittiche, B. (1994) Criquets et sauterelles (Acribologie), 99 pp.
- Doumandji, S., Doumandji-Mittiche, B. & Tarai, N. (1993) Les peuplements orthoptérologiques dans les palmeraies à Biskra : Etude du degré d'association entre les espèces d'orthoptères. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent*, 58 a, 355-360.
- Doumandji, S.E., Doumandji-Mitiche, B. & Hamadache, H. (1992) Place des Orthoptères en milieu agricole dans le régime alimentaire du Héron garde-boeuf *Bubulcus ibis* Linné à Drâa El Mizan en Grande Kabylie (Algérie). *Med. Fac. Landbouww., Univ. Gent*, 57/3 a : 675 – 678.
- Doumandji-Mitiche, B. (1995) Aperçu sur la systématique des orthoptères, stage de, 10 pp., IX, 17–27.
- Duranton, J.F., Launois – Luong, M. H & Lecoq, M. (1982) Manuel de prospection acridienne en zone Tropicale sèche, Paris, France, 695 pp.
- Duranton, J.F. & Launois, M. (1987) Guide antiacridien du Sahel. Ministère de la coopération ; CIRAD [Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement] ; PRIFAS [Programme de recherche interdisciplinaire français sur les acridiens du Sahel], Paris, Montpellier, 1343 pp.
- Eades, D.C., Otte, D., Cigliano, M.M. & Braun, H. (2021) Orthoptera Species File Online. Version 2.0/4.0. <http://orthoptera.speciesfile.org/> (accès le 20 Octobre 2021).

- El Ghadraoui, L., Petit, D. & El Yamani, J. (2003) Le site Al-Azaghar (Moyen-Atlas, Maroc) : un foyer grégarigène du criquet marocain *Dociostaurus maroccanus* (Thunb., 1815). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 83–88.
- Evans, E.W. (1988) Grasshopper (Insecta : Orthoptera : Acrididae) assemblages of tallgrass prairie : influences of fire frequency, topography, and vegetation. *Canadian Journal of Zoology*, 66, 1495–1501.
- Fath, B.D. & Cabezas, H. (2004) Exergy and Fisher Information as ecological indices. *Ecological Modelling*, 174, 25–35.
- Faurie, C., Ferra, C., Médori, P., Devaux, J. & Hemptinne, J.-L. (2011) *Écologie. Approche scientifique et pratique*. Éditions Tec&Doc ; Lavoisier, Paris, 488 pp.
- Feistner, A.T. (2004) *Biodiversity: An Introduction (Second Edition)* by Kevin J. Gaston & John I. Spicer (2004), xv + 191 pp., Blackwell Publishing, Oxford, UK. *Oryx*, 38, 465.
- Fellaouine, R. & Louveaux, A. (1994) Spatial and Temporal Distribution of *Praehippiger pacygaster* Lucas (Orthoptera, Tettigoniidae) in Relation to the Vegetation Structure of an Agrosystem. *Journal of Orthoptera Research*, 91.
- Fenn, J.D., Song, H., Cameron, S.L. & Whiting, M.F. (2008) A preliminary mitochondrial genome phylogeny of Orthoptera (Insecta) and approaches to maximizing phylogenetic signal found within mitochondrial genome data. *Molecular phylogenetics and evolution*, 49, 59–68.
- Finot, A. (1896) Faune de l'Algérie et de la Tunisie. Insectes Orthoptères. *Annales de la Société entomologique de France*, 65, 513–628.
- Fontana, P., Kleukers, R.M. & Roy M.J.C. (2002) The Orthoptera of the Adriatic coast of Italy (Insecta : Orthoptera). *Biogeographia – The Journal of Integrative Biogeography*, 23.
- Gandar, M.V. (1982) The dynamics and trophic ecology of grasshoppers (Acridoidea) in a South African savanna. *Oecologia*, 54, 370–378.
- Gangwere, S.K., McKinney, J.C., Ernemann, M.A. & Bland, R.G. (1998) Food Selection and Feeding Behavior in Selected Acridoidea (Insecta : Orthoptera) of the Canary Islands, Spain. *Journal of Orthoptera Research*, 1-21.
- Gardiner, T., Pye, M., Field, R. & Hill, J. (2002) The influence of sward height and vegetation composition in determining the habitat preferences of three *Chorthippus* species (Orthoptera : Acrididae) in Chelmsford, Essex, UK. *Journal of Orthoptera Research*, 11, 207–213.
- Gillon, D. (1983) The fire problem in tropical savannas. In : Bourliere, F. Ed., *Tropical Savannas*, Volume 13 of *Ecosystems of the World*, Elsevier, Amsterdam, 617-642.
- Gorochoy, A.V. & Llorente, V. (2001) Estudio taxonomico preliminar de los Grylloidea de España (Insecta, Orthoptera). *Graellsia*, 57, 95–139. [https://doi :10.3989/graellsia.2001.v57.i2.281](https://doi.org/10.3989/graellsia.2001.v57.i2.281)
- Greathead, D.J. (1992) La lutte biologique, arme prometteuse pour les acridiens. La lutte biologique contre les acridiens, sous la direction de CJ Lomer et C. Prior, 4-7.
- Greathead, D.J., Kooyman, C., Popov, G.B., & Launois-Luong, M.H. (1994) Les ennemis naturels des criquets du Sahel, Montpellier, 85 pp.
- Grimaldi, D.A. & Engel, M.S. (2005) *Evolution of the insects*. Cambridge university press, Cambridge (GB), New York, Melbourne etc., 755 pp.

- Guendouz-Benrima, A., Doumandji-Mitiche, B. & Petit, D. (2011) Effects of weak climatic variations on assemblages and life cycles of Orthoptera in North Algeria. *Journal of Arid Environments*, 75, 416–423.
- Guendouz-Benrima, A. & Duranthon, J.F. & Doumandji-Mitiche, B. (2010) Préférences alimentaires de *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) à l'état solitaire dans les biotopes du Sud Algérien. *Journal of Orthoptera Research*, 19, 7–14.
- Hamadi, K. (1998) Bioécologie de peuplements orthoptérologiques en Mitidja. Etude de l'activité biologique d'extraits de plantes acridifuges sur *Aiolopus strepens* (Latreille, 1804) (Orthoptera, Acrididae). Thèse de magister, El Harrach, Alger.
- Hammer, D. & Harper, P.D. & Ryan, P.A.S. (2001) Paleontological statistics software package for education and data analysis, *Palaeontologica Electronica*.
- Harrat, A. & Moussi, A. (2007) Inventaire de la faune acridienne dans deux biotopes de l'Est Algérien. *Sciences & Technologie*, 26, 99–105.
- Hickling, R., Roy, D. B., Hill, J. K., Fox, R. & Thomas, C. D. (2006). The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Global Change Biology*, 12, 450–455. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01116.x>
- Hochkirch, A. & Gröning, J. (2008) Sexual size dimorphism in Orthoptera (sens. str.) -a review. *Journal of Orthoptera Research*, 17, 189–196.
- Houlbert, C. (1924) Thysanoures-Dermaptères et Orthoptères de France de et la faune européenne. I. Thysanoures-Dermaptères et Orthoptères de France de et la faune européenne., Paris, 377 pp.
- IBM SPSS Statistics for Windows. (2017) IBM Corp.
- Industrie.gov.dz. (2013) industrie. Accès le 25 Décembre 2021. À partir de : <https://www.industrie.gov.dz/Agence-Nationale-de-Developpement>.
- Joern, A., Danner, B.J., Logan, J.D. & Wolesensky, W. (2006) Natural History of Mass-Action in Predator-Prey Models: A Case Study from Wolf Spiders and Grasshoppers. *The American Midland Naturalist*, 156(1), 52–64. <http://www.jstor.org/stable/4094668>
- Johnston, H.B. (1956) Annotated catalog of African grasshoppers. Anti-Locust Research Centre, Cambridge University Press, London, 833 pp.
- Johnston, H.B. (1968) Annotated catalog of African grasshoppers : supplement. Anti-Locust Research Centre, Cambridge University Press, London, 448 pp.
- Jost, M.C. & Shaw, K.L. (2006) Phylogeny of Ensifera (Hexapoda: Orthoptera) using three ribosomal loci, with implications for the evolution of acoustic communication. *Molecular phylogenetics and evolution*, 38, 510–530.
- Kadik, B. (1987) Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Algérie : écologie, dendrométrie, morphologie. O.P.U, Alger, Algérie, 575 pp.
- Kevan, D. (1982) Phasmatoptera. In S.P. Parker (ed.), *Synopsis and Classification of Living Organisms*, vol. 2. McGraw-Hill, New York : 379-383.
- Kevan, D. (1992) Les agents de lutte biologique existants et leur potentiel contre les orthopteroïdes nuisibles. In *La lutte biologique*, sous la direction de C. Vincent et D. Coderre, Chicoutimi, Québec, Canada : Gaetan Morin.

- Kevan, D.K.Mc E (1977) Superf. Acridoidea, fam. Pyrgomorphidae. In Beier (M.) ed., *Orthopterorum catalogus*. The Hague, W. Junk, 669 pp.
- Kriegbaum, H. (1997) Grasshopper Reproductive Strategies Measured in the Field : a Tradeoff Between Age at Maturity and Egg Production per Day. *Naturwissenschaften*, 84, 157–159.
- Lamotte, M. & Bourlière, F. (1969) Problème d'écologie échantillonnage des peuplements des milieux terrestres. Ed. Masson, Paris, 303 pp.
- Latchininsky, A., Sword, G., Sergeev, M., Cigliano, M.M. & Lecoq, M. (2011) Locusts and Grasshoppers: Behavior, Ecology, and Biogeography. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2011, 1–4.
- Latchininsky, A.V. (2013) Locusts and remote sensing: a review. *Journal of Applied Remote Sensing*, 7, 75099.
- Launois, M. (1978) Manuel pratique d'identification des principaux acridiens du Sahel. Ministère de la Coopération, GERDAT, Paris, France, 303 pp.
- Launois, M., Launois-Luong, M. H., & Lecoq, M. (1996) Sécheresse et survie des sauteriaux du Sahel Ouest-africain. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 7, 119–127.
- Launois-Luong, M.H. (1975) Méthode d'étude dans la nature du régime alimentaire du criquet migrateur *Locusta migratoria capita* (Sauss). *Ann. Zool. écol.*, 8, 25–32.
- Launois-Luong, M.H., Launois, M. & Rachadi, T. (1988) La lutte chimique contre les criquets du Sahel. Ministère des affaires étrangères des Pays-Bas et CIRAD/PRIFAS (France), La Haye 83 pp.
- Lecoq, M. & Mestre, J. (1988) La surveillance des sauteriaux du Sahel (No. 2). Comité Inter-Etats de lutte contre la sécheresse dans le Sahel., 62 pp.
- Le Gall, P. (1989) Le choix des plantes nourricières et la spécialisation trophique chez les Acridoidea (Orthoptera). *Bulletin d'Ecologie*, 20 (3), 245–261.
- Lemoine, N.P. (2021) Phenology dictates the impact of climate change on geographic distributions of six co-occurring North American grasshoppers. *Ecology and evolution*, 24, 18575–18590.
- Leroy, Y. (1973) La fonction d'apparence chez les Tettigonioidea (insectes orthoptères ensifères). *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 4, 578–606.
- Louveaux, A., Amedegnato, C. & Poulain, S. and Desutter-Grandcolas, L. Orthoptères Acridomorpha de l'Afrique du Nord-ouest. <http://acrinwafrica.mnhn.fr> (accès le 6 Décembre 2021).
- Louveaux, A. & Ben Halima, T. (1986) Catalogue des Orthoptères Acridoidea d'Afrique du nord-ouest. *Bulletin de la Société entomologique de France*, 91, 73–87.
- Louveaux, A., Peyrelongue, J. Y., & Gillon, Y (1988) Analyse des facteurs de pullulation du Criquet italien *Calliptamus italicus* (L.) en Poitou-Charentes. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France*, 78, 91–102.
- Ma, C., Yang, P., Jiang, F., Chapuis, M.P., Shali, Y., Sword, G.A. & Kang, L (2012) Mitochondrial genomes reveal the global phylogeography and dispersal routes of the migratory locust. *Molecular ecology*, 21, 4344–4358.

- Ma, L., Johns, L.A. & Allen, M.J. (2009) A modifier screen in the *Drosophila* eye reveals that aPKC interacts with Glued during central synapse formation. *BMC genetics*, 10, 77.
- Mabrouki, Y., Taybi, A.F. & Petit, D.P. (2021) New data on the distribution of Orthoptera (Caelifera : Ensifera) from eastern Morocco, with notes on chorology. *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)*, [https://doi : 10.1080/00379271.2021.1984307](https://doi.org/10.1080/00379271.2021.1984307)
- Mahloul, S., Harrat, A. & Petit, D. (2016) Diversity of grasshoppers (Caelifera) recorded on the banks of a Ramsar listed temporary salt lake in Algeria. *European Journal of Entomology*, 113, 158–172.
- Marion-Poll, F., Dinan, L., & Laffont, R (2002) Place des phytoecdysoides dans la lutte contre les insectes phytophages. Biopesticide d'origine végétale. Regnault-Roger C., Phillogène BJR & Vincent C. Eds. Paris, 97-113.
- Massa, B. (1992) Due nuove specie di *Pamphagus* Thunberg dell'Algeria e Marocco (Orthoptera, Pamphagidae). *Frustula entomologica*, Pisa, 13.
- Massa, B. & Cusimano, G. (1979) Note sulla biologia e l'accrescimento di *Pamphagus marmoratus* Burm. e *P. sardeus* (Herrich-Schaeffer) (Insecta Orthoptera). *Naturalista Siciliana*, 3, 27–38.
- Massa, B., Fontana, P., Buzzetti, F., Kleukers, R. & Odé B (2012) Fauna d'Italia. Calderini, Bologna, 1 vol. CCXIV-563.
- Mdjebara, F. (2009) Catalogue préliminaire des orthoptères d'Algérie. Thèse de magister, 45 pp.
- Mechai, S. (2009) Aspects bioécologiques des Ensifères (Orthoptera) en fonction de l'altitude en Grande Kabylie - Systématique par l'étude des génitalia mâles. Thèse de magister, El Harrach, Alger, 305 pp.
- Mekkioui, A. (1997) Étude de la faune orthoptérologique de deux stations dans la région de Hafir (Monts de Tlemcen), l'une à exposition Sud, l'autre à exposition Nord et mise en évidence d'*Ampelodesma mauritanicum* dans les fèces de différentes espèces de Caelifères. T. Thèse de magister, 138 pp.
- Mekkioui, A. & Mesli, L. (2010) Étude préliminaire des Orthoptères Caelifères de deux stations dans la région de Hafir (Monts de Tlemcen, Ouest algérien). *Matériaux Orthoptériques et Entomocénétiques*, 14, 53–60.
- Mestre, J. (1984) Régime alimentaire et consommation des adultes de *Machaeridia bilineata* (Orthoptère, Acrididae) en fonction de la couverture graminéenne d'une savane (Lamto, Côte-d'Ivoire). *Acta oecologica. Oecologia generalis*, 5(1), 63-70.
- Mestre, J. (1988) Les acridiens des formations herbeuses d'Afrique de l'Ouest. CIRAD, Montpellier, France.
- Météo en temps réel. (2021) Données climatologiques, accès le 25 Décembre 2021, à partir de : <https://www.infoclimat.fr/climatologie/>.
- Michel, R. & Albrecht, F.O. (1978) Comportement de vol et facteurs climatiques chez des acridiens migrants. *Behaviour*, 67(3/4), 208–216. <http://www.jstor.org/stable/4533930>.
- Mitchell, J.E. & Pfadt, R.E. (1974) A role of grasshoppers in shortgrass prairie ecosystem. *Env. Em*, 3 :358-360.

- Mokhlesse, R., Lazraq, A., Azouzid, A., Petit, D. & El Ghadraoui, L. (2007) Etude des capacités des déplacements des acridiens à Al-Azagh (Moyen Atlas, Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat (Sci. Vie)*, 29, 21-26.
- Moussi, A. (2012) Analyse systématique et étude bio-écologique de la faune des acridiens (Orthoptera, Acridomorpha) de la région de Biskra. Thèse de doctorat, Constantine, Algérie, 140 pp.
- Moussi, A., Dey, L.-S., Petit, D., Abba, A., Klessner, R. & Husemann, M. (2018) First genetic data for band-winged grasshoppers (Orthoptera : Acrididae : Oedipodinae) of the Biskra region of Algeria with new records for the country. *African Zoology*, 53, 31–40.
- Nattier, R., Robillard, T., Desutter-Grandcolas, L., Couloux, A. & Grandcolas, P. (2011) Older than New Caledonia emergence. A molecular phylogenetic study of the eneopterine crickets (Orthoptera : Grylloidea). *Journal of Biogeography*, 38, 2195–2209.
- Nicole, M.C. (2002) Les relations des insectes phytophages avec leurs plantes hôtes. *Antennae*, 9(1), 5-9.
- Nishinokubi, I. & Tomioka, K. (2000) Analysis of the Mechanism underlying the Rhythm Reversal from Diurnal to Nocturnal in the Cricket *Gryllus bimaculatus*, with Special Reference to the Role of Serotonin. *Zoological science*, 17, 1075–1080.
- Office national de la météorologie. (2021) Données climatologiques, accès le 25 Décembre 2021, à partir de : <https://www.meteo.dz/>.
- Ould El Hadj, M.D. (2001) Etude du régime alimentaire de cinq espèces d'acridiens dans les conditions naturelles de la cuvette de Ouargla (Algérie). *Sciences & Technologie*, 73-80.
- Oulebsir-Mohandkaci, H., Khemili-Talbi, S., Benzina, F., & Halouane, F. (2015) Isolation and identification of Entomopathogenic Bacteria from Algerian Desert soil and their effects against the migratory locust, *Locusta migratoria* (Linnaeus, 1758) (Orthoptera : Acrididae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 25(3), 739.
- Peveling, R., Attignon, S., Langewald, J. & Ouambama, Z. (1999) An assessment of the impact of biological and chemical grasshopper control agents on ground-dwelling arthropods in Niger, based on presence/absence sampling. *Crop Protection*, 18, 323–339.
- Philloène, B., Regnault-Roger, C. & Vincent, C. (2002) Produits phytosanitaires d'origine végétale : promesse d'hier et d'aujourd'hui. In : Biopesticide d'origine végétale. Regnault-Roger C., Philloène B.J.R. & Vincent C. Eds. Paris, 1-17.
- Picaud, F. (1998) Succession écologique chez les Insectes Orthoptères : application aux haldes de mines. Thèse de doctorat, Université Limoges, 157 pp.
- Picaud, F. & Petit, D. (2007) Primary succession of Orthoptera on mine tailings : role of vegetation. *Ann. Soc. Ent. Fr*, 43, 69–79.
- Picaud, F., bonnet, E., gloaguen, V & petit, D. (2003) Decision making for food choice by grasshoppers (Orthoptera, Acrididae) : comparison between a specialist species on a shrubby legume and three graminivorous species. *Environmental Entomology*, 32, 680-585.
- Picaud, F., Gloaguen, V & Petit, D. (2002) Mechanistic aspects to the feeding preferences in *Chorthippus binotatus* (Acrididae, Gomphocerinae). *Journal of Insect Behavior*, 15, 513–526.
- Ramade, F. (1984) Éléments d'écologie. Action de l'Homme sur la biosphère. Dunod, Paris, 824 pp.

- Regnault-Roger, C. & Hamraoui, A. (1993) Influence d'huiles essentielles aromatiques sur *Acanthoscelides obtectus* Say, bruche du haricot (*Phasoelus vulgaris* L.). *Acta Botanica Gallica*, 140, 217–222.
- Roche, J. (2015) The Origin of Grasshoppers, Katydid, and Crickets : A New Study Resolves the Evolutionary Tree of the Orthoptera. <https://entomologytoday.org/2015/04/08/the-origin-of-grasshoppers-katydid-and-crickets-a-new-study-resolves-the-evolutionary-tree-of-the-orthoptera/>.
- Rouibah, M. (2018) Diversity and Bio Ecology of Orthoptera in some Habitat types in the North East of Algeria. *Journal of Agricultural Science and Food Technology*, 4, 18–31.
- Rouibah, M. & Doumandji, S.E. (2013) Inventaire de trois peuplements d'Orthoptères dans le Parc National de Taza (Jijel, Algérie). *Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat, Série Zoologie*, 49, 71–77.
- Ryelandt, J. (2015) Clé d'identification des orthoptères (Ensifera, Caelifera) du grand Est (Alsace-Bourgogne-Champagne-Ardenne- Franche-Compte- Lorraine)., 132 pp.
- Sahnoun, A.M., Doumandji, S.E. & Desutter-Grandcolas, L. (2010) A check-list of Ensifera from Algeria (Insecta : Orthoptera). *Zootaxa*, 2432, 1.
- Samways, M. & Sergeev, M.G. (1997) Orthoptera and landscape change. In : Gangwere SK, Muralirangan MC, Muralirangan M, editors. The bionomics of grasshoppers, katydid and their kin. Wallingford (UK) : CAB International ; p. 147–162.
- Sauvage, C. (1963) Etages bioclimatiques. Comité National de géographie du Maroc. Atlas du Maroc, notices explicatives, section II : physique du globe et météorologie, Rabat., 31 pp.
- Schlaepfer, R & Buter, R. (2004) Critères et indicateurs de la gestion des ressources forestières : prise en compte de la complexité et de l'approche écosystémique. *Revue Forestière Française*, 431.
- Seltzer, P. (1946) Le climat de l'Algérie. Carbonel, Alger, Algérie, 219 pp.
- Sharov, A.G. (1968) Phylogeny of the Orthopteroidea. Israel Program for Scientific Translations, 1971, Jerusalem, 251 pp.
- Skejo, J., Gupta, S.K., Chandra, K., Panhwar, W.A. & Franjević, D. (2019) Oriental macropterous leaf-mimic pygmy grasshoppers-genera *Oxyphyllum* and *Paraphyllum* (Orthoptera : Tetrigidae) and their taxonomic assignment. *Zootaxa*, 4590.
- Sohbi, Z., Allal-Benfekih, L. & Petit, D. (2013) Biodiversité acridienne des zones humides et des écosystèmes forestiers (de *Quercus suber* et de *Q. canariensis*) - effets du climat et de la végétation. *Bull. Soc. zool. Fr*, 138 (1-4): 229 – 250.
- Song, H., Béthoux, O., Shin, S., Donath, A., Letsch, H., Liu, S., McKenna, D.D., Meng, G., Misof, B., Podsiadlowski, L., Zhou, X., Wipfler, B. & Simon, S. (2020) Phylogenomic analysis sheds light on the evolutionary pathways towards acoustic communication in Orthoptera. *Nature communications*, 11, 4939.
- Song, H., Mariño-Pérez, R., Woller, D.A. & Cigliano, M.M. (2018) Evolution, Diversification, and Biogeography of Grasshoppers (Orthoptera : Acrididae). *Insect Systematics and Diversity*, 2.

- Srygley, R.B. (2014) Effects of temperature and moisture on Mormon cricket reproduction with implications for responses to climate change. *Journal of insect physiology*, 65, 57–62.
- Stanek, V.J. (1978) Encyclopédie illustrée des insectes. GRUND, 548 pp.
- Stewart, P. (1969) Un nouveau climagramme pour l'Algérie et son application au Barrage Vert. *Bull. Soc.Hist. nat. Afr. Nord*, 65 (1/2), 239-245.
- Symmons, P. M., & Cressman, K. (2001) Directives sur le Criquet Pèlerin. 1. Biologie et Comportement. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- Tail, G. & Kara, F. Z. (2014) Le Laurier Rose, un Phyto-insecticide contre le Criquet pèlerin. *Agrobiologia*, 4(1), 56-60.
- Tekkouk, F. (2012) Ecological study of four populations acridians (Insecta Orthoptera) area of El-aouana (Jijel-Algeria). *Agriculture and Biology Journal of North America*, 3, 57–68.
- Touati, W. (2014) L'incohérence de la dynamique périurbaine entre les sollicitations urbanistique et la nécessité de transition équilibrée ville compagne. -Cas de la ville de Batna. Thèse de magister, Batna, Algérie, 138 pp.
- Uvarov, B.P. (1928) Locusts and Grasshoppers. A handbook for their study and control. Locusts and Grasshoppers. A Handbook for their Study and Control., 352 pp.
- Uvarov, B.P. (1943) The tribe Thrinchini of the subfamily Pamphaginae, and the interrelations of the acridid subfamilies (Orthoptera). *Trans. R. Entomol. Soc. London*, 93, 1–72.
- Uvarov, B.P. (1966) Grasshoppers and locusts. A handbook of general acridology. Volume I. Anatomy, physiology, development, phase polymorphism, introduction to taxonomy. Grasshoppers and locusts. A handbook of general acridology. Volume I. Anatomy, physiology, development, phase polymorphism, introduction to taxonomy., 481 pp.
- Van Driesche, R.G. & Bellows, T.S. (1996) Biological Control. Springer US, Boston, MA.
- Voisin, J. (1979) Autoécologie et biogéographie des orthoptères du Massif Central. Thèse de doctorat, Paris, France, 360 pp.
- Wahlberg, N., Grimaldi, D. & Engel, M.S. (2006) Evolution of the Insects. *Systematic Biology*, 55, 692–693.
- Whittaker, R. J., Willis, K. J., & Field, R. (2001) Scale and species richness: towards a general hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography*, 28, 453 :470.
- Zaim, A., Petit, D. & ElGhadraoui, L. (2013) Dietary diversification and variations in the number of labrum sensilla in grasshoppers : which came first ? *Journal of biosciences*, 38, 339–349.
- Zhang, H.L., Huang, Y., Lin, L.L., Wang, X.Y. & Zheng, Z.M. (2013) The phylogeny of the Orthoptera (Insecta) as deduced from mitogenomic gene sequences. *Zoological Studies*, 52.
- Zhang, L. & Lecoq, M. (2021) *Nosema locustae* (Protozoa, Microsporidia), a Biological Agent for Locust and Grasshopper Control. *Agronomy*, 11, 711.
- Zouaidia, H. (2006) Bilan des incendies de forêts dans l'Est algérien. Cas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras. Thèse de magister, Constantine, Algérie, 155 pp.

Annexes

Annexes

Annexe 1. Evaluation du statut écologique et de la fréquence relative des espèces d'orthoptères dans les stations prospectées

Code	S1			S2			S3			S4			Stat, éco
	FR	C	Stat, éco	FR	C	Stat, éco	FR	C	Stat, éco	FR	C	Stat, éco	
<i>Ocni</i>	0	0		5,92	49,18	AC	0	0		0	0		
<i>Ocmi</i>	5,64	56,7	R	0	0		0	0		0	0		
<i>Ocvo</i>	13,6	83,3	ACC	17,8	81,97	C	41,03	88,89	C	8,74	21,88	ACC	
<i>Acca</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Tmci</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Pael</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Padj</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Paau</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Paba</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Pami</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Pacr</i>	1,13	10	ACC	0	0		2,051	22,22	ACC	0	0		
<i>Caba</i>	4,51	28,3	AC	5,11	22,95	ACC	10,26	44,44	AC	0	0		
<i>Cawa</i>	3,95	25	AC	0	0		0	0		0	0		
<i>Lomi</i>	4,51	30	AC	3,72	45,9	AC	0	0		0	0		
<i>Oefu</i>	7,33	58,3	R	7,67	63,93	R	0	0		13,3	40,63	AC	
<i>Oeca</i>	0	0		0	0		1,026	11,11	ACC	0	0		
<i>Oemi</i>	5,07	61,7	R	0	0		4,103	44,44	AC	0	0		
<i>Aipu</i>	7,33	53,3	R	5,23	60,66	R	3,59	44,44	AC	10,1	37,5	AC	
<i>Aist</i>	6,43	66,7	R	7,55	65,57	R	0	0		10,5	31,25	AC	
<i>Acin</i>	0	0		4,99	55,74	R	3,59	44,44	AC	0	0		
<i>Acpa</i>	3,72	21,7	ACC	5,34	49,18	AC	7,179	88,89	C	7,34	18,75	ACC	
<i>Thal</i>	4,17	33,3	AC	4,65	34,43	AC	1,538	22,22	ACC	0	0		
<i>Spaz</i>	4,4	33,3	AC	0	0		0	0		7,69	28,13	AC	
<i>Trna</i>	1,24	13,3	ACC	2,44	24,59	ACC	0	0		8,04	25	AC	
<i>Anae</i>	2,93	38,3	AC	5,46	67,21	R	1,538	22,22	ACC	0	0		
<i>Doma</i>	2,82	25	AC	0	0		4,615	44,44	AC	8,39	21,88	ACC	
<i>Doja</i>	2,59	26,7	AC	5,81	63,93	R	1,538	22,22	ACC	0	0		
<i>Chsp</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Ocfi</i>	0	0		0	0		2,051	33,33	AC	0	0		
<i>Ocge</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Omlu</i>	2,37	30	AC	0	0		0,513	11,11	ACC	0	0		
<i>Omaf</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Eypl</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Head</i>	0	0		1,74	8,197	ACC	0	0		0	0		
<i>Heha</i>	0	0		1,39	4,918	ACC	0	0		0	0		
<i>Pegi</i>	5,52	20	ACC	0	0		2,051	11,11	ACC	0	0		
<i>Pyco</i>	0	0		6,39	54,1	R	0	0		0	0		
<i>Trcy</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Pame</i>	0	0		0	0		3,59	33,33	AC	14	40,63	AC	

<i>Deal</i>	3,27	30	AC	1,97	19,67	ACC	2,051	33,33	AC	0	0	
<i>Prpa</i>	1,47	11,7	ACC	6,39	21,31	ACC	7,692	44,44	AC	3,5	9,375	ACC
<i>Plsp</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Tete</i>	0	0		0,46	3,279	ACC	0	0		0	0	
<i>Odal</i>	5,98	21,7	ACC	0	0		0	0		2,1	6,25	ACC
<i>Grbi</i>	0	0		0	0		0	0		2,8	12,5	ACC
<i>Eubo</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Scam</i>	0	0		0	0		0	0		3,5	12,5	ACC
<i>Pyaga</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Oede</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Spca</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Demi</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	

ACC : Accidentelle, AC : Accessoire, R : régulière, C : Constante, O : Omniprésente

Annexe 2. Evaluation du statut écologique et de la fréquence relative des espèces d'orthoptères les stations prospectées (suite)

Code	S5		Stat, éco	S6		Stat, éco	S7		Stat, éco	S8		Stat, éco
	FR	C		FR	C		FR	C		FR	C	
<i>Ocni</i>	0	0		0	0		0	0		1,65	11,11	ACC
<i>Ocmi</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Ocvo</i>	23,81	80	C	0	0		12,24	66,67	R	7,14	55,56	R
<i>Acca</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Tmci</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Pael</i>	0	0		0	0		0	0		0,55	11,11	ACC
<i>Padj</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Paau</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Paba</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Pami</i>	0	0		0	0		0	0		2,2	22,22	ACC
<i>Pacr</i>	0	0		0	0		0	0		1,1	11,11	ACC
<i>Caba</i>	0	0		0	0		0	0		1,1	11,11	ACC
<i>Cawa</i>	0	0		5,61	16,67	ACC	0	0		1,1	11,11	ACC
<i>Lomi</i>	4,762	30	AC	0	0		0	0		2,2	33,33	AC
<i>Oefu</i>	0	0		12,1	33,33	AC	0	0		3,3	22,22	ACC
<i>Oeca</i>	0	0		11,2	41,67	AC	11,22	22,22	ACC	2,2	22,22	ACC
<i>Oemi</i>	0	0		0	0		0	0		2,2	22,22	ACC
<i>Aipu</i>	12,93	30	AC	11,2	50	R	9,184	44,44	AC	6,59	55,56	ACC
<i>Aist</i>	10,2	40	AC	10,3	33,33	AC	10,2	44,44	AC	7,14	22,22	ACC
<i>Acin</i>	0	0		0	0		9,184	44,44	AC	0	0	
<i>Acpa</i>	0	0		10,3	50	R	9,184	33,33	AC	6,04	33,33	AC
<i>Thal</i>	0	0		0	0		6,122	33,33	AC	12,1	55,56	R
<i>Spaz</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Trna</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Anae</i>	7,483	70	R	4,67	33,33	AC	6,122	22,22	ACC	8,24	44,44	AC
<i>Doma</i>	0	0		0	0		8,163	33,33	AC	5,49	33,33	AC
<i>Doja</i>	0	0		9,35	33,33	AC	0	0		3,85	33,33	AC

<i>Chsp</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Ocfi</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Ocge</i>	0	0		6,54	25	AC	0	0		0	0	
<i>Omlu</i>	0	0		0	0		0	0		2,75	22,22	ACC
<i>Omaf</i>	0	0		0	0		3,061	22,22	ACC	0	0	
<i>Eypl</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Head</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Heha</i>	0	0		1,87	8,333	ACC	0	0		3,3	22,22	ACC
<i>Pegi</i>	10,2	40	AC	2,8	16,67	ACC	5,102	22,22	ACC	9,34	66,67	R
<i>Pyco</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Trcy</i>	0	0		1,87	8,333	ACC	0	0		0	0	
<i>Pame</i>	0	0		5,61	16,67	ACC	3,061	22,22	ACC	3,85	33,33	AC
<i>Deal</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Prpa</i>	14,29	40	AC	6,54	25	AC	7,143	33,33	AC	2,2	11,11	ACC
<i>Plsp</i>	0	0		0	0		0	0		1,1	11,11	ACC
<i>Tete</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Odal</i>	0	0		0	0		0	0		3,3	22,22	ACC
<i>Grbi</i>	4,082	20	ACC	0	0		0	0		0	0	
<i>Eubo</i>	4,762	30	AC	0	0		0	0		0	0	
<i>Scam</i>	7,483	40	AC	0	0		0	0		0	0	
<i>Pyaga</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Oede</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Szca</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Demi</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	

Annexe 3. Evaluation du statut écologique et de la fréquence relative des espèces d'orthoptères dans les stations prospectées (suite)

Code	S9			S10			S11			S12		
	FR	C	Stat, éco	FR	C	Stat, éco	FR	C	Stat, éco	FR	C	Stat, éco
<i>Ocni</i>	0	0		0	0		0	0		3,64	33,33	AC
<i>Ocmi</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Ocvo</i>	19,7	100	O	3,45	25	AC	0	0		7,27	50	R
<i>Acca</i>	0	0		3,45	25	ACC	0	0		2,73	16,67	ACC
<i>Tmci</i>	0	0		0	0		0	0		2,73	16,67	ACC
<i>Pael</i>	3,95	33,33	AC	0	0		3,32	42,86	AC	0	0	
<i>Padj</i>	0	0		0	0		0	0		1,82	16,67	ACC
<i>Paau</i>	0	0		0	0		0	0		1,82	16,67	ACC
<i>Paba</i>	0	0		0	0		0	0		1,82	16,67	ACC
<i>Pami</i>	3,95	66,67	R	0	0		0	0		0	0	
<i>Pacr</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Caba</i>	0	0		0	0		0	0		4,55	50	R
<i>Cawa</i>	0	0		0	0		8,53	71,43	R	5,45	33,33	AC
<i>Lomi</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Oefu</i>	0	0		10,3	50	R	0	0		4,55	83,33	C
<i>Oeca</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Oemi</i>	15,8	100	O	0	0		8,06	85,71	C	4,55	83,33	C
<i>Aipu</i>	0	0		10,3	50	R	0	0		0	0	
<i>Aist</i>	11,8	100	O	17,2	25	AC	10,4	85,71	C	0	0	
<i>Acin</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Acpa</i>	0	0		10,3	25	AC	8,06	85,71	C	6,36	33,33	AC
<i>Thal</i>	13,2	100	O	13,8	75	C	10,9	85,71	C	4,55	66,67	R
<i>Spaz</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Trna</i>	2,63	33,33	AC	0	0		4,74	85,71	C	0	0	
<i>Anae</i>	14,5	100	O	0	0		9,48	85,71	C	4,55	33,33	AC
<i>Doma</i>	0	0		0	0		0	0		5,45	66,67	R
<i>Doja</i>	6,58	66,67	R	0	0		0	0		6,36	33,33	AC
<i>Chsp</i>	0	0		6,9	25	AC	0	0		0	0	
<i>Ocfi</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Ocge</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Omlu</i>	0	0		13,8	50	R	0	0		0	0	
<i>Omaf</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Eypl</i>	0	0		10,3	50	R	6,16	71,43	R	2,73	50	R
<i>Head</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Heha</i>	0	0		0	0		0	0		2,73	16,67	ACC
<i>Pegi</i>	3,95	33,33	AC	0	0		10,4	42,86	AC	0	0	
<i>Pyco</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Trcy</i>	0	0		0	0		0	0		0	0	
<i>Pame</i>	3,95	33,33	AC	0	0		7,58	57,14	R	0	0	
<i>Deal</i>	0	0		0	0		3,32	85,71	C	2,73	16,67	ACC
<i>Prpa</i>	0	0		0	0		9	71,43	R	6,36	33,33	AC

<i>Plsp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Tete</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Odal</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Grbi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Eubo</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Scam</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pyaga</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	5,45	50	R
<i>Oede</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1,82	16,67	ACC
<i>Spca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	6,36	83,33	C
<i>Demi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3,64	50	R

Annexe 4. Evaluation du statut écologique et de la fréquence relative des espèces d'orthoptères dans les stations prospectées (suite)

Code	S13			S14			S15			S16			Stat, éco
	FR	C	Stat, éco	FR	C	Stat, éco	FR	C	Stat, éco	FR	C		
<i>Ocni</i>	2,14	14,29	ACC	10,2	66,67	R	0	0		8,64	66,67	R	
<i>Ocni</i>	1,43	14,29	ACC	4,24	33,33	AC	0	0		0	0		
<i>Ocvo</i>	6,43	42,86	AC	20,3	100	O	8,54	100	O	18,5	100	O	
<i>Acca</i>	1,43	14,29	ACC	0	0		0	0		0	0		
<i>Tmci</i>	1,43	14,29	ACC	5,93	50	R	0	0		9,88	50	R	
<i>Pael</i>	0	0		1,69	16,67	ACC	0	0		0	0		
<i>Padj</i>	1,43	14,29	ACC	0	0		0	0		3,7	16,67	ACC	
<i>Paau</i>	2,86	28,57	AC	0	0		0	0		3,7	16,67	ACC	
<i>Paba</i>	3,57	42,86	AC	2,54	50	R	0	0		4,94	33,33	AC	
<i>Pami</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Pacr</i>	0	0		4,24	66,67	R	0	0		0	0		
<i>Caba</i>	2,86	28,57	AC	6,78	33,33	AC	12,2	60	R	0	0		
<i>Cawa</i>	4,29	57,14	R	0	0		11	60	R	0	0		
<i>Lomi</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Oefu</i>	3,57	42,86	AC	0	0		0	0		0	0		
<i>Oeca</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Oemi</i>	0	0		5,08	33,33	AC	0	0		0	0		
<i>Aipu</i>	2,86	42,86	AC	2,54	50	R	0	0		0	0		
<i>Aist</i>	0	0		5,93	33,33	AC	0	0		0	0		
<i>Acin</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Acpa</i>	5	57,14	R	2,54	33,33	AC	0	0		16	66,67	R	
<i>Thal</i>	5,71	71,43	R	5,08	66,67	R	14,6	80	C	0	0		
<i>Spaz</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Trna</i>	1,43	14,29	ACC	0,85	16,67	ACC	0	0		4,94	33,33	AC	
<i>Anae</i>	3,57	28,57	AC	5,08	66,67	R	0	0		0	0		
<i>Doma</i>	4,29	42,86	AC	5,08	50	R	0	0		0	0		
<i>Doja</i>	7,86	85,71	C	5,93	50	R	0	0		0	0		
<i>Chsp</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Ocfi</i>	0	0		0	0		0	0		0	0		
<i>Ocge</i>	6,43	42,86	AC	0	0		13,4	80	C	0	0		

<i>Omlu</i>	0	0		0	0		0	0		0	0
<i>Omaf</i>	0	0		3,39	33,33	AC	0	0		0	0
<i>Eypl</i>	2,86	28,57	AC	0	0		3,66	20	ACC	0	0
<i>Head</i>	0	0		0	0		4,88	40	AC	0	0
<i>Heha</i>	1,43	14,29	ACC	0	0		0	0		0	0
<i>Pegi</i>	0	0		0	0		9,76	60	R	0	0
<i>Pyco</i>	4,29	42,86	AC	0	0		0	0		0	0
<i>Trcy</i>	0	0		0	0		0	0		0	0
<i>Pame</i>	0	0		2,54	33,33	AC	0	0		0	0
<i>Deal</i>	0	0		0	0		0	0		0	0
<i>Prpa</i>	13,6	100	O	0	0		0	0		12,3	50
<i>Plsp</i>	0	0		0	0		0	0		0	0
<i>Tete</i>	0	0		0	0		1,22	20	ACC	0	0
<i>Odal</i>	0	0		0	0		20,7	100	O	0	0
<i>Grbi</i>	0	0		0	0		0	0		0	0
<i>Eubo</i>	0	0		0	0		0	0		0	0
<i>Scam</i>	0	0		0	0		0	0		0	0
<i>Pyaga</i>	2,14	28,57	AC	0	0		0	0		13,6	66,67
<i>Oede</i>	0,71	14,29	ACC	0	0		0	0		3,7	16,67
<i>Spca</i>	2,86	42,86	AC	0	0		0	0		0	0
<i>Demi</i>	3,57	28,57	AC	0	0		0	0		0	0

Annexe 5. Abondance des espèces recensées suivant les stations prospectées

Régions	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
Coord, géog	36°17' 27' , N 6°46' 47' , E	36°17' 52' , N 6°48' 56' , E	36°27' 59' , N 6°44' 13' , E	36°20' 19' , N 6°37' 27' , E	36°55' 00' , N 6°67' 00' , E	36°23' 49' N 6°34' 47"E	36°30' 20' , N 6°32' 59' , E	36°30' 26' , N 6°21' 32' , E	36°31' 51' , N 6°07' 20' , E	36°35' 26' , N 5°53' 17' , E	36°77' 29' , N 6°01' 03' , E	35°39' 48' , N 6°18' 26' , E	35°37' 03' , N 6°14' 49' , E	35°52' 39' , N 7°6' 49' , E	37°00' 65' , N 6°56' 09' , E	35°12' 42' , N 6°4' 6' , 13E
Altitude (m)	830	751	994	580	640	406	450	770	1200	600	201	886	926	891	26	1049
Q2	75,15	72,48	86,46	64,21	67	58,97	58,88	59,88	87,02	198,59	161,47	41,15	64,15	43,8	186,86	94,8
Code																
<i>Ocni</i>	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	3	0	3
<i>Ocmi</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0
<i>Ocvo</i>	4	4	4	2	4	0	3	3	5	5	0	3	2	5	5	5
<i>Acca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0
<i>Tmci</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	3
<i>Pael</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	2	0	0	1	0	0
<i>Padj</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
<i>Paau</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1
<i>Paba</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	0	2
<i>Pami</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pacr</i>	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Caba</i>	2	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	3	2	2	3	0
<i>Cawa</i>	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	3	2	3	0	3	0
<i>Lomi</i>	2	2	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oefu</i>	3	3	0	3	0	2	0	1	0	3	0	4	2	0	0	0
<i>Oeca</i>	0	0	1	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oemi</i>	3	0	2	0	0	0	0	1	5	0	4	4	0	2	0	0
<i>Aist</i>	3	3	0	2	2	3	2	3	0	3	4	0	2	3	0	0
<i>Aipu</i>	3	3	2	2	2	2	2	1	5	2	0	0	0	2	0	0
<i>Acin</i>	0	3	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acpa</i>	1	2	4	1	0	3	2	2	0	2	4	2	3	2	0	3
<i>Thal</i>	2	2	1	0	0	0	2	3	5	4	4	3	3	3	4	0
<i>Spaz</i>	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trna</i>	1	1	0	2	0	0	0	0	2	0	4	0	1	1	0	2
<i>Anae</i>	2	3	1	0	3	2	1	2	5	0	4	2	2	3	0	0
<i>Doma</i>	2	0	2	2	0	0	2	2	0	0	0	3	2	3	0	0
<i>Doja</i>	2	3	1	0	0	2	0	2	3	0	0	2	4	3	0	0

<i>Chsp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Ocfi</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ocge</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	4	0
<i>Omlu</i>	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Omaf</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Omru</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Eypl</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	2	0	1	0
<i>Head</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Heha</i>	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Pegi</i>	1	0	1	0	2	1	1	3	2	0	2	0	0	0	3	0
<i>Pyco</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Trcy</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pame</i>	0	0	2	3	0	1	1	2	2	0	3	0	0	2	0	0
<i>Deal</i>	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0
<i>Prpa</i>	1	1	2	1	2	2	2	1	0	0	3	2	5	0	0	3
<i>Plsp</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tete</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Odal</i>	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0
<i>Grbi</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eubo</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scam</i>	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pyaga</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	3
<i>Oede</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
<i>Spca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0	0	0
<i>Demi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0

0 : absente, 1 : rare, 2 : présente, 3 : commune, 4 : fréquente, 5 : abondante

Annexe 6. Photos de quelques stations d'étude



Station du campus universitaire



Station d'Ain Nahass



Station d'Ibn Badis



Station de Grarem Gouga



Station d'El Akbia

Annexe 7. Photos de quelques espèces appartenant au sous-ordre Caelifera et à la famille Pamphagidae



Annexe 8. Photo d'une espèce appartenant au sous-ordre Ensifera et à la famille Tettigoniidae



Productions scientifiques

Bioecology of Orthopterans (Orthoptera, Insecta) in the biological reserve of Djebel Ouahch, Beni Hamidene and Grarem Gouga (Eastern Algeria)

Chahinez Derrouiche^{*(1)}, Naima Benkenana ⁽¹⁾, Abir Abed ⁽¹⁾, Imen Guerfi ⁽¹⁾

⁽¹⁾Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes, Université Frères Mentouri Constantine 1, 25000 Constantine, Algeria.

*Corresponding author : Chahinez Derrouiche Email : chahinez.derrouiche@umc.edu.dz.

Une étude bioécologique sur le peuplement des orthoptères a été effectuée au niveau de trois stations dans l'est Algérien (Djebel Ouahch, Beni Hamidene et Grarem Gouga) entre Février et Juillet 2019. Les investigations ont révélé la présence de 25 espèces appartenant à cinq familles (Pamphagidae, Acrididae, Tetrigidae, Tettigoniidae et Gryllidae) dont la famille Acrididae s'est montrée quantitativement la plus abondante avec 18 espèces.

L'étude de la diversité et de la structure du peuplement d'orthoptères montre que la région d'étude est diversifiée et la majorité des espèces sont accidentelles. L'espèce *Pamphagus milevitanus* (Benkenana & Massa, 2017), récemment découverte en Algérie, a été recensée au niveau de la station de Grarem Gouga. L'étude des oothèques des femelles de cette espèce géante indique qu'elle a une forte fécondité. L'influence des variables météorologiques sur l'abondance des orthoptères révèle le rôle important de la température sur le développement de la plupart des espèces acridiennes, notamment l'espèce *Pamphagus milevitanus*.

Mots clés : Diversité, Acrididae, *Pamphagus milevitanus*, Fécondité, Abondance, Température.

This article presents a bioecological study on the orthoptera population at three stations in eastern Algeria (Djebel Ouahch, Beni Hamidene and Grarem Gouga) from February to July 2019. The investigation results indicate 25 species belonging to five families (Pamphagidae, Acrididae, Tetrigidae, Tettigoniidae and Gryllidae), of which the family Acrididae was quantitatively the most abundant with 18 species. The study of the diversity and structure of the orthopteran population shows that the study area is diverse, and the majority of species are accidental. The species *Pamphagus milevitanus* (Benkenana & Massa, 2017), recently discovered from Algeria, was recorded at the station Grarem Gouga. The study of oothecae of females of this giant species indicates that it has a high fecundity. The influence of meteorological variables on orthopteran abundance reveals the important role of temperature on the development of most locust species, including *Pamphagus milevitanus*.

Keywords: Diversity, Acrididae, *Pamphagus milevitanus*, Fecundity, Abundance, Temperature.

INTRODUCTION

The Djebel Ouahch reserve is a natural heritage, the lung of Constantine. This massif is part of a series of small chains known as Numidian or Constantine (Boudy, 1955). It is a forest that abounds with 43 ornamental and noble forest species of Algerian, European and American origin (Hachiche, 2014), including *Quercus ilex* L., 1753 and *Pinus halepensis* Mill., 1768. It has a high diversity of forest vegetation and habitats, suggesting an equal variety of orthopterans. However, there is no in-depth faunistic study in this region, hence our interest in this topic which aims to shed some light on the orthopteran fauna in the Djebel Ouahch region. The orthopteran fauna occupies an important place in the ecosystems. They are economically significant and constitute a food resource for many vertebrates and invertebrates (Joern *et al.*, 2006; Gandar, 1982). They are recyclers of plant material, using the remains of dead plants at one stage or another of their life cycle (Belovsky & Slade, 2002). They are

also of ecological interest, representing good indicators of imbalances and climate change (Samways & Sergeev, 1997).

Orthopterans are important crop pests in different parts of the world, causing economic losses and threatening the food security of the population (Wright, 1986; Brader *et al.*, 2006; Millist & Abdalla, 2011; Latchininsky, 2013). Climatic conditions favour their proliferation (Benkenana, 2006). This work presents the list of orthopteran species recorded and some environmental factors influencing their development in Djebel Ouahch and in two others localities (Beni Hamidene in Constantine and Grarem Gouga in Mila).

MATERIALS AND METHODS

The geographical setting of the study area

The Djebel Ouahch region is located in the east of Constantine city ($36^{\circ}27'59''\text{N}$, $6^{\circ}44'13''\text{E}$ and altitude 994 m). It covers an area of 66.535 hand concerns seven communes, namely: Zighoud Youcef, Didouche Mourad, Constantine, El Khroub, Ibn Badis, Aïn Abid and Ouled Rahmoune. These communes are part of the Wilaya of Constantine. The ecological analyses were carried out on three localities, including Beni Hamidene located in the north-west of Constantine ($36^{\circ}30'20''\text{N}$, $6^{\circ}32'59''\text{E}$, altitude 540m) and Grarem Gouga situated in the north of the Wilaya of Mila ($36^{\circ}30'26''\text{N}$, $6^{\circ}21'32''\text{E}$, altitude 770 m) (**Figure 1**).

The climatic data used for the study period were collected from the national meteorological office completed by the database of the website (<https://www.infoclimat.fr/climatologie/>) (**Table 1**).

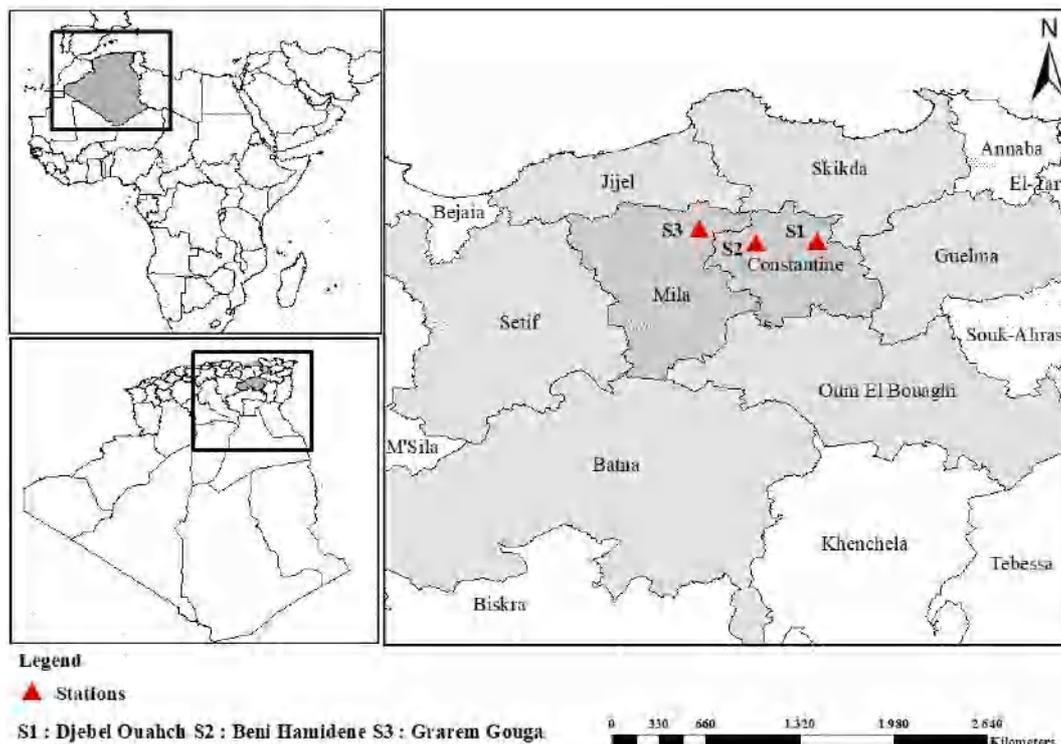


Figure 1: Presentation of the study locations

Table 1: Climatic data in the geographical zone of the study area

	February	March	April	May	June	July
Tmax (°C)	12,7	16,6	20,1	22,5	35	36,8
Tmin (°C)	1,6	3,7	6,9	8,5	16,3	19,1
Tm (°C)	7,5	10,5	13,5	15,6	25,7	28
P (mm)	47,6	50,4	38,2	60,4	0,2	0,2
W (m/s)	13.7	13.3	12.9	11.6	11.0	11.1

Tmax: maximum temperature, **Tmin:** minimum temperature, **Tm:** mean temperature, **P:** precipitations, **W:** wind

Sampling and identification

The study was conducted from February to July 2019, with trips completed four times a month. Grasshoppers were captured by two sampling methods: by hand or using a sweep net for flying species. sampling took place during the day (10:00 to 17:00) under favourable weather conditions. Specimens were placed in labelled bottles. They were pinned and pricked on polystyrene blocks. Systematic analysis of species was carried out using several identification keys; Chopard (1943), Jago (1963), Launois (1979), Massa *et al.* (2012). We used two sites (<http://orthoptera.speciesfile.org> and <https://acrinwafrica.mnhn.fr>) for updating the classification and nomenclature.

Methods of analysis and data processing

The structure and diversity of orthopteran populations in the study area were assessed using ecological and statistical descriptors: frequency of occurrence, Shannon index, habitat amplitude and Pearson correlation coefficient. The analyses were performed using PAST v.1.81 on a matrix based on locust abundance (Hammer *et al.*, 2001).

Frequency of occurrence and ecological status of inventoried species

According to Dajoz (1985), the frequency of occurrence of a species is the ratio, expressed as a percentage, between the number of samples in which this species is noted and the total number of samples collected. The formula proposed by Faurie *et al.* (2003) is defined as follows:

$$C (\%) = (P_i \times 100) / P$$

C : Constance ;

P_i: Number of samples containing the species collected;

P: Total number of samples collected;

Ubiquitous species: C% = 100%;

Constant species: 75% ≤ C% < 100;

Regular species: 50% ≤ C < 75%;

Accessory species: 25% ≤ C < 50%;

Accidental species: C < 25.

Habitat amplitude (HA) and ecological barycentre (G)

The specific distribution was examined using the habitat amplitude parameter (HA) for each species to reflect the amplitude of the spatial niche. According to Blondel (1979), this parameter has the following formula:

$$HA = e^{H'}$$

e: base of the Napierian logarithm;

H': -Σ P_i. Log₂ (P_i) (Shannon and Weaver, 1949);

P_i: the proportion of individuals of the species in the environment i.

According to Blondel (1979), the barycentre measures the centre of gravity of the species' distribution along with a descriptor. It locates the average position of each species along a gradient (Ramade, 1984). It makes it possible to identify the ecological optimum of species statistically and with precision (Felzines, 1982). It depends closely on the a priori definition of the number of resource classes. The formula was defined by Lheritier *et al.* (1979) as follows:

$$g = (x_1 + 2x_2 + 3x_3 \dots nx_n) / \sum x$$

X1: centesimal frequency of species E in class 1 of the factor considered;

X2: centesimal frequency of species E in class 2 of the factor considered, etc.

Lheritier *et al.* (1979) reported that the habitat amplitude and the barycentre better understand how each species is distributed along the ecological succession.

Study of morphometric traits and oviposition characteristics of *Pamphagus milevitanus* females

Measurements of the different body parts of the female *Pamphagus milevitanus* species were taken with a precision measuring magnifier and graph paper. The following parameters were measured: overall height, head size, thorax and abdomen, length and width of the hind femur. We investigated the oothecae of three females (number and size of eggs) to study fecundity and egg-laying capacity.

RESULTS

Composition of the orthopterological fauna

The orthopteran fauna recorded in the study area shows 25 species belonging to nine subfamilies and five families. The Acrididae was quantitatively the most abundant, being represented by 18 species (Table 2).

Table 2: Orthopteran species recorded in the three study sites

Sub-orders	Families	Subfamilies	Species	S1	S2	S3			
Caelifera	Pamphagidae	Pamphaginae	<i>Ocneridia volxemii</i> (Bolivar, 1878)	+	+	+			
			<i>Pamphagus milevitanus</i> (Benkenana and Massa, 2017)	-	-	+			
			<i>Pamphagus cristatus</i> (Descamps and Mounassif, 1972)	+	-	+			
	Acrididae	Calliptaminae	Oedipodinae	<i>Pamphagus sp</i>	+	+	-		
				<i>Calliptamus barbarus barbarus</i> (Costa, 1836)	+	-	+		
				<i>Calliptamus sp</i>	+	+	+		
				<i>Oedipoda caerulescens sulfurescens</i> (Saussure, 1884)	+	+	+		
				<i>Oedipoda fuscocincta fuscocincta</i> (Lucas, 1849)	-	-	+		
				<i>Oedipoda sp</i>	+	+	+		
				<i>Acrotylus patruelis patruelis</i> (Herrich-Schäffer, 1838)	+	+	+		
				<i>Acrotylus insubricus</i> (Scopoli, 1786)	+	+	-		
				<i>Aiolopus thalassinus thalassinus</i> (Fabricius, 1781)	+	+	+		
				<i>Aiolopus strepens</i> (Lautreuille, 1804)	-	+	+		
				<i>Thalpomena algeriana algeriana</i> (Lucas, 1849)	+	+	+		
				Cyrtacanthacridinae	Gomphocerinae	<i>Anacridium aegyptium</i> (Linnaeus, 1764)	+	+	+
						<i>Anacridium sp</i>	-	+	+
						<i>Doclostaurus maroccanus</i> (Thunberg, 1815)	+	-	+
				Tetrigidae	Tetriginae	<i>Doclostaurus jagoi jagoi</i> (Soltani, 1978)	+	-	-
<i>Omocestus lucassi</i> (Brisout de Barneville, 1850)	+	-	+						
<i>Omocestus africanus</i> (Haraz, 1970)	-	+	-						
<i>Ochridia filicornis filicornis</i> (Krauss, 1902)	+	-	-						
<i>Pezotettix giornae</i> (Rossi, 1749)	+	+	+						
<i>Paratettix meridionalis</i> (Rambur, 1838)	+	+	+						
Tettigoniidae	Tettigoniinae	<i>Praephippigera pachygaster</i> (Lucas, 1849)	+	-	+				
Ensifera	Gryllidae	Gryllinae	<i>Gryllus sp</i>	+	-	+			
Total	5	9	25	20	15	20			

S1: Djebel Ouahch, **S2:** Beni Hamidene, **S3:** Grarem Gouga

Frequency of occurrence and ecological status of inventoried species

Table 3 lists the frequencies of occurrence of orthopteran fauna. The environment of the Djebel Ouahch site has, out of a total of 20 species, 12 accidental species, five accessory species, two regular species and one constant species. At the Beni Hamidene site, out of 15 species, there are seven accidental species, four accessory species, three regular species and one constant species. At the Grarem Gouga site, out of 20 species, accidental species are predominant (14); there are also three accessory species, two regular species and one constant species.

Table 3: Assessment of the ecological status of orthopteran species in the study areas

Species	Jebel El Ouahch				Beni Hamidene				Grarem Gouga			
	ni	F%	C%	Econo mic stat.	ni	F%	C%	Econo mic stat.	ni	F%	C%	Stat. Eco
<i>Calliptamus b. barbarus</i>	6	3,82	11,11	AC	0	0,00	0	/	2	1,10	10	AC
<i>Calliptamus sp</i>	14	8,92	33,33	ACC	1	0,93	12,5	AC	3	1,66	10	AC
<i>Oedipoda f. fuscocincta</i>	0	0,00	0	/	0	0,00	0	/	17	9,39	20	AC
<i>Oedipoda sp</i>	8	5,10	11,11	AC	1	0,93	12,5	AC	20	11,05	40	ACC
<i>Oedipoda caerulescens sulfurescens</i>	2	1,27	11,11	AC	2	1,87	12,5	AC	11	6,08	50	R
<i>Acrotylus insubricus</i>	6	3,82	11,11	AC	4	3,74	25	ACC	0	0,00	0	/
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	20	12,74	44,44	ACC	18	16,82	62,5	R	32	17,68	60	R
<i>Aiolopus thalassinus thalassinus</i>	1	0,64	11,11	AC	9	8,41	25	ACC	4	2,21	10	AC
<i>Aiolopus strepens</i>	0	0,00	0	/	5	4,67	37,5	ACC	10	5,52	30	ACC
<i>Thalpomena algeriana</i>	1	0,64	11,11	AC	6	5,61	37,5	ACC	3	1,66	10	AC
<i>Anacridium aegyptium</i>	2	1,27	11,11	AC	2	1,87	12,5	AC	4	2,21	20	AC
<i>Anacridium sp</i>	0	0,00	0	/	1	0,93	12,5	AC	1	0,55	10	AC
<i>Dociostaurus maroccanus</i>	9	5,73	55,56	R	0	0,00	0	/	1	0,55	10	AC
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	3	1,91	22,22	AC	0	0,00	0	/	0	0,00	0	/
<i>Omocestus africanus</i>	0	0,00	0	/	1	0,93	12,5	AC	0	0,00	0	/
<i>Omocestus lucassi</i>	1	0,64	11,11	AC	0	0,00	0	/	1	0,55	10	AC
<i>Ochridia filicornis filicornis</i>	3	1,91	33,33	ACC	0	0,00	0	/	0	0,00	0	/
<i>Pezotettix giornae</i>	54	34,39	88,89	CO	1	0,93	12,5	AC	14	7,73	40	ACC
<i>Ocneridia volxemii</i>	4	2,55	44,44	ACC	45	42,06	75	CO	42	23,20	80	CO
<i>Pamphagus milevitanus</i>	0	0,00	0	/	0	0,00	0	/	4	2,21	10	AC
<i>Pamphagus cristatus</i>	8	5,10	55,56	R	0	0,00	0	/	2	1,10	20	AC
<i>Pamphagus sp</i>	3	1,91	22,22	AC	4	3,74	50	R	0	0,00	0	/
<i>Paratettix meridionalis</i>	10	6,37	33,33	ACC	7	6,54	50	R	4	2,21	20	AC
<i>Praephippiger pacygaster</i>	2	1,27	11,11	AC	0	0,00	0	/	6	3,31	30	AC
<i>Grillus sp</i>	6	3,82	11,11	AC	0	0,00	0	/	2	1,10	10	AC

AC: Accidental, ACC: Accessory, R: Regular, Co: Constant, OMN: Omnipresent

Habitat amplitude (HA) and ecological barycentre (G)

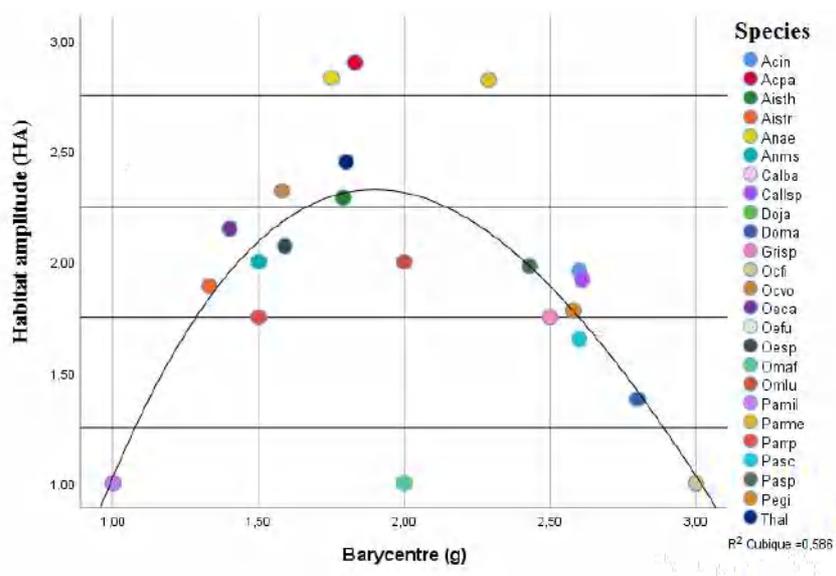
The results summarised in **Table 4** indicate that each environment has preferential species. Nevertheless, of the 25 species inventoried, almost half are found in the locality of Djebel Ouahch ($g > 2$), followed by the locality of Beni Hamidene ($g > 1$). These two environments attract almost all the species (23 species). Taking into account all the species (25) confirms these observations. Furthermore, **Table 4** shows that the species whose $HA=1$ are species restricted to the locality of Grarem Gouga. On the other hand, species with $1 < HA \leq 2$ are species whose spatial niche (ecological plasticity) encompasses two localities, Grarem Gouga and Beni Hamidene. On the other hand, species with $2 < AH \leq 3$ are species whose spatial niche (ecological plasticity) encompasses two localities: Beni Hamidene and Djebel Ouahch. It can be noted that the most significant habitat amplitude belongs to the species *Acrotylus patruelis patruelis*, with a value of 2.90.

Table 4: Distribution of Orthoptera species along the altitudinal gradient of the study areas

Species	Code	ni	g	H'	HA
<i>Calliptamus barbarus barbarus</i>	Calba	8	2,50	0,562	1,75
<i>Calliptamus sp</i>	Callsp	18	2,61	0,655	1,92
<i>Oedipoda fuscocincta fuscocincta</i>	Oefu	17	1,00	0,000	1,00
<i>Oedipoda sp</i>	Oesp	29	1,59	0,728	2,07
<i>Oedipoda caerulescens sulfurescens</i>	Oeca	15	1,40	0,765	2,15
<i>Acrotylus insubricus</i>	Acin	10	2,60	0,673	1,96
<i>Acrotylus patruelis patruelis</i>	Acpa	70	1,83	1,065	2,90
<i>Aiolopus thalassinus thalassinus</i>	Aisth	14	1,79	0,831	2,29
<i>Aiolopus strepens</i>	Aistr	15	1,33	0,637	1,89
<i>Thalpomena algeriana algeriana</i>	Thal	10	1,80	0,898	2,45
<i>Anacridium aegyptium</i>	Anae	8	1,75	1,040	2,83
<i>Anacridium sp</i>	Anms	2	1,50	0,693	2,00
<i>Dociostaurus maroccanus</i>	Doma	10	2,80	0,325	1,38
<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i>	Doja	3	3,00	0,000	1,00
<i>Omocestus africanus</i>	Omaf	1	2,00	0,000	1,00
<i>Omocestus lucassi</i>	Omlu	2	2,00	0,693	2,00
<i>Ochrlidia filicornis filicornis</i>	Ocfi	3	3,00	0,000	1,00
<i>Pezotettix giornae</i>	Pegi	69	2,58	0,577	1,78
<i>Ocneridia volxemii</i>	Ocvo	91	1,58	0,842	2,32
<i>Pamphagus milevitanus</i>	Pamil	4	1,00	0,000	1,00
<i>Pamphagus cristatus</i>	Pasc	10	2,60	0,500	1,65
<i>Pamphagus sp</i>	Pasp	7	2,43	0,683	1,98
<i>Paratettix meridionalis</i>	Parma	21	2,29	1,035	2,82
<i>Praehippiger pachygaster</i>	Parrp	8	1,50	0,562	1,75
<i>Grillus sp</i>	Grisp	8	2,50	0,562	1,75

ni: number of individuals, g: ecological barycentre, H': Shannon's index, HA: Habitat amplitude

Figure 2 indicates an almost complete turnover of the population between the second and third biotope. The lowest HA values are for *Pamphagus milevitanus* (Pamil) and *Oedipoda f. fuscocincta* (Oefu). While the highest values are for the species *Dociostaurus jagoi jagoi* (Doja) and *Ochrlidia filicornis filicornis* (Ocfi), which have the highest values, they characterise the locality of Djebel Ouahch.

**Figure 2:** Relationship between maximum abundance (g) and species dispersal (HA)

Study of morphometric traits and oviposition characteristics of *Pamphagus milevitanus* females

The coefficient of variation (CV) was calculated to express better the morphometric measurements of the female and her litter (oothecae) (**Figure 3**). A CV below 15% indicates the true values of the measurements. For each measurement, the CVs were checked at 15%. Measurements that exceeded the norms were processed by reducing the outliers (*). **Table 5** shows the final measurements of the different morphometric traits and oviposition characteristics of *Pamphagus milevitanus* females.

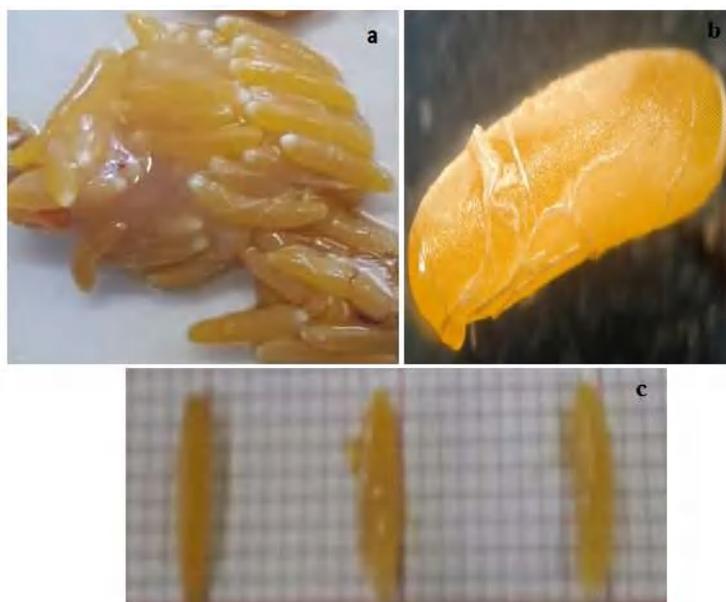


Figure 3: Ootheca of the species *Pamphagus milevitanus* (x40)
a: Oothecae, b: Egg, c: Size of eggs

Table 5: Morphometric analyses of female individuals of the species *Pamphagus milevitanus*

Females	Size general (cm)	Number eggs	The size eggs (cm)	weight of an egg (g)	Total weight of the Ootheca (g)	Head (cm)	Thorax (cm)	Abd (cm)	I. femur (cm)	L. femur (cm)
1	8,8	236*	0,8	0,008	1,88	0,9	1,8	6,3	2,8	0,6
2	8,4	176	0,75	0,0075	1,32	0,8	1,8	6,1	2,6	0,6
3	7,6	109	0,69	0,0065	0,7*	0,6	1,6	5,9	2,9	0,6
Means.	8,267	173,667	0,747	0,007	1,300	0,767	1,733	6,100	2,767	0,600
SE	0,353	36,680	0,032	0,000	0,341	0,088	0,067	0,115	0,088	0,000
C.V. (<15%)	0,043	0,211	0,043	0,060	0,262	0,115	0,038	0,019	0,032	0,000
Means.	8,267	142,5	0,747	0,007	1,600	0,767	1,733	6,100	2,767	0,600
SE	0,353	18,87	0,032	0,000	0,056	0,088	0,067	0,115	0,088	0,000
C.V. (<15%)	0,043	0,1324	0,043	0,060	0,035	0,115	0,038	0,019	0,032	0,000

I: width, L: length, Abd: Abdomen

Influence of environmental parameters on orthopteran settlement

The impact of the variation of certain climatic parameters on the availability of orthopterans was studied, including temperature, precipitation and wind. Furthermore, the relationship between orthopteran availability and climatic factors was verified by drawing a regression graph. The R^2 value indicates whether the climate variable explains the orthopteran abundance variable. The Pearson correlation

coefficient (r) calculation showed the influence of temperature, precipitation, and wind on orthopteran abundance (**Figure 4a-b-c**). Figure 4a shows that higher temperature favours a higher abundance of the whole orthopteran community, while Figure 4b shows that the precipitation factor negatively impacts the abundance of orthopterans. Figure 4c shows that wind does not influence the abundance of the orthopteran fauna.

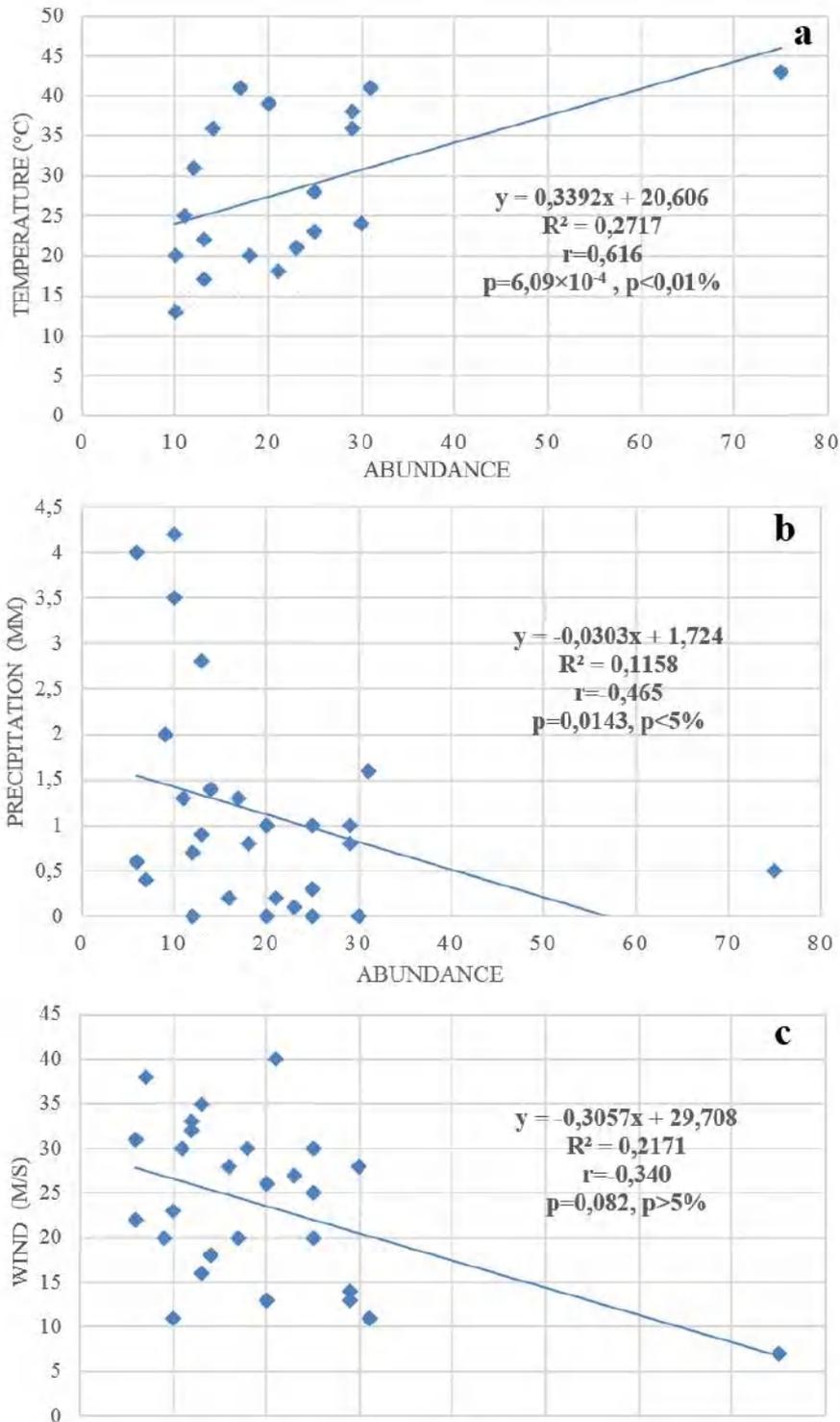


Figure 4: Impact of some environmental parameters on orthopteran abundance

DISCUSSION

This study shows that the study area is very diverse, with 25 species of orthopterans recorded belonging to five families and nine subfamilies. In general, the Acrididae shows clear dominance in terms of taxonomic richness. It is represented by 18 species divided into five subfamilies, which its adaptation can explain the environmental conditions of the area and the diversified vegetation. The subfamily Oedipodinae is the most widespread with eight species. These results are similar to those made by many researchers in Eastern Algeria, namely Benkenana (2006), Benkenana & Harrat (2009) and Benkenana *et al.* (2019), where the dominance of the family Acrididae is reported. Betina *et al.* (2017) reported 21 species in Batna, while Mahloul *et al.* (2016) inventoried 17 species in Oum El Bouaghi. The distribution of species between the three study sites indicates a high diversity in the two sites; Djebel Ouahch Park and Beni Hamidene. In contrast, the Grarem Gouga site has low diversity. This difference is linked to the environment and climatic conditions.

The study of the frequency of occurrence aims to define the structuring species of the procession. At the Djebel Ouahch station level, the study of the frequency of occurrence shows that the species: *Pezotettix giornae* is the most abundant, with a value of 34.39. This means that this species is less disadvantaged than the others by the ecological conditions of the station. It is a species that occurs during most of the year in dry places, grasses, and low bushes (Chopard, 1943). Overall, the species belonging to the family Acrididae dominate the park's population. This family is the most represented in all the work carried out in Algeria (Chopard, 1943; Ould El Hadj, 2004; Moussi *et al.*, 2011). The regularity of the surveys allowed us to distinguish four groups of species: only one constant species; *Pezotettix giornae*, two regular species; *Dociostaurus maroccanus* and *Pamphagus cristatus*, five accessory species; *Calliptamus sp.*, *Acrotylus patruelis patruelis*, *Ochrilidia filicornis filicornis*, *Ocneridia volxemii* and *Paratettix meridionalis*, and ten accidental species.

For the Beni Hamidene station, the study of the frequency of each species made it possible to point out that certain species have high frequencies compared to others. It follows that this station contains one constant species; *Ocneridia volxemii*, which is the most frequent species. According to Benkenana (2013), *Ocneridia volxemii* has been recorded in 24 stations in eastern Algeria, and has been found in the semi-arid, subhumid and humid bioclimatic stages, when the temperature is lower than 6°C. It also holds three regular species; *Acrotylus patruelis patruelis*, *Pamphagus sp.* and *Paratettix meridionalis*, four accessory species and seven accidental species.

At the Grarem Gouga station, it appears that it contains only one constant species *Ocneridia volxemii*, two regular species; *Oedipoda caerulescens sulfurescens* and *Acrotylus patruelis patruelis*, three accessory species and 14 accidental species.

The habitat amplitude (HA) was used to estimate each species' spatial niche and thus see their distribution. The species *Acrotylus patruelis patruelis* is the most observed orthopteran in the study area. It is an essentially Mediterranean species (Bellmann & Luquet 1995). According to Defaut (1999), it is present throughout Africa. However, the species: *Pamphagus milevitanus*, *Ochrilidia filicornis filicornis*, *Omocestus africanus*, *Dociostaurus jagoi jagoi* and *Oedipoda fuscocincta fuscocincta* have a reduced spatial niche (HA=1), they are the most vulnerable, and this may be since they are influenced by the less favourable ecological conditions prevailing in the geographical area studied.

Pamphagus milevitanus, an endemic species of the family Pamphagidae, described by Benkenana & Massa in 2017. It was reported for the first time in north-eastern Algeria in Mila. The study of morphometric and oothecae analyses of females shows that this species is giant with high fecundity. The number of eggs per ootheca exceeds 173. According to Bounechada (2007), the species *Ocneridia volxemii* of the same family as *P. milevitanus*, the number per ootheca varies between 30 and 35. This difference may be related to size, as *Ocneridia volxemii* is small in size; the diet is also different. Bounechada (2007) found that environmental conditions, including the quantity and quality of food consumed, influence the number of eggs in the oothecae. According to Benkenana (2013), *Ocneridia volxemii* is graminivorous, feeding mainly on Poaceae. On the other hand, species of the genus *Pamphagus* have a preference for Fabaceae.

Climatic factors have a significant influence on the availability and distribution of orthopterofauna. According to Dusoulier (2002), orthopterans show a high sensitivity to environmental conditions. The Pearson correlation coefficient (r) calculation allowed us to deduce that the temperature variable positively affects orthopteran abundances ($r = 6.09 \times 10^{-4}$). This correlation indicates that the variable precipitation negatively influences Orthopteran abundance ($r = -0.465$). Wind speed's climatic variable does not seem to affect orthopteran availability (r -value is very low ($r = -0.340$)). Temperature is a key factor for many orthopteran species (Bellmann & Luquet, 1995; Boitier, 2003).

CONCLUSION

This study highlighted an important richness of orthopterans in the study area. The number of species recorded in the three stations surveyed indicates a considerable diversity (25 species). The results reveal a clear difference in biodiversity between the three study stations. The family Acrididae is the richest in terms of number of species and individuals in the three surveyed stations. *Pezotettix giornae* is a constant and very abundant species in the park of Djebel Ouahch. The species *Pamphagus milevitanus* shows a high fecundity. This giant species, prey to various predators (birds, reptiles, etc.), has established itself in several sites. The sampling procedure and the ecological and statistical analyses proposed in this article allow an estimate of the spatial distribution of species, the structure and diversity of orthopteran populations in the study area. It is recommended to extend and deepen the research in the entire Eastern Algeria region to complete the results.

REFERENCES

- Bellmann H. & Luquet G., 1995. *Guide des Sauterelles, Grillons et Criquets d'Europe occidentale*. Paris: Delachaux & Niestlé.
- Belovsky G.E. & Slade J.B., 2002. An ecosystem perspective on grasshopper control: possible advantages to no treatment. *Journal of Orthoptera Research*, **11**, 29–35.
- Benkenana N., 2006. *Analyse bio systématique, écologique et quelques aspects de la biologie des espèces acridiennes d'importance économique dans la région de Constantine*. Magister thesis: University Frères Mentouri Constantine1 (Algeria).
- Benkenana N. & Harrat A., 2009. Contribution to the systematic study of grasshopper fauna (Orthoptera, Caelifera) and some bio-ecological aspects of economic importance of species in the Constantine region (Eastern Algeria). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, **21**(1), 40-47.
- Benkenana, N., 2013. *Inventaire et analyse bio systématique de la famille des Pamphagidae (Orthoptera, Caelifera) de l'Est algérien*. PhD Thesis: University Frères Mentouri Constantine 1 (Algeria).
- Benkenana N., Harrat A. & Petit D., 2013. Analysis of the number of sensilla on the labrum and the diet of grasshoppers belonging to the family Pamphagidae (Orthoptera). *European Journal of Entomology*, **110**(2), 355–364. DOI: [10.14411/eje.2013.097](https://doi.org/10.14411/eje.2013.097)
- Benkenana N. & Massa B., 2017. A new species of Pamphagus (Orthoptera: Pamphagidae) from Algeria with a key to all the species of the genus. *Zootaxa*, **3168**, 22–38. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4254.1.6>
- Benkenana N., Benchiheub S. & Zaabat N., 2019. Contribution à la connaissance de la faune acridienne (Orthoptera, Caelifera) dans la région de Mila (Est algérien). *Revue Agrobiologia*, **9**(1), 1302-1310.
- Betina S.I., Harrat A. & Petit D., 2017. Analysis grasshopper diversity and associated factors involved in grasshopper diversity in arid Aurès mountains (Batna, Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, **5**(5), 339-348.
- Blondel J., 1979. *Biogéographie et écologie*. Paris : Masson.
- Boitier E., 2003. *Caractérisation écologique et faunistique des peuplements d'Orthoptères en montagne auvergnate*. Diplôme d'étude et de recherche. Science de la vie et de la terre. Limoges University (France).
- Boudy P., 1955. *Economie forestière Nord-africaine. Tom IV. Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie*. Paris : Larose.
- Bounechada M., 2007. *Recherches sur les Orthoptères. Etude bioécologique et essais de lutte biologique sur Ocnieridia volxemi Bol. (Orthoptera, Pamphagidae) dans la région de Sétif*. PhD thesis : University Ferhat Abbas Setif (Algeria).

- Brader L. *et al.*, 2006. Towards a more effective response to desert locusts and their impacts on food security, livelihoods and poverty. In *Proceedings of Independent Multilateral Evaluation of the 2003–2005 Desert Locust Campaign*, FAO, Rome.
- Chopard L., 1943. *Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord. Faune de l'empire français 1*. Paris : La rose.
- Dajoz R., 1985. *Précis d'écologie*. Paris : Dunod.
- Defaut B., 1999. Synopsis des Orthoptères de France. *Matériaux entomocénologiques, Bédailhac*, **2**, 1-88.
- Dusoulier F., 2002. Les insectes peuvent-ils servir de bioindicateurs climatiques, L'exemple des orthoptères en Bretagne. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, **14**, 245-252.
- Eades D.C. *et al.*, 2011. *Orthoptera Species File Online. Version 2.0/4.0*. <http://orthoptera.speciesfile.org/> (20/05/2021).
- Faurie C., Ferra C. Medori P. Devaux J. & Hemptinne J.L., 2003. *Ecologie approche scientifique et pratique*. Paris : Lavoisier.
- Felzines J.C., 1982. *Etude dynamique, sociologique et écologique de la végétation des étangs du Centre-Est de la France. Importance de la compétition interspécifique dans l'organisation de la végétation et la distribution des espèces et des associations*. PhD thesis: Lille University of Science & Technology (France).
- Gandar M.V., 1982. The dynamics and trophic ecology of grasshoppers (Acridoidea) in a South African savanna. *Oecologia*, **54**, 370–378.
- Hachiche L., 2014. *Restauration et réhabilitation de la réserve biologique de Djebel Ouahch, Constantine*. Master thesis, University Frères Mentouri Constantine 1 (Algeria).
- Hammer D.A.T. *et al.*, 2001. Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologica Electronica* (9) <http://palaeoelectronica.org/> (08/06/2021).
- Jago N.D., 1963. A revision of the genus Calliptamus (Orthoptera, Acrididae). *Bulletin of the British Museum (Natural History) Entomology*, **13**(9), 289-350.
- Joern A., Danner B.J., Logan J.D. & Wolesensky W., 2006. Natural History of Mass-Action in Predator-Prey Models: A Case Study from Wolf Spiders and Grasshoppers. *The American Midland Naturalist*, **156**(1), 52–64.
- Kirch W. Ed., 2008. *Pearson's Correlation Coefficient BT-Encyclopedia of Public Health*. P. 1090-1091. Dordrecht: Springer.
- Latchininsky A.V., 2013. Locusts and remote sensing: a review. *Journal of Applied Remote Sensing*, **7**, 075099. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.7.075099>
- Launois M., 1979. *Manuel pratique d'identification des principaux acridiens du Sahel*. Paris : Ministère de la coopération.
- Lheritier J.N., Debussche M. & Lepart J., 1979. L'avifaune nicheuse des reboisements de Pin noir du Causse Méjean. *La revue française d'ornithologie*, **49**, 185-211
- Louveaux A. *et al.*, 2021. Orthoptères *Acridomorpha* de l'Afrique du Nord-ouest. <http://acrinwafrica.mnhn.fr/> (06/06/2021).
- Mahloul S., Harrat A. & Petit D., 2016. Diversity of grasshoppers (Caelifera) recorded on the banks of a Ramsar listed temporary Salt Lake in Algeria. *European Journal of Entomology*, **113**, 158-172. <https://doi.org/10.14411/eje.2106.020>
- Massa B., Fontana P. Buzzetti F.M. Kleukers R. & Ode B., 2012. *Fauna d'Italia. XLVIII. Orthoptera*. Bologna: Calderini.
- Météo en temps réel., 2021. Données climatologiques. <https://www.infoclimat.fr/climatologie/> (25/12/2020).
- Millist N. & Abdalla A., 2011. Benefit-cost analysis of Australian plague locust control operations for 2010–11. ABARES report prepared for the Australian Plague Locust Commission.
- Moussi A., Abba A., Harrat A. & Petit D., 2011. Desert acridian fauna (Orthoptera, Acridomorpha): comparison between steppic and oasian habitats in Algeria. *Comptes Rendus Biologies*, **334**, 158-167. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2010.12.001>
- National meteorological office., 2021. Données climatologiques. <https://www.meteo.dz/> (25/12/2020).
- Ould El Hadj M.D., 2004. *Le problème acridien au Sahara algérien*. PhD thesis: Higher National Agronomic School El-Harrach (Algeria).
- Ramade F., 1984. *Eléments d'écologie : écologie fondamentale*. Paris : Mc. Graw & Hill.

Samways M. & Sergeev M.G., 1997. Orthoptera and landscape change. In: Gangwere SK, Muralirangan MC, Muralirangan M, editors. The bionomics of grasshoppers, katydids and their kin. Wallingford (UK) : CAB International ; p. 147–162.

Shannon, C. E. and Weaver, W., 1949. *The mathematical theory of communication*. Illinois: University of Illinois Press.

Wright D.E., 1986. Economic assessment of actual and potential damage to crops caused by the 1984 locust plague in south-eastern Australia. *Journal of Environmental Management*, **23**, 293-308.

(42 Réf.)

**CONTRIBUTION OF THE KNOWLEDGE ON LOCUST AND GRASSHOPPERS
 FAUNA IN THE AURES REGION (EASTERN ALGERIA) AND THE
 BIOECOLOGICAL STUDY OF *PRAEPHIPPIGERA PACHYGASTER* (LUCAS, 1849)
 (ENSIFERA, TETTIGONIIDAE)**

DERROUCHE Chahinez¹, ABED Abir¹, GUERFI Imen¹ and BENKENANA Naima¹

1. Université Frères Mentouri Constantine 1- Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie- Département de Biologie Animale- Laboratoire de Biosystématique et Ecologie des Arthropodes, 25 000 Constantine, Algérie

Reçu le 30/09/2021, Révisé le 05/11/2021, Accepté le 08/11/2021

Abstract

Description of the subject: This article presents the inventory of Orthopterans and bioecological study of the species *Praephippiger pachygaster* (Lucas, 1849).

Objective: The aim of this study is to make an inventory, to get an idea of the dispersion of the Orthopterans and to determine which species are of economic importance in the study area.

Methods: The sampling methods and the bio-ecological study make it possible to estimate the abundance of Orthopterans in the study area.

Results: The investigation results indicate 25 species belonging to 11 sub-families and five families. The distribution of Orthoptera species between study stations indicates that the Belezma station remains the richest with 22 species while the Ain Djasser station is the lowest with only five species. The bioecological study of the species *Praephippiger pachygaster* (Lucas, 1849) of the Tettigoniidae family shows that this species is polyphagous with a preference for family plants: Asteraceae and Poaceae. This species occurs in Khenchela region with a marked outbreak during the study period.

Conclusion: The study of the diversity and structure of the Orthopteran population shows that the study area is diverse (25 species). The species *Ocneridia volxemii*, *Dosiostaurus maroccanus* and *P. pachygaster* seem to be the most of economic important species in the Aures region.

Keywords: Aures; Bioecological study; Inventory; Orthopterans; *Praephippiger pachygaster*.

**CONTRIBUTION À LA CONNAISSANCE DE LA FAUNE DES ORTHOPTÈRES
 DANS LA RÉGION DES AURÈS ET ÉTUDE BIOÉCOLOGIQUE DE
PRAEPHIPPIGERA PACHYGASTER (LUCAS, 1849) (ENSIFERA, TETTIGONIIDAE)**

Résumé

Description du sujet : Le présent travail porte sur la réalisation d'un inventaire et l'étude bioécologique de l'espèce *Praephippiger pachygaster* (Lucas, 1849).

Objectifs : Cette étude a pour objectif de dresser un inventaire, d'avoir une idée sur la dispersion de la faune des orthoptères et de déterminer les espèces qui ont une importance économique dans la région d'étude.

Méthodes : Les méthodes d'échantillonnage et l'étude bioécologique permettent d'évaluer l'abondance des orthoptères dans la région d'étude.

Résultats : Les investigations ont révélé la présence de 25 espèces appartenant à 11 sous-familles et cinq familles. La répartition des espèces d'Orthoptères entre les stations d'étude indique que la station de Belezma reste la plus riche avec 22 espèces alors que la station d'Ain Djasser est la moins riche avec seulement cinq espèces. L'étude bioécologique de l'espèce *P. pachygaster* de la famille des Tettigoniidae montre que cette espèce est polyphage avec une préférence pour les plantes de la famille: Asteraceae et Poaceae. Cette espèce est présente dans la région de Khenchela avec une pullulation marquée durant la période d'étude.

Conclusion : L'étude de la diversité et de la structure du peuplement d'orthoptères montre que la région d'étude est diversifiée (25 espèces). Les espèces *Ocneridia volxemii*, *Dosiostaurus maroccanus* et *P. pachygaster* semblent être les plus importantes du point de vue économique dans la région des Aurès.

Mots clés : Aurès ; étude Bioécologique ; Inventaire ; Orthoptères ; *Praephippiger pachygaster*.

* Auteur correspondant: DERROUCHE Chahinez, E-mail: chahinez.derrouiche@umc.edu.dz

INTRODUCTION

For many centuries, the problems caused by pests have received much attention. Among these insects, locust and grasshoppers that cause severe damage to crops and pastures. If the conditions for the development of these insects are favorable, the damage will be considerable. Algeria by its geographical location and the extent of its territory occupies a preponderant place in the air habitat of a very diverse locust fauna.

Several studies have been conducted on locust fauna in Algeria: Chara [1], Doumandji *et al.* [2, 3], (Ould-Elhadj [4-6], Maurel [7], Moussi [8] and Benkenana *et al.* [9-13]. In locust survey, it is difficult to cover an entire region, so it was necessary to sample existing habitats and select representative sites. We have chosen the study stations in collaboration with the services of the National Institute of Plant Protection (INPV) of Batna and Khenchela region, where reported to us the high density of species of grasshoppers in our survey. Also, it was included the species

P. pachygaster (Lucas, 1849), which is observed with a marked outbreak during the study period. In Aures Algeria, the population of the Orthopterans has been the subject of few studies [14, 15]. In this prospect we are interested to make an inventory of the Orthoptera fauna in the Aures region and the study of *P. pachygaster* species, the bioecology of the latter species unknown in Algeria before. *P. pachygaster* is a very variable species in color with its tiny wings; it can produce loud and quite strident sounds. The posterior half of the horn-like pronotum acts like a megaphone, the song consists of short double sounds that can be transcribed by "tsi-schipp" which are also transmitted by the female [16].

MATERIALS AND METHODS

1. Study area

The stations of study chosen according to the presence of the grasshoppers and locusts, they are belonged Khenchela and Batna region. These eco-climatic characteristics in table (1).

Table 1: The eco-climatic characteristics of Batna and Khenchela regions

Characteristics / region	Batna	Khenchela
Geographic coordinates	35°33 North 7°55 East	35°05 North 7°08 East
Altitude	980m (until 1200 m at Belzma)	983m (until 2 328 m at Chilia)
T°C Average winter	1.4°C	/
T°C average summer	35.6°C	36°C
Annual precipitation	300-500mm	520mm
Bioclimatic floor	Semi-arid to cold winter	Semi-arid to cold winter (dry summer)
The vegetation	Cereal growing, arboriculture and fallow. The alfa (<i>Stipatana ssisima</i>) and the Diss(<i>Ampelodesmos mauritanicus</i>).	Forests and maquis. Market gardening and fruit growing. Cereals, Food legumes and cucurbits.
Prospected sites	Belezma (35°9' 47'' N, 7°55' 10 ''E, 991m), Oued Chaaba (35° 30' 17'' N, 6° 04' 40'' E) and Ain Djasser (35° 51' 40'' N, 6° 00' 04'' E, 831 m)	El-Hamma (35°12' 42'' N, 6°46' 13 ''E, 1049 m)

2. In the field

For the collection of Orthopterans hand capture was used for wingless individuals (Pamphagidae), however the filleting net was used winged individuals such as Acrididae and Pyrgomorphidae.

3. In the laboratory

The systematic determination of grasshoppers' species is carried out using several keys of determinations: Chopard [17], Jago [18], Launois [19], Massa *et al.* [20]. Classification and nomenclature have been updated through the websites: (<http://orthoptera.speciesfile.org>) [21] and (<https://acrinwafrica.mnhn.fr>) [22]. To identify the species of the family Pamphagidae, the assembly of male genitalia was used.

4. Morphometric analysis

For the morphometric analysis of the species *P. pachygaster*, the following parameters: the length of the head, the thorax, the abdomen, as well as the length and height of the posterior femur were measured. In addition, the items at the antennae were also counted. These measurements were made using a graph paper. For the study of female fecundity, number of eggs was counted for this species.

5. The diet study

Analysis of this diet is facilitated by the easy determination of the fragments of epidermis contained in the digestive tract or in the feces [23]. The epidermal fragments in the feces and in the digestive tract are homogenized for a few seconds to a minute in sodium hypochlorite and discoloration without apparent destruction of the epidermis.

After rinsing in distilled water, followed by a few minutes bathing in alcohol with a progressive concentration (70°, 80°, 96°). The treated epidermis is preserved between blade and coverslip in Canada balsam. A microscopic observation is performed. We have calculated the relative frequencies of plant families in faces.

RESULTS

1. Inventory

The inventory of Orthoptera fauna in present study area shows the presence of 25 species belonging to 11 sub-families and five families. Our inventory has had a rather interesting diversity. The results are shown in (Table 2).

Table 2: Inventory of locust and grasshoppers fauna in the study area; S1: Ain Djasser, S2: Oued Chaaba, S3: Belezma, S4: El Hamma

Sub. Order	Family	Sub. family	Species	S1	S2	S3	S4	
Caelifera	Pamphagidae	Pamphaginae	<i>Pamphagus auresianus</i> (Massa, 1992)	+	+	+	+	
			<i>Pamphagus djelfensis</i> (Vosseler, 1902)	-	+	+	+	
			<i>Pamphagus batnensis</i> (Benkenana& Petit, 2011)	-	+	+	+	
			<i>Ocneridia volxemii</i> (Bolivar, 1878)	+	+	+	+	
			<i>Ocneridia nigropunctata</i> (Lucas, 1849)	-	-	+	+	
		<i>Acinipe sp</i> (Rambur, 1838)	-	+	+	-		
		Thrinchina	<i>Tmethis cisti cisti</i> (Fabricius,1787)	+	-	+	+	
			<i>Tmethis pulchripennis algerica</i> (Saussure, 1888)	-	-	-	+	
		Pyrgomorphae	Pyrgomorphae	<i>Pyrgomorpha miniata</i> (Bolivar, 1914)	-	-	+	+
				<i>Pyrgomorpha vosseleri</i> (Uvarov, 1923)	-	-	-	+
	Acrididae	Gomphocerinae	<i>Dociostaurus jagoi jagoi</i> (Soltani, 1978)	-	-	+	-	
			<i>Dociostaurus maroccanus</i> (Thunberg, 1815)	-	-	+	-	
			<i>Heteracris harterti</i> (I.Bolivar, 1913)	-	-	+	-	
		Eyprepocnemidinae	<i>Eyprepocnemis plorans</i> (Charpentier, 1825)	-	-	+	-	
			Calliptaminae	<i>Calliptamus barbarus barbarus</i> (Costa, 1853)	-	-	+	-
		<i>Calliptamus wattenwylanus</i> (Pantel, 1896)		-	-	+	-	
		Cyrtacanthacridinae	<i>Anacridium aegyptium</i> (Linné, 1764)	-	-	+	-	
			<i>Oedaleus decorus</i> (Germar, 1853)	-	-	+	+	
		Oedipodinae	<i>Aiolopus strepens</i> (Latreille, 1804)	+	+	-	-	
			<i>Sphingonotus caeruleans</i> (Linnaeus, 1767)	-	-	+	-	
			<i>Acrotylus patruelis</i> (Herrich-Schaffer,1838)	+	+	+	+	
			<i>Thalpomena algeriana algeriana</i> (Lucas, 1849)	-	-	+	-	
		Acridinae	<i>Truxalis nasuta</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	+	+	
	Dericorythidae	Dericorythinae	<i>Dericorys millierei</i> (Finot&bonnet, 1884)	-	-	+	-	
	Ensifera	Tettigoniidae	Bradyporinae	<i>Praehippiger pachygaster</i> (Lucas, 1849)	-	+	+	+
Total	5	11	25	5	8	22	13	

+: Present, -: Absent

2. Study of the species *Praehippiger pachygaster*

The genus *Praehippiger* Ebner, 1938; a single species living in Algeria is *Praehippiger pachygaster* Ebner, 1938

(Synonyms: *Ehippiger pachygaster* lucas, 1849=*Platystotus pachygaster* Krauss and Vosseler, 1896=*Ehippiger audryanus* (Bonnet and Finot, 1885) (Fig. 1, 2).



Figure 1: Photos of *Praehippiger pachygaster* in the field

2.1 Morphometric analysis

For morphometric analysis of males and females, the results are shown in the (Table 3).

Table 3: Morphometric analysis of males and females of the species; L: length, l: width

Organ Individuals	Head (mm)	Thorax (mm)	Posterior femur (mm)	Abdomen (mm)	Number of antenna articles
Males (n=5)	3.9±0.25	11.2±1.5	L : 21.8± 0.5 l: 2.9±0.25	24.6±5.5	92
Females (n=5)	4±0.5	10.2±1	L : 22±1.5 l : 2.8 ±0.5	22.3±2.25	120

2.2 Fertility study

In order to express the morphometric measurements of the females and its range (ootheca), we performed the dissection of the

females of *P. pachygaster* to count and measure the size of the eggs. The results are shown in (Table 4).

Table 4: Fertility study of females

Female /eggs	Number of eggs	Size of eggs (mm)
Female 01	46	6
Female 02	51	6.2
Female 03	49	6.2
Average	48.66	6.13

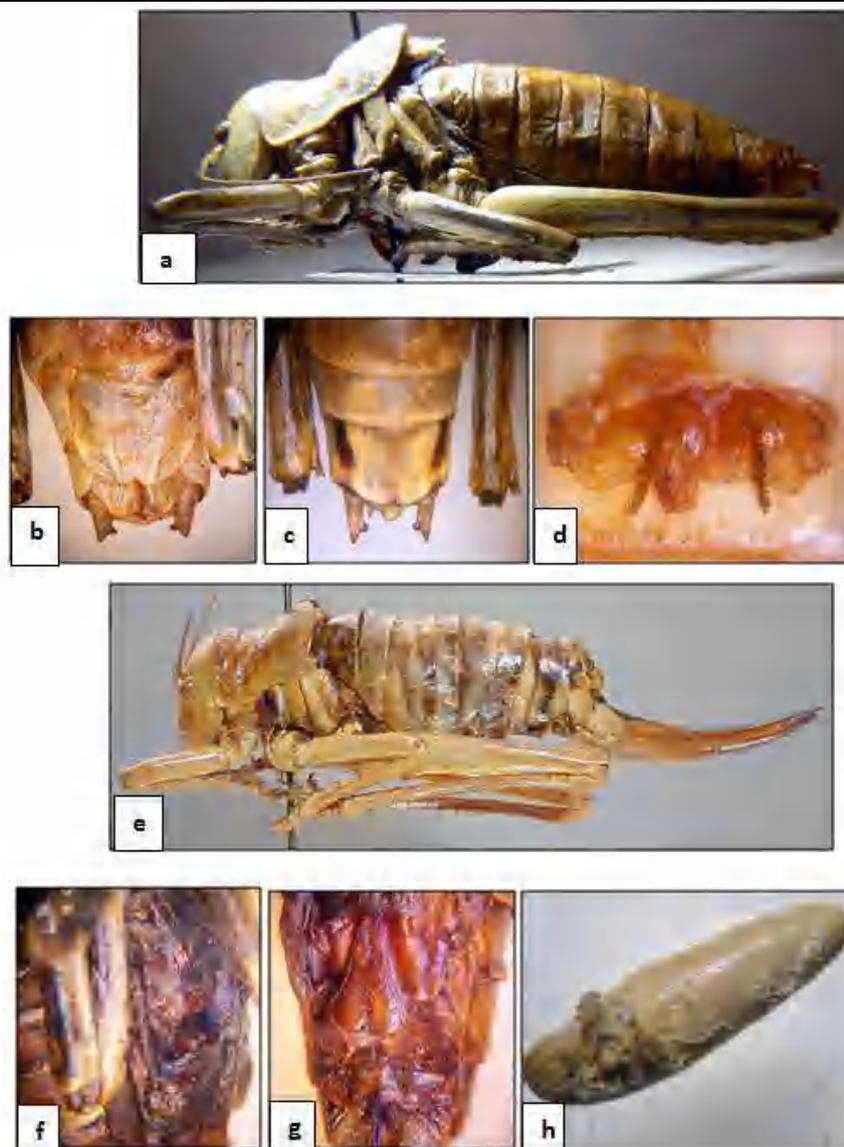


Figure 2: Microscopic photos of *Praehippiger pacygaster* (Lucas, 1849) (x40).
 a : SubgPlMale[1], b : SubgPlMale [1] c : LastTergite&CerciMale [1], d : Titillators Male[1], e : F1[1], f : Bulge6thSternite Female [1], g : SubgPl Female[1], h : Egg F1[1]

2.3 The diet study

In the study of the diet of the species *P. pachygaster* we followed three methods to know the type of plants preferred by this species: The first comes down to the analysis and the identification of the plants present at the sampling location (Table 5). The second method relates to the microscopic analysis of prepared slides based on feces of this species. For the third method, we tried to analyze with the microscope the prepared slides containing contents of the digestive tract.

Table 5: Frequency of plant occurrence present in the feces of males and females of *P.*

Families	Frequency	Frequency
	(%) females	(%) males
Asteraceae	52.17	49.99
Poaceae	26.08	21.42
Fabaceae	4.34	7.14
Other families with fragments (insects and arthropods)	17.36	21.42

pachygaster

In the field

During our follow-up of the individuals of this species in the field, we noticed that *P. pachygaster* preferred plants belonging to two plant families, Asteraceae and Poaceae.

In the laboratory

Microscopic analysis of male and female feces slides, revealed the presence of six plants of different shapes and colors, which enabled us to establish the frequency table of each plant family (Table 5). The most consumed families are Asteraceae with both species (*Carthamus lanatus*, *Echinops spinosus*) and Poaceae with *Hordeum sp.*

Analysis of the contents of the digestive tract

The microscopic analysis of the slides of the contents of the digestive tract of males and females each time revealed to presence of three plants; *Carthamus lanatus*, *Echinops spinosus*, and *Hordeum sp.* Fragments of insects and other arthropods were also observed.. Diet of males was similar to as almost of females. This analysis confirms the previous results concerning the type of diet of *P. pachygaster*.

DISCUSSION

Despite the unfavorable circumstances and the limited duration of our study, it was possible to identify 25 species. The inventory of locust fauna totals the presence of 73 species in eastern Algeria according to Gabel and Boutrouf [24].

Louveaux and Benhalima [25] cite 140 locust species for all of Algeria. So our inventory has experienced a rather interesting diversity that presents 36% of the fauna of eastern Algeria and 20% for all the country.

The obtained results are complementary to those obtained before, among them [26] which has managed to identify 20 species in the Oued Chaaba station (Batna region). However the diversity of this station has totally changed during these years with the appearance of new species like (*P. pachygaster*).

A big change has emerged concerning families; now, the most abundant family is Pamphagidae with a percentage of 75.43% with seven species, follows the family Tettigoniidae with 14.8%, but with a single species that is *P. pachygaster*. The remaining 9.76% is shared between Acrididae and Pyrgomorphidae. Unlike Benharzallah [26] who found that the family Acrididae is the most abundant with nine species.

Ocneridia volxemii is a common species between most of the sites surveyed with a very strong increase of individuals especially for the region of Batna.

P. pachygaster is collected at two stations (Oued Chaaba and El Hamma) with a very high density. It was found that its presence increased in large numbers at each field trip, this species still poorly known in Algeria with a lack of studies carried on it pushed us tried to know more.

The results of the diet study shows that this species consumes several plant families plus other fragments. However, the correlation between field abundance and faeces content is not important. This leads us to confirm that this species has food preferences. According to Benkenana [11], species of the family Pamphagidae have food preferences. This has also been mentioned in other Acridomorpha, known to be polyphagous including *Schistocerca gregaria* [27]. Several types of diet can be defined; forbivore (hervivores) predominant food on dicotyledonous plants, graminivores, mainly restricted to the Poaceae family, and ambivorous, consume plants of both groups. On the other hand, the monkey species are few; including *Tropidopola cylindrica* on *Phragmites australis* in Algeria [28]. Our result also shows the presence of fragments in the digestive tract of *P. pachygaster* that are; parties of small insect bodies and other arthropods, these shows that this species can also be carnivorous. According to literature, the carnivorous diet is known in certain species of Orthoptera.

We proposed that, the diet of *P. pachygaster* is polyphagous and a mixture of phytophagous and carnivorous with marked preference for Asteraceae. The plants consumed are limited to six plants, three of which are the most consumed by males and females and which have been identified (*Carthamus lanatus*, *Echinops*, *Hordeum sp.*). The fertility rate is varied in 48 eggs per ootheca. Our study in the laboratory has led us to clarify many points concerning its morphology that differentiates this species.

CONCLUSION

The inventory of Orthoptera fauna in the Aures region shows the presence of 25 species. They are divided into 11 sub-families and five families. Our inventory has had a rather interesting diversity.

The present research is judged collective for the collaboration of the services of locust control of each region which indicated to us the zones touched by locusts this year. However our study remains incomplete and needs to be deepened even better. This modest work completes the research work carried out in this region especially that the area of the Aures in Algeria, presents a very great diversity of relief, climate, and vegetation therefore it can be deduced that new species of locusts remain to be discovered in this region in future work.

REFERENCES

- [1] Chara B., (1987). Etude comparée de la biologie et de l'écologie de *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836) (Orthoptera, Acrididae). Thèse de Doctorat. Université d'Aix Marseille. p. 190.
- [2] Doumandji, S. ; Doumandji – Mittiche, B. & Tarai, N. (1993). Les peuplements orthoptérologiques dans les palmeraies à Biskra : Etude du degré d'association entre les espèces d'orthoptères. *Med. Fac. L and bouwww*. Univ. Gent, 58 a, 355-360.
- [3] Doumandji S. & Doumandji– Mittiche, B. (1994). *Criquets et sauterelles (Acrobologie)*. Ed .OPU (office de publications universitaire), pp 99.
- [4] Ould-Elhadj M.D., (1992). Bioécologie des sauterelles et sauteriaux des trois Zones au Sahara. Thèse de Magister. Institut National d'Agronomie, El-Harrach, Alger. p. 85.
- [5] Ould-Elhadj, M.D. (2001). Etude du régime alimentaire de cinq espèces d'Acridiens dans les conditions naturelles de la cuvette d'Ouargla (Algérie). *Sciences & Technologie*, 16, 73-80.
- [6] Ould Elhadj, M.D. (2004). Le problème acridien au Sahara algérien. Thèse de doctorat, Institut National des sciences agronomiques, El-Harrach, Algérie. p. 276.
- [7] Maurel, H. (2008). Premiers inventaires des Orthoptères de la « collection systématique du laboratoire de zoologie de l'Institut National Agronomique d'El-Harrach (Algérie) (Ensifera, Caelifera). *Matériaux entomocénétiques*, 13, 33–42.
- [8] Moussi A., (2012). Analyse systématique et étude bio-écologique de la faune des acridiens (Orthoptera, Acridomorpha) de la région de Biskra, Thèse de doctorat. Université Frères Mentouri Constantine 1 (UFMC1), Constantine. p. 140.
- [9] Benkenana, N. & Harrat, A. (2009). Contribution to the systematic study of grasshopper fauna (Orthoptera, Caelifera) and some bio-ecological aspects of economic importance of species in the Constantine region (Eastern Algeria). *Emir. J. Food Agric.* 21 (1): 40-47.
- [10] Benkenana, N.; Harrat, A. & Petit, D. (2012). The Pamphagidae (Orthoptera) from East Algeria and description of a new species. *Zootaxa* 3168: p 22-38.
- [11] Benkenana, N.; Harrat, A. & Petit, D. (2013). Analysis of the number of sensilla on the labrum and the diet of grasshoppers belonging to the family Pamphagidae (Orthoptera). *Eur. J. Entomol.* 110(2): 355–364
- [12] Benkenana, N.; MASSA, B. (2017). A new species of Pamphagus (Orthoptera: Pamphagidae) from Algeria with a key to all the species of the genus. *Zootaxa* 0000 (0): 000–000.
- [13] Benkenana, N.; Benchiheb, S. & Zaabat, N. (2019). Contribution à la connaissance de la faune acridienne (Orthoptera, Caelifera) dans la région de Mila (Est algérien). *Revue Agrobiologia*. 9(1): 1302-1310.
- [14] Benharzallah N., (2004). Contribution à l'inventaire et étude bio systématique de la faune acridienne dans la région des Aurès, wilaya de Batna. Thèse de Magister. Université Frères Mentouri Constantine1 (UFMC1), Constantine. p. 162.
- [15] Betina, S.I.; Harrat, A. & Petit, D. (2017). Analysis grasshopper diversity and associated factors involved in grasshopper diversity in arid Aurès mountains (Batna, Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*; 5(5): 339-348.
- [16] Heiko B. (2015). *450 insecte*. 2^{ème} édition française: Delachaux et Nestlé, Paris ISBN 978-2-603-02155-2, pp 256.
- [17] Chopard L. (1943). *Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord*. Faune de l'empire français 1. Librairie Larose, Paris, France. 405 pp.r-Villars, Paris, pp. 549.
- [18] Jago, N. (1963). A revision of the genus *Calliptamus* (Orthoptera, Acrididae). *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist), Entomology*, 3 n° 9, 289 – 350.
- [19] Launois M. (1978). *Manuel pratique d'identification des principaux acridiens du Sahel*. Ministère de la coopération et G.E. R. D. A. T, Paris, pp. 303.
- [20] Massa B., Fontana P., Buzzetti F.M., Kleukers R. & Ode B. (2012). *Fauna d'Italia*. XLVIII. Orthoptera. Calderini, Bologna, 563 + CCXIV pp.
- [21] Eades D.C., Otte D., Cigliano M.M. & Braun H. (2011). Orthoptera Species File Online. Version 2.0/4.0. <http://orthoptera.speciesfile.org/> (Pages consultées le 20/05/2021).
- [22] Louveaux A., Amedegnato C., Poulain S. & Desutter-Grandcolas L. Orthoptères Acridomorpha de l'Afrique du Nord-ouest. Version [May 2021]. <http://acrinwafrica.mnhn.fr/> (Pages consultées le 06/06/2021).
- [23] Launois-Luong, H. (1975). Méthode d'étude dans la nature du régime alimentaire du criquet migrateur *Locusta migratoria capita* (Sauss). *Ann. Zool. écol. Anim.* (Paris) 8(1) : 25-32.

- [24] **Boutrouf M., Gabel C., (2017).** Inventaire de la faune acridienne (Orthoptera, Caelifera) del'Est algérien à partir des collections du laboratoire de biosystématique et écologie des Arthropodes (LBEA). Mémoire de Master en biologie évolution et contrôle des populations d'insectes, Université Frères Mentouri Constantine 1(UFMC1), Constantine. p. 84.
- [25] **Louveaux, A. & Benhalima, T. (1986).** Catalogue des Orthoptères Acridoidea d'Afrique du Nord-Ouest. *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 91 (3-4) : 73-87.
- [26] **Benharzallah N., (2004).** Contribution à l'inventaire et étude bio systématique de la faune acridienne dans la région des Aurès, wilaya de Batna. Thèse Magister., Université Frères Mentouri.Constantine1 (UFMC1), Constantine. p .162.
- [27] **Guendouz-Benrima, A. ; Duranthon, J.F. & Doumandji-Mitiche, B. (2010).** Préférences alimentaires de *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) à l'état solitaire dans les biotopes du Sud Algérien. *J. Orth. Res.* 19: 7–14.
- [28] **Benkenana N., (2006).** Analyse bio systématique, écologique et quelques aspects de la biologie des espèces acridiennes d'importance économique dans la région de Constantine. Thèse de magister, Université Frères Mentouri Constantine 1(UFMC1), Constantine. P. 169.

**BIOECOLOGY STUDY OF THE SPECIES *PARATETTIX MERIDIONALIS*
(TETRIGIDAE, ORTHOPTERA) IN CONSTANTINE REGION, EASTERN ALGERIA**

C. Derrouiche^{*}, N. Benkenana, I. Guerfi

Laboratory of Biosystematics & Ecology of Arthropods, Frères Mentouri Constantine 1
university, street's Aïn-El-Bey, 25000, Constantine, Algeria

Received: 06 April 2020 / Accepted: 15 August 2020 / Published online: 01 September 2020

ABSTRACT

The Constantine region is located in the semi-arid bioclimatic stage. The locust and grasshoppers fauna in this region totals the presence of five families and twelve sub-families. The family Tetrigidae is represented by only one species; *Paratettix meridionalis* (Rambur, 1838). It is a small species, black with white spots. The pronotum is elongated and often covers the abdomen to the apex. A large number of *P. meridionalis* was collected near to water source. We performed morphometric analyzes. Surveys and monitoring of this grasshopper during the study period indicate that it has two generations. As part of the diet study of this species, we identified 14 plants in our study station. Results of the analysis of faeces of males and females show that it consumes plants that belong to two essential families: Asteraceae and Poaceae. The Tetrigidae family still not well-known in Algeria.

Key words: Asteraceae, Chaab Erssas station, Diet, Grasshoppers, Morphometric analyses.

Author Correspondence, e-mail: chahinez.derrouiche@umc.edu.dz

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v12i3.11>



1. INTRODUCTION

Some grasshoppers and locust are serious pests, causing damage to agriculture. The outbreaks and activity of these insects depend on climatic conditions. They dominate in the biotopes with dry and hot climate, and they become rare in cold winter.

In Constantine region, there are five (5) families of grasshoppers; Acrididae, Pamphagidae, Pyrgomorphidae, Dericorythidae and Tetrigidae [1].

The Tetrigidae family belongs to the super family Tetrigoidea. It is subdivided into 8 subfamilies including the subfamily Tetriginae which is subdivided into two tribes: Dinotettigini and Tetrigini. The tribe Tetrigini is subdivided into a large number of genera [2]. In Algeria the genus *Paratettix* Bolívar, 1887, is represented only by a single species, *Paratettix meridionalis* (Rambur, 1838). This family differs from Acridomorpha by its elongated pronotum that covers the abdomen to the apex.

In North Africa, there has not been much work on the grasshopper's diet. We can note the work of Benhalima et al [3, 4] on the use of trophic resources by *Dociostaurus maroccanus* in Morocco, Ould Elhadj [5] on the diet of five locust species in Algeria, and Benkenana et al [6] on the diet of Pamphagidae species.

The Tetrigidae family and the species *Paratettix meridionalis* are not well known in Algeria. Thus, our objective is to conduct a bioecological study related to this species. The diet of the Tetrigidae is poorly documented and this is the first study of the diet of the species belonging to this family of grasshoppers.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 Study area

Constantine region is located in the east of Algeria with geographical coordinates: 36° 21'N, 06°36'E and altitude 660m. It extends over an area of 2287 Km², limited to the North by the wilaya of Skikda at a distance of 89km. To the South by the wilaya of Oum El-Bouaghi, to the East by the wilaya of Guelma and to the West by the wilaya of Mila. (Fig.1)

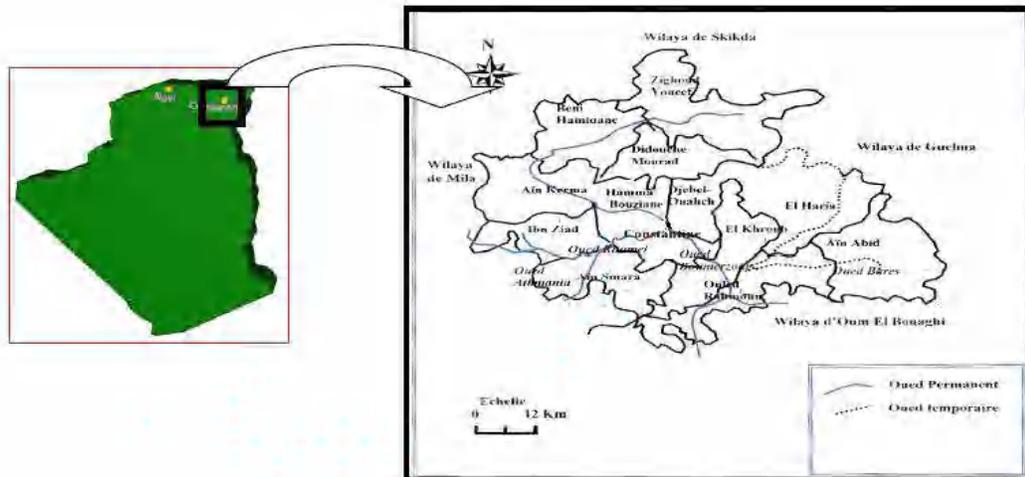


Fig.1. Geographical location of the study station [7]

The study of the species *Paratettix meridionalis* was conducted in Chaab Erssas area at the university's campus (Frères Mentouri Constantine University 1). It is located in the Southeast of the commune of Constantine, in the coordinates: $36^{\circ} 20'19''N$; $6^{\circ}37'27''E$ and at an altitude of 580 m. (Fig.2)



Fig. 2. a: Satellite photos representing the study station (Google Earth, February 2019), **b:** Chaab Erssas Station (photo)

2.2 Sampling

Two sampling methods were chosen: the capture of the pterygotic individuals was made using a filleting net and for the unwinged (larval form) a sieve has been used. Harvested individuals were put in a plastic box while indicating the date and place of their capture. Observations of each trip were noted. In order to know the cycle life, the field trips were made in one year between March 2018 and March 2019, one trip each week, from 10h to 14h.

2.3 Identification

In the laboratory, specimens were spread out and fixed by pins. They were identified up to the taxonomic rank of the species using the keys of: Chopard [8], Jago [9], Launois [10], Massa et al [11], and the OSF2 website: <http://orthoptera.species File.org> [2]. Plants were identified using the keys of Quézel and Santa [12].

2.4 Study of the species *Paratettix meridionalis*

2.4.1 Morphometric analysis

Morphometric analysis of males and females of *P. meridionalis* were made using millimetre paper. The individuals are fixed by an insect pin on a device consisting of a cardboard circle covered with graph paper in the base of the binocular loupe. The following parameters have been measured; the general size of males and females, the length and width of the posterior femur and wings.

2.4.2 The diet study

For the diet study, the method of the examination of faeces was used conforming to Launois-Luong [13]. This technique consists of three steps:

Preparation of reference collection of the epidermis; the reference slides are prepared from the aerial parts of the plants (stems, leaves, flowers) according to a conventional technique, which consists of putting the plant in water if it is in the dry state for 24 hours. Then using a blade, the epidermis is scraped off and detached from the underlying tissues. Then they are soaked in 12% bleach, after rinsing in distilled water, they are subjected to progressive concentration in alcohol baths (70, 80 and 96%). Finally, they are preserved between a slide and a coverslip in Canada balsam. The slides are placed on a hot plate until boiling to prevent the formation of air bubbles.

Analysis of faeces; the faeces are recovered after 24 hours of capture. The technique of analysis of faeces consists of softening the samples for 24 hours in the water. Then, the epidermal fragments are homogenized for a few seconds to a minute, in a sodium hypochlorite, thus undergoing a

discolouration without apparent destruction of the epidermis. The remaining of the operations is identical to the one used for the vegetable epidermis.

Comparison; the comparison was made by determining the reference plant fragments found in the feces.

2.4.3 Geographical distribution

A review of all grasshoppers' fauna collection boxes, from the year 1998 to 2019, has been done at the laboratory of Biosystematics and Ecology of Arthropods in the University of Mentouri Constantine 1, for the purpose of studying the geographical distribution of the species *Paratettix meridionalis* in the East of Algeria.

3. RESULTS

The Tetrigidae grasshopper's family is represented by only one species; *Paratettix meridionalis* (Rambur, 1838) in Constantine region.

3.1 Description and morphometric analyses

It is a small grasshopper, black or grey in colour. The abdomen is compressed, long wings and antennae short and filiform with 11 articles. An elongated pronotum that covers the abdomen to the apex (fig.3).

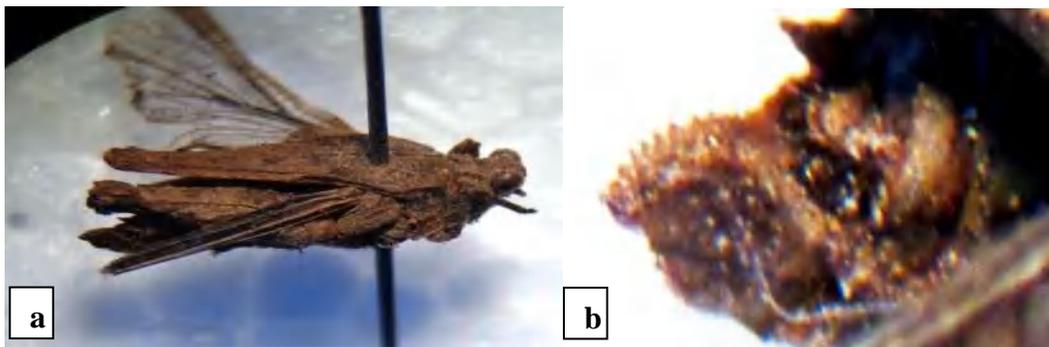


Fig.3. a: *Paratettix meridionalis* (Rambur, 1838), **b:** male genitalia of *Paratettix meridionalis* (x 40)

The results of the morphometric analyses of the species *Paratettix meridionalis* are shown in the table (1).

Table 1. Morphometric analyses of the species *Paratettix meridionalis*

Species Settings	Overall size (mm)	Posterior femur (mm)	Wings (mm)
N: 12 (♂)	11,75 ± 1,25	L : 5,25 ± 0,5 I : 1,25 ± 0,5	L : 7,75 ± 0,5 I : 3,75 ± 0,5
N : 12 (♀)	13,25 ± 1,25	L : 5,5 ± 0,5 I : 1,5 ± 0,5	L : 8,5 ± 0,5 I : 4,25 ± 0,5

L: length, I: width, N: number of individuals examined

3.2 Bioecology of the species

3.2.1 Cycle life

According to the field trips, a big number of *P.meridionalis* adults was collected during the months of March and April, many individuals were observed coupling. During the months of July and August, the adults of this species were captured for the second time. Between the two periods, individuals at different larval forms (from the first larval stage to the imago form) were collected. It was noticed that *Paratettix meridionalis* species has two generations per year in the climatic conditions of the region of Constantine (Fig.4).

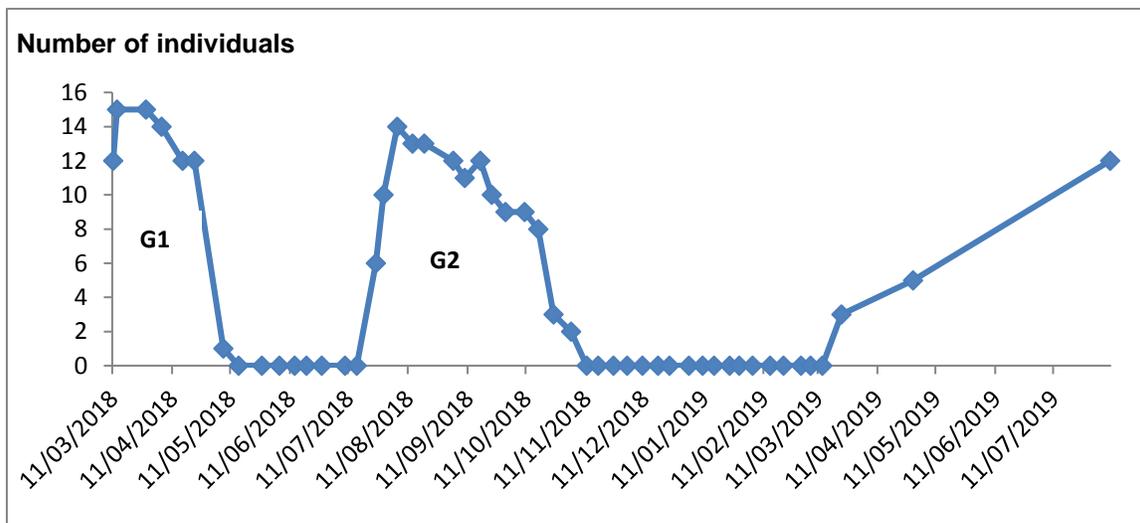


Fig.4. The development cycle of *Paratettix meridionalis* during the study period (March 2018 to March 2019)

3.2.2 Diet

The plant census in the study station indicated the presence of 11 plant species belonging to six (6) families; Asteraceae, Fabaceae, Brassicaceae, Lamiaceae, Apiaceae and Poaceae. Asteraceae is the dominant family with four species. The data are summarized in (Fig.5).

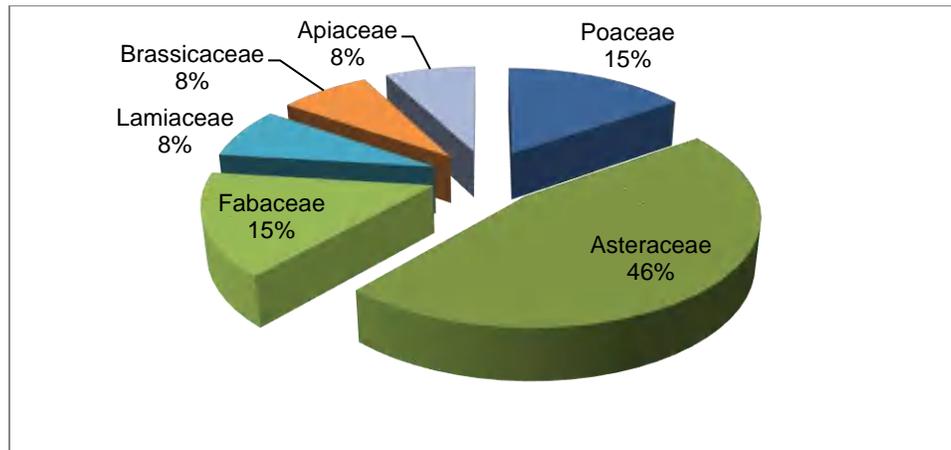


Fig.5. Recovery rate of each family in the study station

Comparing the plant fragments in faeces and plant epidermis, the epidermal cells of plants of the family Asteraceae are represented with 50%, followed by the Poaceae family with 25%. The Brassicaceae, Apiaceae and Lamiaceae families are represented with 8.3%. The results are shown in Table (2).

Table 2. Plant species in faeces of individuals of the species *Paratettix meridionalis* in Chaab Ersass station. **RR:** Recovery rate of plant families, **CR:** Consumption rate, (+): Presence of plant plants in faeces, (-): Absence of plant plants in faeces

Species	Feces	Families	RR (%)	CR (%)
<i>Avena fatua L</i>	+	Poaceae	15.38	25
<i>Hordeum murinum L</i>	+			
<i>Bellis sylvestris L</i>	-	Asteraceae	46.15	50
<i>Calendula arvensis L</i>	-			
<i>Leucanthemum vulgare</i>	+			
<i>Hieracium caespitosum</i>	+			
<i>Medicago truncatula</i>	+	Fabaceae	15.38	8.3
<i>Lathyrus setifolius L</i>	-			
<i>Thymus ciliatus</i>	+	Lamiaceae	7.69	8.3
<i>Sinapis alba</i>	+	Brassicaceae	7.69	8.3
<i>Daucus carota</i>	-	Apiaceae	7.69	0
Total :	11	6	100	100

3.2.3 Geographical distribution

The geographical distribution of the species *Paratettix meridionalis* inventoried in the area of eastern Algeria is mentioned in Table (3) and (Fig.6).

Table 3. Characteristics of distribution stations

Stations	Constantine			Jijel Al Akbia	Oum El Bouaghi Sigous	Mila Boumalek	Biskra
	Djebel Ouahch	Beni Hamidane	Chaab Ersass				
Bioclimatic floor	Sub-humid	Semi-arid	Semi-arid	Humid	Semi-arid	Semi-arid	Arid
Geographic coordinates	36°27' 59" , N 6°44' 13" , E	36°30' 20" , N 6°32' 59" , E	36°20' 19" , N 6°37' 27" , E	36°49' 13" , N 5°46' 00" , E	35°52' 31" , N 7°06' 48" , E	36°16' 46" , N 6°13' 56" , E	34° 51' 1" , N 5° 43' 40" , E
Altitude	994m	450m	580m	9m	925m	815m	87m

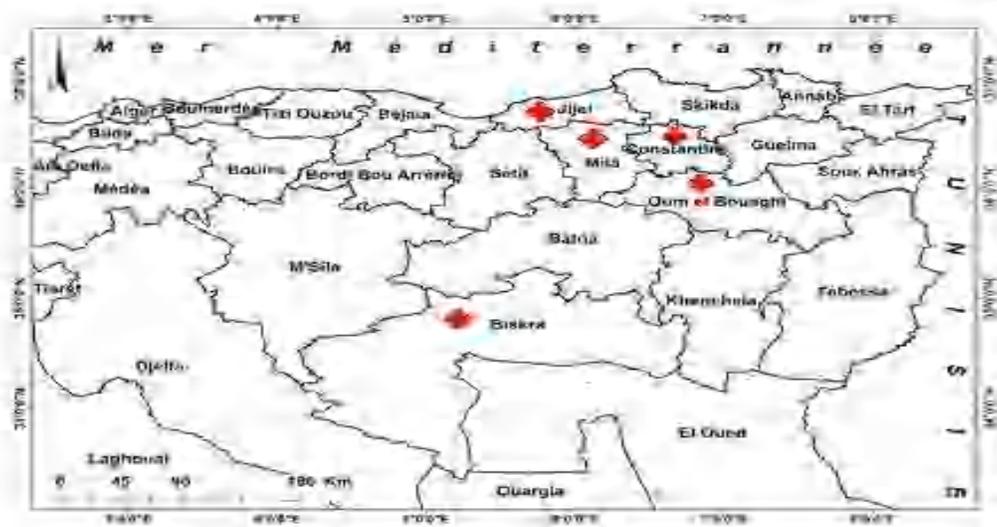


Fig.6. Geographical distributions of *Paratettix meridionalis* in eastern Algeria

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

In Algeria, this species has been reported in the Constantine region by Moussi [14], in Bordj El Kiffan by Belhadj and Nouasri [15], in Mitidja *P. meridionalis* is present in its larval and adult form during all months of the year [16].

Based on the results of faeces analyses, it is to be noted that the plant families: Asteraceae, Brassicaceae, Lamiaceae and Poaceae are present in the faeces of *P. meridionalis*. Asteraceae is the most consumed with a frequency of 50%; this could be related to the dominance of this family of plants, on the medium followed by Poaceae with 25%, Brassicaceae, Lamiaceae and Fabaceae with 8.3%. Apiaceae are not eaten. There are several types of diet of grasshoppers (i) forbivores (= herbivores), which feed predominantly on dicotyledonous plants, (i i) graminivores, which feed mainly on plants belonging to the family Poaceae, and (i i i) ambivores which feed on plants belonging both groups. *P. meridionalis* consumes many species of plants, so it's polyphagous [17]. The geographical distribution shows that the species *P. meridionalis* is present in five regions: Constantine, Mila and Oum El Bouaghi which belong to semi-arid bioclimatic area, Biskra in the dry bioclimatic area and Jijel in the humid bioclimatic area. It is present in an altitude from 9m up to 994m. The distribution of this species in our study remains limited because most of the study areas belong to the semi-arid bioclimatic area. *P. meridionalis* is still collected in humid areas. In Bordj El Kiffan (Alger), this grasshopper was captured during most of the year which shows that the humid area has the most suitable conditions for this species and Tetrigidae family [15]. The semi-arid stage with fresh winter and sub-humid stage with cold winter are the most suitable conditions for Pamphagidae family [6]. The climatic conditions affect directly the progress and the geographical distribution of the locust and grasshopper species.

5. REFERENCES

- [1] Bendaoud C, Boumana N, 2019. Contribution à l'inventaire de la faune d'orthoptères (Orthoptera, Insecta) dans la region de Constantine et Mila, Algérie. Master thesis. University of Constantine 1, Constantine, Algeria.
- [2] Eades D.C, OTTE D, Cigliano M.M, Braun H, 2011. *Orthoptera Species File Online. Version 2.0/4.0*. <http://Orthoptera.SpeciesFile.org/> Accessed 15 April 2019.

- [3] Ben Halima T, Gillon Y, Louveaux. 1984. Utilisation des ressources trophiques par *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) (Orthopt: Acrididae), Choix des espèces consommées en fonction de leur valeur nutritive. *Acta Oecol., Oecol. Gener* 5 : 383-406.
- [4] Ben Halilma T, Gillon Y, Louveaux. 1985. Spécialisation trophique individuelle dans une population de *Dociostaurus maroccanus* (Orthopt. : Acrididae). *Acta Oecol., Oecol. Gener* 6 :17-24.
- [5] Ould Elhadj M.D. 2001. Etude du régime alimentaire de cinq espèces d'Acridiens dans les conditions naturelles de la cuvette d'Ouargla (Algérie). *Sciences & Technologie* 16, 73- 80.
- [6] Benkenana N, Harrat A, Petit D. 2013. Analysis of the number of sensilla on the labrum and the diet of grasshoppers belonging to the family Pamphagidae (Orthoptera). *Eur. J. Entomol* 110(2): 355–364.
- [7] Benkenana N, Harrat A. 2009. Contribution to the systematic study of grasshopper fauna (Orthoptera, Caelifera) and some bio-ecological aspects of economic importance of species in the Constantine region (Eastern Algeria). *Emir. J. Food Agric* 21 (1): 40-47.
- [8] Chopard L. 1943. Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord. Faune de l'empire français 1. Librairie Larose, Paris, France. 405 pp.
- [9] Jago N. 1963. A revision of the genus *Calliptamus* (Orthoptera, Acrididae). *Bull.Brit. Mus. (Nat. Hist), Entomology*, 3 n° 9, 289 – 350.
- [10] Launois M. 1978. Manuel pratique d'identification des principaux acridiens du Sahel Ministère de la coopération et G.E. R. D. A. T, Paris, 303 pp.
- [11] Massa B, Fontana P, Buzzetti F.M, Kleukers R, Odé B. 2012. Fauna d'Italia. XLVIII. Orthoptera. Calderini, Bologna, 563 + CCXIV pp.
- [12] Quézel P, Santa S. 1962-1963. *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Vol. 1, 2.* CNRS, Paris, 566 + 1170 pp.
- [13] Launois-Luong M.H. 1975. Méthode d'étude dans la nature du régime alimentaire du criquet migrateur *Locusta migratoria capita* (Sauss). *Ann. Zool. écol. Anim* 8(1) : 25-32.
- [14] Moussi A. 2011. Analyse systématique et étude bio-écologique de la faune des acridiens (Orthoptera, Acridomorpha) de la région de Biskra. PhD thesis. University of Mentouri Constantine I. Constantine. Algeria.
- [15] Belhadj H, Nouasri. H. 1995. Contribution à l'étude bioécologique des orthoptères de la région de Bordj- El-Kiffan. Magister thesis. Institut National Agronomique, Alger, Algeria.

[16] Hamadi K. 1998. Bioécologie de peuplements orthoptérologiques en Mitidja. Etude de l'activité biologique d'extraits de plantes acridifuges sur *Aiolopus strepence* (Latreille, 1804) (Orthoptera, Acrididae). Magister thesis. Institut National Agronomique, Alger, Algeria.

[17] Uvarov B.P. 1943. The tribe *Thrinchini* of the subfamily Pamphaginae, and the interrelations of the acridid subfamilies (Orthoptera). *Trans. R. Entomol. Soc. London* 93: 1–72.

How to cite this article:

Derrouiche C, Benkenana N, Guerfi I. Bioecology study of the species *paratettix meridionalis* (tetrigidae, orthoptera) in Constantine region, eastern Algeria. *J. Fundam. Appl. Sci.*, 2020, 12(3), 1160-1170.

Intitulée

Biosystématique et écologie des orthoptères (Insecta, Orthoptera) dans l'Est algérien**Thèse en vue de l'obtention du diplôme de doctorat****RESUME**

Les orthoptères de l'Est algérien ont fait l'objet d'une étude comprenant deux axes :

Le premier axe porte sur l'inventaire de la faune de 16 stations réparties dans sept localités (Constantine, Batna, Mila, Khenchela, Oum El Bouaghi, Jijel et Skikda) et trois étages bioclimatiques (semi-aride, subhumide et humide) par une méthodologie appropriée.

La faune orthoptérique recensée est composée de 51 espèces appartenant aux deux sous-ordres, à sept (7) familles et à 17 sous-familles. La grande majorité de ces espèces inventoriées appartient au sous-ordre Caelifera (43 espèces). Tandis que le sous-ordre Ensifera est représenté par seulement huit (8) espèces.

Le second axe est accordé à la bioécologie des orthoptères, divers aspects ont été évoqués. La richesse spécifique est nettement plus élevée dans la station Fesdis à Batna. La famille Acrididae est dominante sur le plan de la richesse taxonomique, elle est présente dans toutes les stations d'étude. Une étude comparative par différentes méthodes entre les stations d'étude a été réalisée.

Il est à souligner que l'espèce *Sciobia algirica* (Gogorza, 1881), appartenant au sous-ordre des Ensifera, à la famille des Gryllidae et à la sous-famille des Gryllinae n'a jamais été mentionnée dans l'Est algérien.

La famille Tetrigidae est représentée avec une seule espèce ; *Paratettix meridionalis* (Rambur, 1838), qui a fait l'objet d'une étude bioécologique. Les prospections et le suivi de cette espèce montrent qu'elle a deux générations par an. Pour l'étude du régime alimentaire, Les résultats de l'analyse des fèces des mâles et des femelles révèlent qu'elle consomme des plantes qui appartiennent à deux familles essentielles : Asteraceae et Poaceae.

L'étude bioécologique de l'espèce *Praehippiger pacygaster* (Lucas, 1849) de la famille des Tettigoniidae montre que cette espèce est polyphage avec une préférence pour les plantes de la famille Asteraceae. Cette espèce est présente avec une pullulation marquée au niveau des stations Fesdis et El Hamma pendant la période d'étude.

Les bioclimogrammes réalisés pour les orthoptères de l'Est algérien permettent de constater que le plus grand nombre d'espèces appartient à l'étage bioclimatique semi-aride. La disponibilité des orthoptères est influencée par les températures élevées, les précipitations et l'altitude.

Au vu de la littérature consultée, les recherches sur les orthoptères ont surtout porté sur les caelifères, quelques publications ont été faites sur les ensifères, d'où notre travail qui vient enrichir la faune de l'Est algérien.

Mots clés : Orthoptères, Ensifera, Est algérien, humide, semi-aride, inventaire, bioécologie.

Laboratoire de recherche : Biosystématique et Ecologie des Arthropodes